

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



**DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA  
SUBTERRÁNEA DE LA ACOMETIDA DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS AGRONÓMICAS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA  
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

PRESENTADO POR:

**JESÚS ABILIO DÍAZ ORELLANA**

**IVAN DAVID URBINA NAVARRO**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

**INGENIERO ELECTRICISTA**

CIUDAD UNIVERSITARIA, NOVIEMBRE DE 2019

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

RECTOR:

**MSC. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO**

SECRETARIA GENERAL:

**ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

DECANO:

**PhD. EDGAR ARMANDO PEÑA FIGUEROA**

SECRETARIO:

**ING. JULIO ALBERTO PORTILLO**

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

DIRECTOR:

**ING. ARMANDO MARTÍNEZ CALDERÓN**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

**INGENIERO ELECTRICISTA**

**DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA  
SUBTERRÁNEA DE LA ACOMETIDA DE LA FACULTAD  
DE CIENCIAS AGRONÓMICAS DEL CAMPUS CENTRAL  
DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

Presentado por:

**IVAN DAVID URBINA NAVARRO  
JESÚS ABILIO DÍAZ ORELLANA**

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor:

**MSC. JORGE ALBERTO ZETINO CHICAS**

SAN SALVADOR, NOVIEMBRE DE 2019

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor:

**MSC. JORGE ALBERTO ZETINO CHICAS**



## AGRADECIMIENTOS

Primeramente, gracia a Dios por permitirme culminar este proceso con éxito y por llenarme de muchas bendiciones a lo largo de mi vida, igual a la Virgencita María por protegerme con su manto de todos los males.

A mi madre Reina Elizabet Orellana por estar siempre conmigo apoyándome en todo y ser una persona quien ama incondicionalmente, a mi padre Jesús Antonio Díaz por ser una persona que me ha enseñado mucho de lo que se en la vida tanto financiera como técnicamente, a ambos por haberme dado el estudio y heredado la gran inteligencia que poseen.

Agradezco a mi asesor de Tesis el Msc. Jorge Alberto Zetino Chicas, que con su gran conocimiento nos brindó una luz de guía para todo el proceso que terminó con culminar nuestro trabajo de graduación, a su conocimiento, consejos y guía que nos brindó para poder realizar un buen trabajo de tesis.

Agradezco a mi amigo y colega Iván Urbina, mi compañero de tesis, por todo el trabajo en equipo brindado, ya que este proyecto fue presentado gracias a nuestro trabajo en conjunto para poder finalizarlo de la mejor manera posible.

Agradezco a todos mis amigos y colegas Fidel Cortez, Jorge Merino, Rubén Henríquez, Erick Acosta y Juan Erazo por su apoyo durante todo el proceso universitario, igual a Juan Erazo quien nos ayudó en parte de los procesos de esta tesis y por su amistad peculiar. Además, a todas mis amistades a quienes les agradezco por su enorme apoyo durante toda la carrera y al finalizar la tesis.

Agradezco a los compañeros Erick Acosta y Ernesto Membreño por el enorme apoyo y su enorme ayuda brindada en el trabajo de graduación, ya que fueron parte elemental del proyecto con la ayuda que nos brindaron.

Agradezco a Reina Vides, quien con mucho cariño y aprecio nos brindó todo el apoyo en los trámites para llegar a la culminación de este proceso y durante el tiempo académico en la universidad y por todo el cariño que siempre nos mostró, ya que también ha sido parte muy importante para llegar hasta aquí.

Finalmente, mil gracias a todas las personas que nos apoyaron durante este proceso, amistades y familia, darles las gracias por todo el apoyo y cariño mostrado a lo largo de la carrera y al final de este proceso.

Gracias.

**Jesús Abilio Díaz Orellana**

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios por todo este logro alcanzado ya que si no fuese por el nada de esto sería posible, ya que Él es el que nos permite salir hacia adelante con la ayuda de Jesucristo y la Virgen María.

Agradezco de todo corazón a mis padres Julio Cesar Urbina y Teresa Navarro de Urbina por haberme apoyado a lo largo de mi carrera, un apoyo incondicional que, si no fuese por ellos, nada de esto fuera posible dado que en un principio al salir de mi bachillerato ellos me ayudaron animándome a seguir con una carrera universitaria.

Agradezco igualmente de enorme manera, a mi asesor de Tesis el Msc. Jorge Alberto Zetino Chicas, que con su gran conocimiento nos brindó una luz de guía por todo el camino hasta culminar nuestro trabajo de graduación, que con personalidad y mucho conocimiento nos aconsejó y nos guio para poder realizar un buen trabajo de tesis.

Agradezco a mi buen amigo y colega Jesús Diaz, también como compañero de tesis, por todo el trabajo en equipo brindado, ya que este proyecto fue presentado gracias a un trabajo excepcional de él.

Agradezco a todos mis amigos y colegas Fidel Cortez, Jorge Merino y Rubén Henríquez, por su fiel apoyo durante todo el proceso, además de todas mis amistades a quienes les agradezco por su enorme apoyo durante toda la carrera y al finalizar la tesis.

Agradezco a los compañeros Erick Acosta y Ernesto Membreño por el enorme apoyo y su enorme ayuda brindada en el trabajo de graduación, ya que fueron parte elemental del proyecto con la ayuda que nos brindaron.

Agradezco a Reina Vides, a quien con mucho cariño y aprecio nos brindó todo el apoyo en los trámites para llegar a la culminación de este proceso y por todo el cariño mostrado, ya que también ha sido parte muy importante para llegar hasta aquí.

Finalmente, mil gracias a todas las personas que nos apoyaron durante este proceso, amistades y familia, darles las gracias por todo el apoyo y cariño mostrado a lo largo de la carrera y al final de este proceso.

Gracias al Ingeniero Ruddy Lemus también que nos brindó todas las facilidades y sobre todo un gran y cálido apoyo para poder realizar este proyecto y la culminación del mismo.

Gracias.

**Iván David Urbina Navarro**


## NOTA Y DEFENSA FINAL

En esta fecha, jueves 7 de noviembre de 2019, en la Sala de Lectura de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, a las 2:00 p.m. horas, en presencia de las siguientes autoridades de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de El Salvador:

1. Ing. Armando Martínez Calderón  
Director

  
Firma

2. MSc. José Wilber Calderón Urrutia  
Secretario

  
Firma



Y, con el Honorable Jurado de Evaluación integrado por las personas siguientes:

- MSC. JORGE ALBERTO ZETINO CHICAS  
(Docente Asesor)

  
Firma

- ING. JOSE MIGUEL HERNANDEZ

  
Firma

- ING. GERARDO MARVIN JORGE HERNANDEZ

  
Firma

Se efectuó la defensa final reglamentaria del Trabajo de Graduación:

DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA DE LA ACOMETIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

A cargo de los Bachilleres:

- DÍAZ ORELLANA JESÚS ABILIO

- URBINA NAVARRO IVÁN DAVID

Habiendo obtenido en el presente Trabajo una nota promedio de la defensa final: 8.9

( Ocho punto nueve. — )

## **RESUMEN EJECUTIVO**

El tema comprende el diseño de la distribución eléctrica subterránea de la acometida primaria de la Facultad de Agronomía de la sede central de la Universidad de El Salvador (FASCUES), con la finalidad de un mejoramiento interno de la red, redimensionando las cargas que se tienen actualmente en cada subestación evitando el sobredimensionamiento que actualmente existe en algunas de ellas. Con este diseño se busca tener un sistema más eficiente y confiable, evitando interrupciones y caídas del servicio eléctrico por factores ambientales y mala coordinación de protecciones que la distribución actual presenta. De igual manera se incluye el diseño fotovoltaico en las edificaciones que presentan buenas condiciones de factibilidad, comprendidas en dicha acometida, disminuyendo así el consumo eléctrico. El trabajo incluye el desarrollo de una carpeta técnica con planos, presupuestos, especificaciones y plan de oferta de manera que se encuentre lista para someter su construcción a licitación.

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	15
OBJETIVOS.....	16
OBJETIVO GENERAL .....	16
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
ALCANCES.....	17
ANTECEDENTES.....	18
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
JUSTIFICACIÓN.....	20
CAPITULO I.....	21
1.1 SISTEMA FOTOVOLTAICO .....	22
1.1.1 Fundamentación teórica.....	22
1.1.2 Energía Solar y Sus Diferentes Tipos.....	22
1.2 MEMORIA DEL PROYECTO .....	23
1.2.1 Descripción de la instalación.....	23
1.2.2 Facultades comprendidas en la acometida de agronomía.....	24
1.3 CRITERIOS Y CÁLCULOS PARA EL DISEÑO FOTOVOLTAICO .....	25
1.3.1 Criterios utilizados para el Diseño Fotovoltaico .....	25
1.3.2 Cálculos necesarios previos al diseño para cada edificio .....	25
1.3.2.1 Temperaturas .....	25
1.3.2.2 Inclinación .....	26
1.3.2.3 Módulos Fotovoltaicos Utilizados.....	27
1.3.2.4 Inversores Utilizados .....	31
1.3.2.5 Cálculos de $V_{oc}$ y $V_{mp}$ .....	35
1.3.2.6 Estructura.....	37
1.3.2.6 Distancia Mínima Entre Strings .....	43
1.3.2.7 Estudio con Carta Solar .....	45
1.3.2.8 Tipo de conexión entre Módulos.....	47
1.4 DISEÑO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO POR EDIFICACIÓN.....	48
1.4.1 Edificio de la Facultad de Medicina.....	48
1.4.1.1 Cálculo de Inversores .....	50

1.4.1.2	Cálculo de Protecciones.....	52
1.4.1.3	Diagrama Unifilar.....	54
1.4.1.4	Cálculo de Conductores.....	55
1.4.1.5	Presupuesto.....	57
1.4.1.6	Resumen del Diseño Fotovoltaico.....	61
1.4.2	Centro Regional de Salud Valencia.....	62
1.4.2.1	Cálculo de Inversores .....	63
1.4.2.2	Cálculo de Protecciones.....	63
1.4.2.3	Diagrama Unifilar.....	64
1.4.2.4	Cálculo de Conductores.....	64
1.4.2.5	Presupuesto.....	65
1.4.2.6	Resumen del Diseño Fotovoltaico.....	69
1.4.3	Edificio de Oficinas Centrales UES .....	70
1.4.3.1	Cálculo de Inversores .....	71
1.4.3.2	Cálculo de Protecciones.....	71
1.4.3.3	Diagrama Unifilar.....	72
1.4.3.4	Cálculo de Conductores.....	72
1.4.3.5	Presupuesto.....	73
1.4.3.6	Resumen del Diseño Fotovoltaico.....	76
1.4.4	Edificio de Psicología y Educación.....	77
1.4.4.1	Cálculo de Inversores .....	78
1.4.4.2	Cálculo de Protecciones.....	78
1.4.4.3	Diagrama Unifilar.....	79
1.4.4.4	Cálculo de Conductores.....	79
1.4.4.5	Presupuesto.....	80
1.4.4.6	Resumen del Diseño Fotovoltaico.....	84
1.4.5	Edificio de Rectoría.....	85
1.4.5.1	Cálculo de Inversores .....	86
1.4.5.2	Cálculo de Protecciones.....	86
1.4.5.3	Diagrama Unifilar.....	87
1.4.5.4	Cálculo de Conductores.....	87
1.4.5.5	Presupuesto.....	88

1.4.5.6 Resumen del Diseño Fotovoltaico.....	92
1.4.6 Edificio de Cine Teatro.....	93
1.4.6.1 Cálculo de inversores .....	94
1.4.6.2 Cálculo de Protecciones.....	94
1.4.6.3 Diagrama Unifilar.....	95
1.4.6.4 Cálculo de Conductores.....	95
1.4.6.5 Presupuesto.....	96
1.4.6.6 Resumen del Diseño Fotovoltaico.....	99
1.4.7 Edificio de Artes (Ex Biblioteca) .....	100
1.4.7.1 Cálculo de Inversores .....	101
1.4.7.2 Cálculo de Protecciones.....	101
1.4.7.3 Diagrama Unifilar.....	102
1.4.7.4 Cálculo de Conductores.....	102
1.4.7.5 Presupuesto.....	103
1.4.7.6 Resumen del Diseño Fotovoltaico.....	107
1.4.8 Edificio de Biblioteca Central Universitaria .....	108
1.4.8.1 Cálculo de inversores .....	109
1.4.8.2 Cálculo de Protecciones.....	109
1.4.8.3 Diagrama Unifilar.....	110
1.4.8.4 Cálculo de Conductores.....	110
1.4.8.5 Presupuesto.....	111
1.4.8.6 Resumen del Diseño Fotovoltaico.....	114
1.4.9 Edificio de Jurisprudencia y Ciencias Sociales.....	115
1.4.9.1 Cálculo de Inversores .....	117
1.4.9.2 Cálculo de Protecciones.....	117
1.4.9.3 Diagrama Unifilar.....	117
1.4.9.4 Cálculo de Conductores.....	118
1.4.9.5 Presupuesto.....	119
1.4.9.6 Resumen del Diseño Fotovoltaico.....	123
1.4.10 Edificio de Usos Múltiples .....	124
1.4.10.1 Cálculo de inversores .....	125
1.4.10.2 Cálculo de Protecciones .....	125

1.4.10.3 Diagrama Unifilar.....	126
1.4.10.4 Cálculo de Conductores.....	126
1.4.10.5 Presupuesto.....	127
1.4.10.6 Resumen del Diseño Fotovoltaico.....	130
1.4.11 Edificio Administrativo de Ciencias Agronómicas.....	131
1.4.11.1 Cálculo de Inversores.....	132
1.4.11.2 Cálculo de Protecciones.....	132
1.4.11.3 Diagrama Unifilar.....	133
1.4.11.4 Cálculo de Conductores.....	133
1.4.11.5 Presupuesto.....	134
1.4.11.6 Resumen del Diseño Fotovoltaico.....	137
1.4.12 Edificio de CENSALUD.....	138
1.4.12.1 Cálculo de Inversores.....	139
1.4.12.2 Cálculo de Protecciones.....	139
1.4.12.3 Diagrama Unifilar.....	140
1.4.12.4 Cálculo de Conductores.....	140
1.4.12.5 Presupuesto.....	141
1.4.12.6 Resumen del Diseño Fotovoltaico.....	145
1.4.13 Edificio Central de la Facultad de Química y Farmacia.....	146
1.4.13.1 Cálculo de Inversores.....	148
1.4.13.2 Cálculo de Protecciones.....	148
1.4.13.3 Diagrama Unifilar.....	148
1.4.13.4 Cálculo de Conductores.....	149
1.4.13.5 Presupuesto.....	150
1.4.13.6 Resumen del Diseño Fotovoltaico.....	153
1.4.14 Edificio de Ciencias de la salud.....	154
1.4.14.1 Cálculo de inversores.....	155
1.4.14.2 Cálculo de Protecciones.....	155
1.4.14.3 Diagrama Unifilar.....	156
1.4.14.4 Cálculo de Conductores.....	156
1.4.14.5 Presupuesto.....	157
1.4.14.6 Resumen del Diseño Fotovoltaico.....	161



1.4.15 Edificio de la Imprenta .....	162
1.4.15.1 Cálculo de inversores .....	163
1.4.15.2 Cálculo de Protecciones .....	163
1.4.15.3 Diagrama Unifilar.....	164
1.4.15.4 Cálculo de Conductores.....	164
1.4.15.5 Presupuesto.....	165
1.4.15.6 Resumen del Diseño Fotovoltaico .....	169
1.4.16 Edificio de Clínicas Odontológicas .....	170
1.4.16.1 Cálculo de inversores .....	171
1.4.16.2 Cálculo de Protecciones .....	171
1.4.16.3 Diagrama Unifilar.....	171
1.4.16.4 Cálculo de Conductores.....	172
1.4.16.5 Presupuesto.....	173
1.4.16.6 Resumen del Diseño Fotovoltaico .....	177
1.4.17 Edificio Administrativo de la Facultad de Odontología.....	178
1.4.17.1 Cálculo de inversores .....	179
1.4.17.2 Cálculo de Protecciones .....	179
1.4.17.3 Diagrama Unifilar.....	180
1.4.17.4 Cálculo de Conductores.....	180
1.4.17.5 Presupuesto.....	181
1.4.17.6 Resumen del Diseño Fotovoltaico.....	185
1.4.18 Edificio de la Facultad de Odontología .....	186
1.4.18.1 Cálculo de Inversores .....	187
1.4.18.2 Cálculo de Protecciones .....	187
1.4.18.3 Diagrama Unifilar.....	188
1.4.18.4 Cálculo de Conductores.....	188
1.4.18.5 Presupuesto.....	189
1.4.18.6 Resumen del Diseño Fotovoltaico .....	192
1.5 Resumen de Instalación Fotovoltaica .....	193
1.6 Costo Watt Instalado .....	194
1.7 Tiempo de Recuperación.....	195
CAPITULO II.....	197

2.1 Planteamiento Teórico .....	198
2.2 Factibilidad de Construcción del Sistema Subterráneo .....	198
2.3 Tipos de Sistema de Eléctricos Utilizados en Redes Eléctricas Subterráneas .....	199
2.3.1 Sistemas Radiales .....	199
2.3.2 Sistemas Tipo Anillo .....	200
2.4 Perfiles de Carga.....	202
2.4.1 Perfiles de Carga de Edificios Más Importantes .....	203
2.4.1.1 Subestación del Edificio de Ciencias Agronómicas y Computo .....	203
2.4.1.2 Subestación del Edificio Administrativo de Agronomía y Planta Piloto ...	203
2.4.1.3 Subestación del Edificio de la Facultad de Química y Farmacia .....	204
2.4.1.4 Subestación del Edificio de Ciencias de la Salud.....	204
2.4.1.5 Subestación del Edificio de las Clínicas Odontológicas .....	205
2.4.1.6 Subestación del Edificio Administrativo de Odontología .....	205
2.4.1.7 Subestación del Edificio de Odontología .....	206
2.4.1.8 Subestación del Edificio de la Facultad de Medicina.....	206
2.4.1.9 Subestación del Edificio de Psicología y Educación.....	207
2.4.2 Cuadro Resumen de Perfiles de Carga y Subestaciones Nuevas .....	208
2.4.3 Perfil de Carga de la Acometida Primaria de Agronomía .....	211
2.5 Consideraciones del Calibre y Tipo Cable a Utilizar .....	212
2.5.1 Partes que Conforman el Cable .....	212
2.5.2 Cálculo del Calibre del Cable a Utilizar.....	213
2.5.3 Dimensionamiento del Cable de Neutro.....	216
2.6 Consideraciones y Parámetros en los Ductos o Tuberías.....	217
2.6.1 Porcentaje de Utilización.....	217
2.6.2 Acuñaamiento.....	218
2.6.3 Tensiones y Longitud Máxima de Jalado.....	219
2.6.4 Presión Lateral.....	221
2.6.5 Factor de Corrección de Peso.....	221
2.6.6 Dimensionamiento de Canalización.....	222
2.7 Diseño de Pozos .....	225
2.7.1 Criterios de Construcción .....	225
2.8 Equipo a Instalar .....	227

2.8.1 Acometida Aéreo-Subterránea .....	227
2.8.2 Switchgear o Tablero de Distribución en Media Tensión .....	229
2.8.3 Transformador Tipo Pedestal .....	233
2.8.4 Medidores Tipo Analizador de Energía.....	235
2.8.5 Tableros Secundarios.....	236
2.8.6 Accesorios para Equipos Subterráneos .....	237
2.8.6.1 Terminales de Potencia.....	237
2.8.6.2 Derivador Múltiple .....	238
2.8.5.3 Terminal Tipo Codo con Portafusible .....	239
2.9 Desarrollo del Diseño Eléctrico Subterráneo Primario .....	240
2.9.1 Tensiones de Jalado .....	243
2.9.1.1 Resumen de Tensiones de Jalado .....	244
2.10 Desarrollo del Diseño Eléctrico Subterráneo Secundario .....	248
2.11 Análisis de Corto Circuito .....	250
2.11.1 Cálculo Previos a los de Impedancia.....	250
Factor de Efecto Piel.....	251
Efecto de Proximidad .....	252
Tabla Resumen de Resistencia a la Corriente Alterna .....	253
2.11.2 Cálculo de Impedancia de Secuencia Positiva y Cero.....	255
Cálculo de Impedancia de Secuencia Positiva .....	255
Cálculo de Reactancia de Secuencia Cero.....	256
2.11.3 Análisis de Cortocircuito .....	261
2.11.3.1 Tabla Resumen de Estudio de Cortocircuito .....	264
2.11.3.2 Protecciones para los Transformadores.....	265
2.11.3.3 Protecciones en los Derivadores.....	266
2.11.3.4 Coordinación entre Fusibles Limitadores de Corriente y Recloser.....	267
2.12 Diseño de Red de Tierra .....	269
2.13 Presupuesto .....	272
CAPITULO III .....	284
3.1 Resumen de Carpeta Técnica .....	285
3.2 Sistemas Fotovoltaicos .....	286
3.2.1 Paneles Fotovoltaicos .....	286

3.2.1.1	Módulo Fotovoltaico de 330 W .....	286
3.2.1.2	Módulo Fotovoltaico de 350 W .....	288
3.2.2	Inversores .....	290
3.2.2.1	Inversor Sunny Boy 8000-US .....	290
3.2.2.2	Inversor Sunny Boy 9000TL-US.....	292
3.2.2.3	Inversor Sunny Boy 10000TL-US.....	294
3.2.3	Estructuras e Inclinaciones de los Sistemas Fotovoltaicos.....	296
3.2.4	Presupuestos y Planos.....	297
3.2.4.1	Edificio de Medicina .....	297
3.2.4.2	Edificio Regional de Salud Valencia.....	301
3.2.4.3	Edificio de Oficinas Centrales.....	305
3.2.4.4	Edificio de Psicología y Educación.....	309
3.2.4.5	Edificio de Rectoría .....	313
3.2.4.6	Edificio del Cine Teatro .....	317
3.2.4.7	Edificio de Artes.....	321
3.2.4.8	Edificio de Biblioteca Central .....	325
3.2.4.9	Edificio de Jurisprudencia y Ciencias Sociales .....	329
3.2.4.10	Edificio de Usos Múltiples .....	333
3.2.4.11	Edificio Administrativo de Ciencias Agronómicas.....	337
3.2.4.12	Edificio de CENSALUD .....	341
3.2.4.13	Edificio Central de la Facultad de Química y Farmacia.....	345
3.2.4.14	Edificio de Ciencias de la Salud.....	349
3.2.4.15	Edificio de Imprenta.....	353
3.2.4.16	Edificio de Clínicas Odontológicas .....	357
3.2.4.17	Edificio Administrativo de Odontología .....	361
3.2.4.18	Edificio de la Facultad de Odontología .....	365
3.3	Sistema de Distribución Subterránea.....	369
3.3.1	Equipo a Utilizar.....	369
3.3.1.1	Switchgear o Tablero de Distribución en Media Tensión .....	369
3.3.1.2	Transformador Tipo Pedestal .....	372
3.3.1.3	Medidores Tipo Analizador de Energía .....	374
3.3.1.4	Tableros Secundarios.....	375

3.3.1.5 Terminales de Potencia.....	375
3.3.1.6 Derivador Múltiple .....	376
3.3.1.7 Terminales Tipo Codo con Portafusible.....	378
3.3.1.8 Cableado .....	379
3.3.2 Presupuesto.....	380
3.3.3 Plano de SwitchGear .....	389
3.3.4 Plano de Canalización .....	390
3.3.5 Plano de Pozo de Transformadores .....	391
3.3.6 Plano de Pozo de Paso .....	392
3.3.7 Plano de Pozo Derivador .....	393
3.3.8 Plano de Pozo Secundario .....	394
3.3.9 Plano de Recorrido Subterráneo .....	395
3.3.10 Plano de Diagrama Unifilar Secundario Subterráneo.....	396
CONCLUSIONES.....	397
BIBLIOGRAFÍA .....	399
NORMAS Y ESTÁNDARES .....	400
ANEXOS .....	401

## INTRODUCCIÓN

Debido al incremento en facturación de energía eléctrica, se tomó la iniciativa de implementar sistemas fotovoltaicos dentro de la Universidad, de manera que se aproveche el recurso energético, y se reduzca el monto en la facturación. Es por ello que se realizaron diseños de sistemas fotovoltaicos conectados a la red (SFVCR), en techos de las diferentes edificaciones que comprenden la Acometida Primaria de la Facultad de Ciencias Agronómicas, considerando que la instalación fuese fiable, para un buen aprovechamiento del recurso solar.

En la Ciudad Universitaria se ha iniciado un proyecto de reducción de acometidas que se han realizado en diferentes tesis de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, con la finalidad que solo dos acometidas brinden energía eléctrica al campus de la Ciudad Universitaria, estas dos acometidas serían la acometida del Polideportivo-FIA y la acometida de la Facultad de Ciencias Agronómicas que es la que se realiza en este trabajo de graduación. Así mismo se fomenta para la creación de un sistema de distribución a media tensión con mayor confiabilidad.

La implementación de un diseño de distribución eléctrico subterráneo, en donde se busca mayor confiabilidad tanto en servicio, ornato y seguridad, de tal forma el diseño estaría conformado por un tramo troncal y un anillo. El tramo troncal es la interconexión de la acometida de la Facultad de Ciencias Agronómicas y línea primaria proveniente de la acometida de la FIA. El anillo tiene como función principal, abastecer las edificaciones que comprenden la acometida en estudio, este anillo estará conformado por transformadores Pad-Mounted que suministrarán a las diferentes cargas actuales y futuras del campus, se busca tener redundancia en el diseño, es por ello que la alimentación en ambos extremos de la troncal será automatizada, con esto se pretende que el sistema brinde un servicio lo más constante posible.

De igual manera se presenta una carpeta técnica la cual contiene todas las especificaciones de los equipos y accesorios a utilizar en el caso de la instalación fotovoltaica y subterránea de la acometida, también se presentan los presupuestos en forma de partidas y los respectivos planos con especificaciones de ubicación, medidas entre otros. Todo con la finalidad de que la carpeta quede lista para una futura licitación e implementación del proyecto.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

- Diseñar la distribución eléctrica subterránea de la acometida primaria de la Facultad de Agronomía, en la sede central de la Universidad de El Salvador.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diseñar un sistema de generación fotovoltaica en los edificios comprendidos en la acometida primaria de agronomía y que además sean aptos para la instalación, luego de un previo estudio e inspección para su viabilidad.
- Diseñar tomando en cuenta todos los requerimientos técnicos, la distribución e interconexión subterránea de la acometida primaria de la Facultad de Agronomía junto a todos los edificios que la misma comprende, generando así un sistema con mayor confiabilidad.
- Preparar carpeta técnica lista para someter dicho proyecto a licitación pública o para solicitar financiamiento ante organismos internacionales.

## ALCANCES

El diseño de la distribución eléctrica subterránea de la acometida primaria de la FASCUES, comprende más de 30 edificaciones distribuidas en el campus a las cuales se les realizara su respectivo diseño, tomando en cuenta que el sistema sea confiable y apto para su implementación.

Además, se realizará un diseño del sistema fotovoltaico (SFV), en aquellas edificaciones que estén comprendidas en dicha acometida, teniendo en cuenta que estas edificaciones cumplan con los requerimientos técnicos y condiciones para el correcto dimensionamiento e instalación de los módulos fotovoltaicos sobre las mismas, estableciendo así una delimitación de edificaciones y áreas aptas para una futuro instalación de un SFV conectado a la red.

Construcción de un diseño subterráneo para la acometida primaria de la Facultad de Ciencias Agronómicas con la finalidad de tener una red más confiable por medio de una conexión con redundancia logrando tener un sistema más estable.

Implementación de una carpeta técnica la cual contendrá especificaciones, planos y presupuestos en forma de partidas; teniendo asi todo listo para poder someter a licitación el proyecto para su futura implementación.



## **ANTECEDENTES**

En la Universidad ya se encuentran realizados estudios para su debida implementación sobre distribución subterránea e implementación fotovoltaica en la Acometida Primaria de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura (FIA) en el cual se tomaron en cuenta factores técnicos para su correcta instalación y confiabilidad, de igual manera en la Acometida de la Facultad de Ciencias y Humanidades y la Facultad de Ciencias Económicas. En la FIA ya se encuentran implementado un SFV en la Escuela de Ingeniería Eléctrica. De igual manera en la Facultad de Odontología se encuentra implementado un SFV que suple uno de sus edificios. Otros estudios se han realizado en el campus de Santa Ana, y en el campus San Miguel se encuentra en desarrollo actualmente.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En la actualidad la Universidad de El Salvador presenta gran cantidad de fallas e interrupciones del servicio eléctrico interno, provocando pérdidas en el servicio eléctrico, suspensiones de clases, entre otros problemas por lo cual se ve en la necesidad de un mejoramiento de la red aérea interna pasando a una mejor opción, siendo esta la subterránea y reduciendo así el número de fallas las cuales provocan sanciones por la distribuidora. De igual manera la UES presenta un alto consumo energético el cual ronda por más de 125 mil dólares mensuales según récords históricos en la Web de Análisis de Consumo de Energía de la UES, por lo cual se ha pensado en diseños fotovoltaicos en las edificaciones que sean aptas para este, reduciendo así los altos costos de energía que presenta la universidad. Todas estas soluciones se tienen planeados implementar en la Acometida Primaria de la Facultad de Ciencias Agronómicas, la cual suministra a casi la mitad del campus central de la UES.

## JUSTIFICACIÓN

La Universidad de El Salvador tiene gran cantidad de bosques y amplias zonas verdes las que generan abundante flora y fauna dentro del campus, gracias a esto y el tipo de distribución aérea que se tiene, es propensa a presentar fallas de energía al entrar en contacto con estos dejando así sin energía a varios edificios en las diferentes facultades interrumpiendo las actividades diarias y quitándole confianza a la red, por lo tanto, se tiene la necesidad de implementar un diseño de distribución subterránea el cual nos brindaría mayor confiabilidad y eficiencia en la red primaria de distribución evitando así fallos frecuentes en el suministro de energía, el tipo de protecciones y su coordinación también es importante por lo que el estudio también abordara esta temática. Por otro lado, para reducir el consumo energético que también presenta la universidad se contempla diseñar un SFV conectado a la red en las edificaciones en las que sean factibles, esto representara un ahorro significativo en el consumo eléctrico de la UES.

## **CAPITULO I**

### **“DISEÑO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EN DIFERENTES EDIFICACIONES DE ACOMETIDA PRIMARIA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS”**

## **1.1 SISTEMA FOTOVOLTAICO**

### **1.1.2 Fundamentación teórica**

En el transcurso de los últimos años en toda la región Latinoamericana, inclusive en la región Centroamericana, los sistemas de energía han tenido una evolución muy importante y significativa, la cual ha sido la utilización de un recurso muy abundante y que hasta los últimos años no se había utilizado de manera significativa en la producción energética regional a gran escala, como lo es el recurso solar. Por ello en El Salvador este recurso ha sido utilizado cada vez más y más con el pasar de los años, surgiendo así diferentes empresas a nivel nacional y regional que se encargan de la utilización del recurso solar para el rubro energético, tanto a nivel de consumidor final como a nivel de generación para grandes sectores de la población.

### **1.1.2 Energía Solar y Sus Diferentes Tipos**

La energía solar es la radiación emitida por el astro rey del sistema solar o más comúnmente conocido como Sol, la cual ha sido aprovechada de diferentes maneras desde la antigüedad.

La energía fotovoltaica, por ejemplo, es la transformación de la radiación solar en energía eléctrica.

La energía fototérmica consiste en el aprovechamiento del recurso solar, transformando la radiación solar en calor y que este a su vez es transferido a un fluido trabajando.

La energía solar termoelectrónica, la cual se vale de la utilización de diferentes dispositivos comúnmente de seguimiento solar, para concentrar la radiación emitida por el sol en un solo punto donde tiene diferentes formas de aprovecharse.

#### ***Energía Solar Fotovoltaica***

Un sistema fotovoltaico se encuentra conformado por diversos equipos de entre los cuales se tienen los paneles solares, el inversor el cual es considerado el corazón del sistema, entre otros equipos que se encargan de producir energía eléctrica.

Hay dos tipos de SFV que pueden ser utilizados:

- Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red (SFVCR).
- Sistema fotovoltaico Aislado.

En el presente trabajo el sistema que se utilizara es el SFVCR.

## 1.2 MEMORIA DEL PROYECTO

A continuación, se detalla en qué consiste el SFV a realizar, en donde se especifica el lugar y el área que abarca la Acometida Primaria de la Facultad de Agronomía.

### 1.2.1 Descripción de la instalación.

Ubicada al norte de la ciudad de San Salvador, se encuentra la Universidad de El Salvador (UES), la cual, en su Campus Central, consta de un complejo de 74 edificios aproximadamente, nueve facultades y un estimado de 50000 alumnos. Al Campus Universitario quien le suministra energía eléctrica es la distribuidora CAESS actualmente por medio de tres acometidas a 23 KV, denominadas respectivamente:

- A. Complejo Deportivo-FIA (Facultad de Ingeniería y Arquitectura): Medición primaria con medidor #95203325, puede alcanzar 704 kW.
- B. UES- Sector Noroeste frente a ANDA (Facultad Humanidades y Economía): Medición primaria con medidor #95203319, presenta una demanda máxima mensual de 480 kW.
- C. Facultad de Agronomía: Medición primaria con medidor #95203324, y que presenta una demanda promedio mensual de 23562 kW.

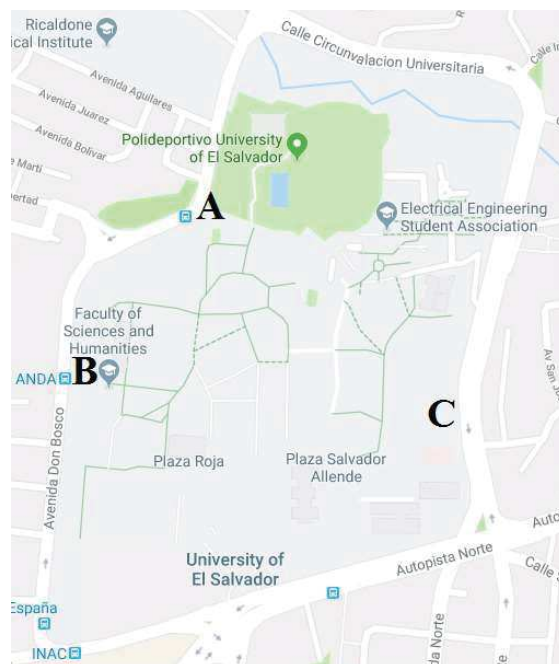


Ilustración 1: Acometidas del Campus Central de la Universidad de El Salvador.

La acometida primaria a estudio en esta tesis es la de la Facultad de Agronomía. Dicha acometida comprende más de 30 edificios de los cuales se ha realizado un previo estudio de las edificaciones aptas para la instalación de un sistema fotovoltaico por cada edificio.

### 1.2.2 Facultades comprendidas en la acometida de agronomía.

De las acometidas antes mencionadas, la de mayor interés para este diseño es la acometida C, que entra por la Facultad de Agronomía pero que sirve a gran porcentaje del campus universitario, como lo son las Facultades de Agronomía, Medicina, Jurisprudencia, Economía, Ciencias y Humanidades, entre otras edificaciones de la Administración Central del Campus, como se aprecia en la siguiente ilustración, observamos el servicio prestado a lo largo de la acometida sobre el campus central y sombreadas las edificaciones que tendrán un SFV:

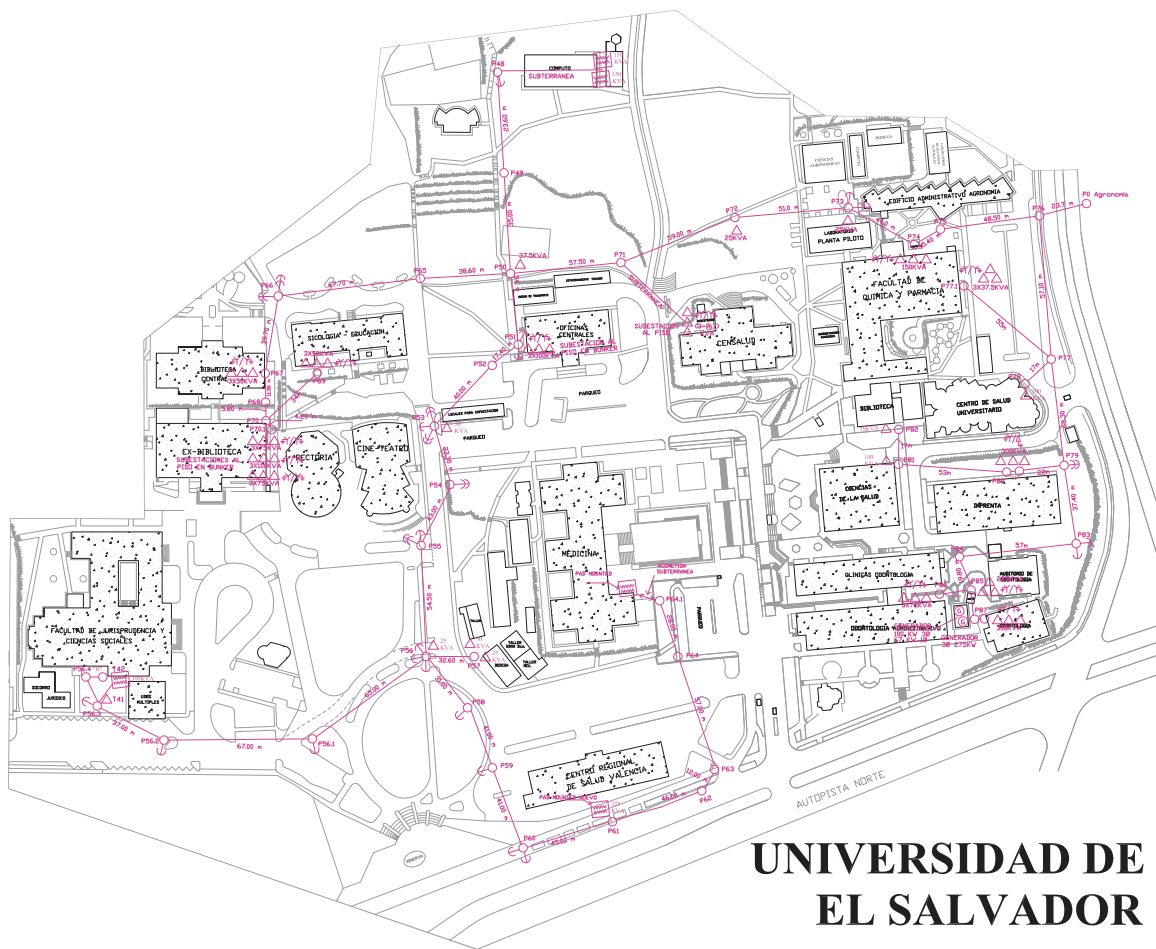


Ilustración 2: Red de distribución aérea existente.

El servicio suministrado por medio de la acometida de agronomía es trifásico a un nivel de tensión de 23 kV, en postes de 35 pies.

## **1.3 CRITERIOS Y CÁLCULOS PARA EL DISEÑO FOTOVOLTAICO**

### **1.3.1 Criterios utilizados para el Diseño Fotovoltaico**

Para iniciar el diseño, se necesita saber cuáles son los edificios que comprenden la zona de cobertura del servicio de la acometida de Agronomía. Para esto se realizó el recorrido desde la acometida respectiva, además se utilizaron distintas herramientas y planos proporcionados de vistas de planta de la Universidad de El Salvador (Algunas herramientas utilizadas: AutoCAD, Google Earth y Google Maps), los planos de la UES fueron proporcionados por la Unidad de Desarrollo Físico de la Universidad de El Salvador.

Del archivo de AutoCAD proporcionado por la Unidad de Desarrollo Físico se obtuvo el dato de las instalaciones a escala, de las cuales se tomaron las áreas de cada edificación que sea apta, a su vez se realizó una verificación por medio de medición con cinta métrica para mayor seguridad de los datos proporcionados. De igual manera se realizó inspecciones físicas, ocular y fotográficas de las mismas.

Para la selección de las edificaciones aptas se realizaron las diferentes inspecciones a estas, con la finalidad de tomar los aspectos más importantes entre los cuales se encuentran la localización, orientación, obstáculos que pueden generar sombra en el área donde se colocarían los Módulos Fotovoltaicos (MFV) ya sean otros edificios o árboles, lugar más factible para la colocación de los MFV orientados al Sur.

Por lo cual, valiéndonos de lo mencionado anteriormente, de las áreas de las edificaciones y los tamaños de los paneles fotovoltaicos utilizados se ha maximizado la utilidad de estas áreas, aprovechando así el tamaño ofrecido por cada edificación para colocar el mayor número de MFV posibles.

Mencionado lo anterior se procede a realizar los cálculos necesarios para implementar el diseño en cada edificación.

### **1.3.2 Cálculos necesarios previos al diseño para cada edificio**

#### **1.3.2.1 Temperaturas**

Según el informe SNET anual 2015.

La temperatura máxima es: 42.2 °C (registrada en la estación meteorológica, puente Cuscatlán, San Vicente).

La temperatura mínima es: 12.3 °C (registrada en la estación meteorológica del SNET Las pilas, Chalatenango).

Sin embargo, para San Salvador en la estación meteorológica de Ilopango el perfil de temperaturas se muestra a continuación.



## Perfil Climatológico de Aeropuerto de Ilopango (S-10)

La estación de Ilopango se encuentra a unos 10 kilómetros hacia el Este de la Ciudad de San Salvador.

Presenta condiciones climáticas y edáficas similares, caracterizadas por terrenos en planicie y alomados, suelos con ceniza volcánica y zonas urbanas en los alrededores.

La región donde se ubica la estación y la ciudad se zonifica climáticamente según Koppen, Sapper y Laurer como **Sabana Tropical Caliente ó Tierra Caliente** (0 – 800 msnm) la elevación es determinante

Considerando la regionalización climática de Holdridge, la zona de interés se clasifica como **“Bosque húmedo subtropical, transición a tropical”** (con biotemperatura mayor a 24 °C).

Los rumbos de los vientos son predominantes del Norte durante la estación seca y la estación lluviosa, la brisa marina del Sur y Sureste ocurre después del mediodía, la velocidad promedio anual es de 8 kilómetros por hora.

### Ubicación Geográfica

Latitud Norte 13° 41.9'

Longitud Oeste 89° 07.1'

Elevación 615 msnm

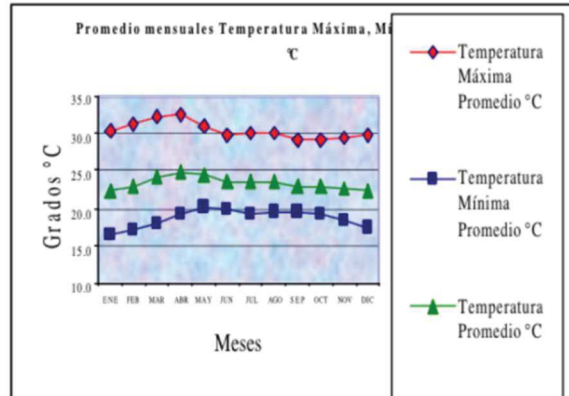


Ilustración 3: Perfil Climatológico de la estación meteorológica de Ilopango.

Por lo cual la temperatura promedio máxima y mínima, para San Salvador son: 33 °C y 16 °C, respectivamente, para el diseño, utilizaremos siendo conservadores, temperatura 40 °C máxima, y temperatura 12 °C mínima, habiendo analizado los datos de temperatura de todo el país.

Por lo tanto, la temperatura mínima será de 12 °C y la máxima de 40 °C.

### 1.3.2.2 Inclinación

Cálculo de la inclinación óptima de los paneles fotovoltaicos, orientados hacia el SUR.

$$S_{optimo} = 3.7 + 0.69 * \Phi$$

Donde:

$S$  = inclinación óptima de los paneles fotovoltaicos.

$\Phi$  = latitud del lugar. (utilizaremos como latitud 13.50°)

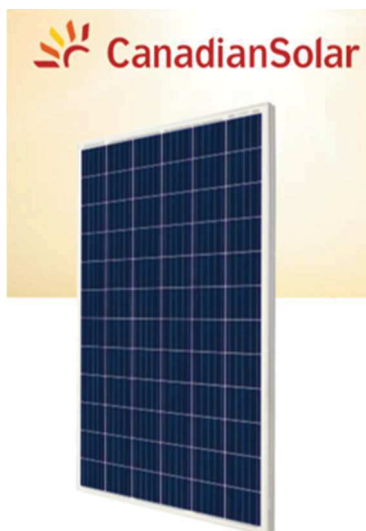
Por lo que:

$$S_{optimo} = 3.7 + 0.69 * 13.50^\circ$$

$$S_{optimo} = 13.01^\circ \cong 13^\circ$$

### 1.3.2.3 Módulos Fotovoltaicos Utilizados

#### *Módulo Fotovoltaico de 330 W*



*Ilustración 4: Módulo fotovoltaico de 330W.*

Modelo CANADIAN SOLAR CS6U-330P el cual presenta las siguientes características:

DATOS ELÉCTRICOS CS6U 330P	
Potencia Max. Nominal (Pmax)	330 W
Voltaje de operación Optimo (Vmp)	37.2 V
Corriente de Operación optimo (Imp)	8.88 A
Voltaje de Circuito abierto (Voc)	45.6 V
Corriente de corto circuito (Isc)	9.45 A
Eficiencia del modulo	16.97 %
Temperatura de operación	-40 °C ~ + 85 °C
Voltaje de sistema MÁXIMO	1000 V (IEC/UL) o 1500 V (IEC/UL)
Rendimiento al fuego del modulo	TIPO 1 (UL 1703) o CLASE C (IEC 61730)
Máximo fusible serie	15 A
Clasificación de aplicaciones	CLASE A
Tolerancia de potencia	0 ~+ 5 W

*Tabla 1: Características Eléctricas.*

Los datos de la Tabla 1, se basan en el Standard Test Conditions (STC) o una irradiancia de 1000 W/m<sup>2</sup>, espectro de MASA DE AIRE 1.5 y temperatura de celda 25 °C.

### DATOS ELÉCTRICOS CS6U 330P

Potencia Max. Nominal (Pmax)	243 W
Voltaje de operación Optimo (Vmp)	34.2 V
Corriente de Operación optimo (Imp)	7.10 A
Voltaje de Circuito abierto (Voc)	42.5 V
Corriente de corto circuito (Isc)	7.63 A

Tabla 2: Continuación datos eléctricos.

Los datos de la Tabla 2, están dados bajo Temperatura Nominal de Operación del Módulo (NMOT), una irradiancia de 800 W/m<sup>2</sup>, espectro de MASA DE AIRE 1.5 y temperatura ambiente de 20° C, velocidad de viento 1 m/s.

### DATOS MECÁNICOS DEL MÓDULO 330P

Tipo de celda	POLI-CRISTALINO, 6 in.
Arreglo de celdas	72 (6*12)
Dimensiones	1960*992*35 mm (77.2*39.1*1.38 in)
Peso	22.4 kg (49.4 lb)
Cubierta frontal	3.2 mm vidrio templado
Material del marco	Aleación de aluminio anodizado
J-box	IP68, 3 diodos de bypass
Cable	4 mm <sup>2</sup> (IEC), 12 AWG (UL), 1160 mm (45.7 in)
Conectores	T4 Series
Paquete ESTÁNDAR	30 piezas
Piezas del módulo por contenedor	720 piezas

Tabla 3: Datos mecánicos del módulo

### CARACTERÍSTICAS DE TEMPERATURA 330P

Coefficiente de temperatura (Pmax)	-0.40% / °C
Coefficiente de temperatura (Voc)	-0.31% / °C
Coefficiente de temperatura (Isc)	0.05% / °C
Temperatura nominal de operación de la celda	43 +- 3 °C

Tabla 4: Características de Temperatura del módulo.

## Módulo Fotovoltaico de 350 W

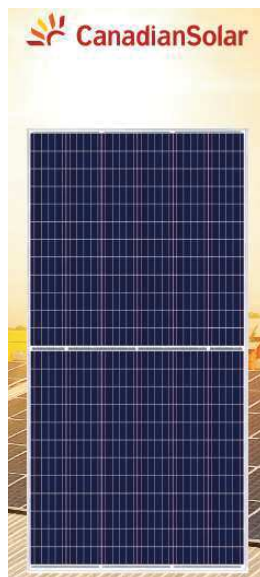


Ilustración 5: Módulo fotovoltaico de 350 W.

Modelo CANADIAN SOLAR CS3U-350P el cual presenta las siguientes características:

DATOS ELÉCTRICOS CS3U 350P	
Potencia Max. Nominal (Pmax)	350 W
Voltaje de operación Optimo (Vmp)	39.2 V
Corriente de Operación optimo (Imp)	8.94 A
Voltaje de Circuito abierto (Voc)	46.6 V
Corriente de corto circuito (Isc)	9.51 A
Eficiencia del modulo	17.64 %
Temperatura de operación	-40 °C ~ + 85 °C
Voltaje de sistema MÁXIMO	1000 V (IEC/UL) o 1500 V (IEC/UL)
Rendimiento al fuego del modulo	TIPO 1 (UL 1703) o CLASE C (IEC 61730)
Máximo fusible serie	30 A
Clasificación de aplicaciones	CLASE A
Tolerancia de potencia	0 ~+ 5 W

Tabla 5: Datos eléctricos.

Los datos de la Tabla 5, están Bajo el Standard Test Conditions (STC) o una irradiancia de  $1000 \text{ W/m}^2$ , espectro de MASA DE AIRE 1.5 y temperatura de celda  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ .

### DATOS ELÉCTRICOS CS6U 350P

Potencia Max. Nominal (Pmax)	259 W
Voltaje de operación Optimo (Vmp)	35.8 V
Corriente de Operación optimo (Imp)	7.24 A
Voltaje de Circuito abierto (Voc)	43.5 V
Corriente de corto circuito (Isc)	7.68 A

Tabla 6: Continuación de datos eléctricos.

Los datos de la Tabla 6, están Bajo Temperatura Nominal de Operación del Módulo (NMOT), una irradiancia de 800 W/m<sup>2</sup>, espectro de MASA DE AIRE 1.5 y temperatura ambiente de 20° C, velocidad de viento 1 m/s.

### DATOS MECÁNICOS DEL MÓDULO 350P

Tipo de celda	POLI-CRISTALINO, 156.75*78.38 mm
Arreglo de celdas	144 (2*(12*6))
Dimensiones	2000*992*40 mm (78.7*39.1*1.57 in)
Peso	22.6 kg (49.8 lb)
Cubierta frontal	3.2 mm vidrio templado
Material del marco	Aleación de aluminio anodizado
J-box	IP68, 3 diodos de bypass
Cable	4 mm <sup>2</sup> (IEC), 12 AWG (UL), 1160 mm (45.7 in)
Conectores	T4 Series
Paquete ESTÁNDAR	27 piezas
Piezas del módulo por contenedor	594 piezas

Tabla 7: Datos mecánicos del panel.

### CARACTERÍSTICAS DE TEMPERATURA 350P

Coefficiente de temperatura (Pmax)	-0.38% / °C
Coefficiente de temperatura (Voc)	-0.29% / °C
Coefficiente de temperatura (Isc)	0.05% / °C
Temperatura nominal de operación de la celda	43 +- 2 °C

Tabla 8: Características de temperatura.

### 1.3.2.4 Inversores Utilizados

#### *Inversor Sunny Boy 8000-US*



### SUNNY BOY 8000-US

*Ilustración 6: Inversor Sunny Boy 8000-US.*

#### DATOS TÉCNICOS DC Sunny Boy 8000-US

ENTRADA DC	
Potencia Máxima Recomendada (STC)	10,000 W
Potencia Máxima DC	8,600 W
Voltaje Máximo DC	600 V
Voltaje Nominal DC	345 V
Rango de Voltaje MPP	300 – 480 V
Voltaje Mínimo DC	300 V
Voltaje de START	365 V
Máxima Corriente por MPP	30 A
Máxima Corriente por STRING	20 A
Número de Entradas MPP	1
Número de STRING	4

*Tabla 9: Datos técnicos.*

#### DATOS TÉCNICOS AC Sunny Boy 8000-US

SALIDA AC	
Potencia Nominal AC	7,680 W
Voltaje Ajustable	Si
Voltaje Nominal AC	240 V

Rango de Voltaje AC	211 – 264 V
Frecuencia AC	60 Hz
Rango de Frecuencia AC	59.3 – 60.5 Hz
Máxima Corriente de Salida	32 A
Factor de Potencia (cos $\delta$ )	1
Conductores por Fase	1
Conexiones por Fase	2
Armónicos	< 4%
Eficiencia	96.3%

Tabla 10: Continuación de datos técnicos.

### *Inversor Sunny Boy 9000TL-US*



## SUNNY BOY 9000TL-US

Ilustración 7: Inversor sunny boy 9000TL-US.

### DATOS TÉCNICOS DC Sunny Boy 9000TL-US

ENTRADA DC	
Potencia Máxima Recomendada (STC)	11,250 W
Potencia Máxima DC	9,400 W
Voltaje Máximo DC	600 V
Voltaje Nominal DC	345 V
Rango de Voltaje MPP	300 – 480 V
Voltaje Mínimo DC	300 V
Voltaje de START	360 V

Máxima Corriente por MPP	30 A
Máxima Corriente por STRING	30 A
Número de Entradas MPP	1
Número de STRING	6

Tabla 11: Datos Técnicos.

DATOS TÉCNICOS AC Sunny Boy 9000TL-US	
SALIDA AC	
Potencia Nominal AC	9000 W
Voltaje Ajustable	Si
Voltaje Nominal AC	208 V
Rango de Voltaje AC	183 – 229 V
Frecuencia AC	60 Hz
Rango de Frecuencia AC	59.3 – 60.5 Hz
Máxima Corriente de Salida	43.3 A
Factor de Potencia (cos $\phi$ )	1
Conductores por Fase	1
Conexiones por Fase	2
Armónicos	< 4%
Eficiencia	98.6%

Tabla 12: Continuación datos técnicos.

### ***Inversor Sunny Boy 10000TL-US***



**10000TL-US**

Ilustración 8: Inversor Sunny Boy 10000TL-US.



**DATOS TÉCNICOS DC Sunny Boy 10000TL-US**

ENTRADA DC	
Potencia Máxima Recomendada (STC)	12,500 W
Potencia Máxima DC	10,500 W
Voltaje Máximo DC	600 V
Voltaje Nominal DC	345 V
Rango de Voltaje MPP	300 – 480 V
Voltaje Mínimo DC	300 V
Voltaje de START	360 V
Máxima Corriente por MPP	35 A
Máxima Corriente por STRING	35 A
Número de Entradas MPP	1
Número de STRING	6

*Tabla 13: Datos Técnicos del inversor de 10000 W.*

**DATOS TÉCNICOS AC Sunny Boy 10000TL-US**

SALIDA AC	
Potencia Nominal AC	10,000 W
Voltaje Ajustable	Si
Voltaje Nominal AC	208 V
Rango de Voltaje AC	183 – 229 V
Frecuencia AC	60 Hz
Rango de Frecuencia AC	59.3 – 60.5 Hz
Máxima Corriente de Salida	48.1 A
Factor de Potencia (cos $\delta$ )	1
Conductores por Fase	1
Conexiones por Fase	2
Armónicos	< 4%
Eficiencia	98.6%

*Tabla 14: Continuación de datos técnicos.*

### 1.3.2.5 Cálculos de $V_{oc}$ y $V_{mp}$

#### Módulo de 330 W

Para este MFV el NOCT es de  $46^\circ$  por lo tanto, para el cálculo de la Temperatura de Celda:

$$T_c = T_a + \frac{G}{800} (NOCT - 20)$$

Para  $T_{amb} = 12^\circ C$

$$T_c = 12 + \frac{0}{800} (46 - 20) = 12^\circ C$$

Para  $T_{amb} = 40^\circ C$

$$T_c = 40 + \frac{1000}{800} (46 - 20) = 72.5^\circ C$$

Cálculo de  $V_{oc}$  y  $V_{mp}$  considerando el rango de temperatura en el lugar de  $12^\circ C - 72.5^\circ C$

$$V_{oc}(12^\circ C) = 45.6 V + \frac{-0.31\%/^\circ C}{100} * 45.6V (12^\circ C - 25^\circ C) = 47.44 V$$

$$V_{oc}(72.5^\circ C) = 45.6 V + \frac{-0.31\%/^\circ C}{100} * 45.6V (72.5^\circ C - 25^\circ C) = 38.89 V$$

$$V_{mp}(12^\circ C) = 37.2 V + \frac{-0.40\%/^\circ C}{100} * 37.2V (12^\circ C - 25^\circ C) = 39.13 V$$

$$V_{mp}(72.5^\circ C) = 37.2 V + \frac{-0.40\%/^\circ C}{100} * 37.2V (72.5^\circ C - 25^\circ C) = 30.13 V$$

$$I_{sc}(12^\circ C) = 9.45 A + \frac{0.05\%/^\circ C}{100} * 9.45A (12^\circ C - 25^\circ C) = 9.39 A$$

$$I_{sc}(72.5^\circ C) = 9.45 A + \frac{0.05\%/^\circ C}{100} * 9.45A (72.5^\circ C - 25^\circ C) = 9.67 A$$

Teniendo como resumen la Tabla 15:

	12 °C	72.5 °C
Voc	47.44 V	38.89 V
Vmp	39.13 V	30.13 V
Isc	9.39 A	9.67 A

Tabla 15: Cálculos resumen.

### Módulo de 350 W

Para este MFV el NOCT es de 45° por lo tanto, para el cálculo de la Temperatura de Celda:

$$T_c = T_a + \frac{G}{800} (NOCT - 20)$$

Para  $T_{amb} = 12\text{ °C}$

$$T_c = 12 + \frac{0}{800} (45 - 20) = 12\text{ °C}$$

Para  $T_{amb} = 40\text{ °C}$

$$T_c = 40 + \frac{1000}{800} (45 - 20) = 71.25\text{ °C}$$

Cálculo de  $V_{oc}$  y  $V_{mp}$  considerando el módulo de 350 W el rango de temperatura en el lugar de  $12\text{ °C} - 71.25\text{ °C}$ .

$$V_{oc}(12\text{ °C}) = 46.6\text{ V} + \frac{-0.29\%/^{\circ}\text{C}}{100} * 46.6\text{V} (12\text{ °C} - 25\text{ °C}) = 48.36\text{ V}$$

$$V_{oc}(71.25\text{ °C}) = 46.6\text{ V} + \frac{-0.29\%/^{\circ}\text{C}}{100} * 46.6\text{V} (71.25\text{ °C} - 25\text{ °C}) = 40.35\text{ V}$$

$$V_{mp}(12\text{ °C}) = 39.2\text{ V} + \frac{-0.38\%/^{\circ}\text{C}}{100} * 39.2\text{V} (12\text{ °C} - 25\text{ °C}) = 41.14\text{ V}$$

$$V_{mp}(71.25\text{ °C}) = 39.2\text{ V} + \frac{-0.38\%/^{\circ}\text{C}}{100} * 39.2\text{V} (71.25\text{ °C} - 25\text{ °C}) = 32.31\text{ V}$$

$$I_{sc}(12\text{ °C}) = 9.51\text{ A} + \frac{0.05\%/^{\circ}\text{C}}{100} * 9.51\text{A} (12\text{ °C} - 25\text{ °C}) = 9.45\text{ A}$$

$$I_{sc}(71.25\text{ °C}) = 9.51\text{ A} + \frac{0.05\%/^{\circ}\text{C}}{100} * 9.51\text{A} (71.25\text{ °C} - 25\text{ °C}) = 9.73\text{ A}$$

Teniendo como resumen la Tabla 16:

	12 °C	71.25 °C
Voc	48.36 V	40.35 V
Vmp	41.14 V	32.31 V
Isc	9.45 A	9.73 A

Tabla 16: Cálculos resumen.

### 1.3.2.6 Estructura



*Ilustración 9: Estructura de soporte para MFV.*

La estructura que se utilizara para la colocación de los módulos es la que se muestra a continuación:

La manera en que se sujetarán los MFV serán a través de un riel y sus respectivos Inter Clamp y End Clamp que se muestran en las ilustraciones siguientes.



*Ilustración 10: Riel de sujeción, inter clamp y end clamp.*

Todas las estructuras que se muestran a continuación están hechas con la finalidad de que todos los MFV queden orientados hacia el SUR, independientemente de que la orientación del techo se encuentre en Horizontal o al NORTE, ESTE u OESTE.

## Techos Horizontales

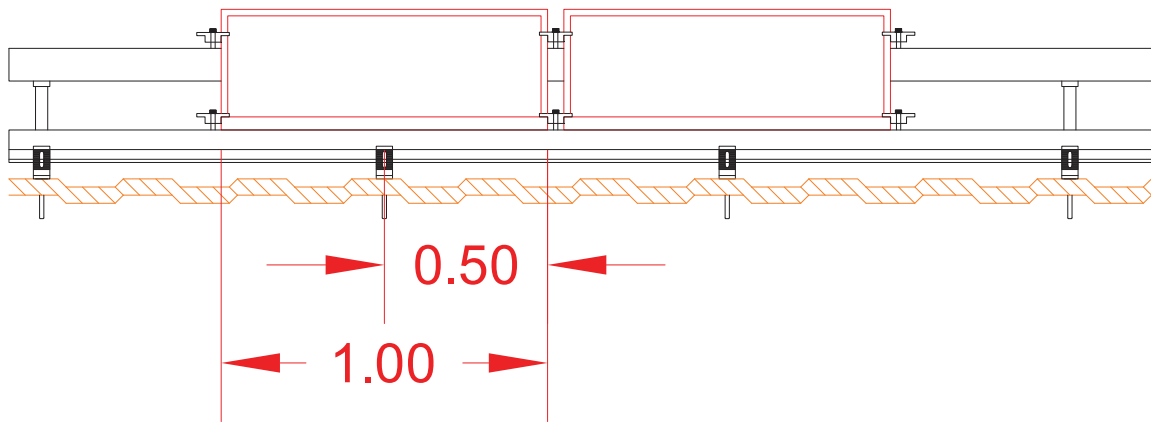


Ilustración 11: Vista frontal para techos horizontales.

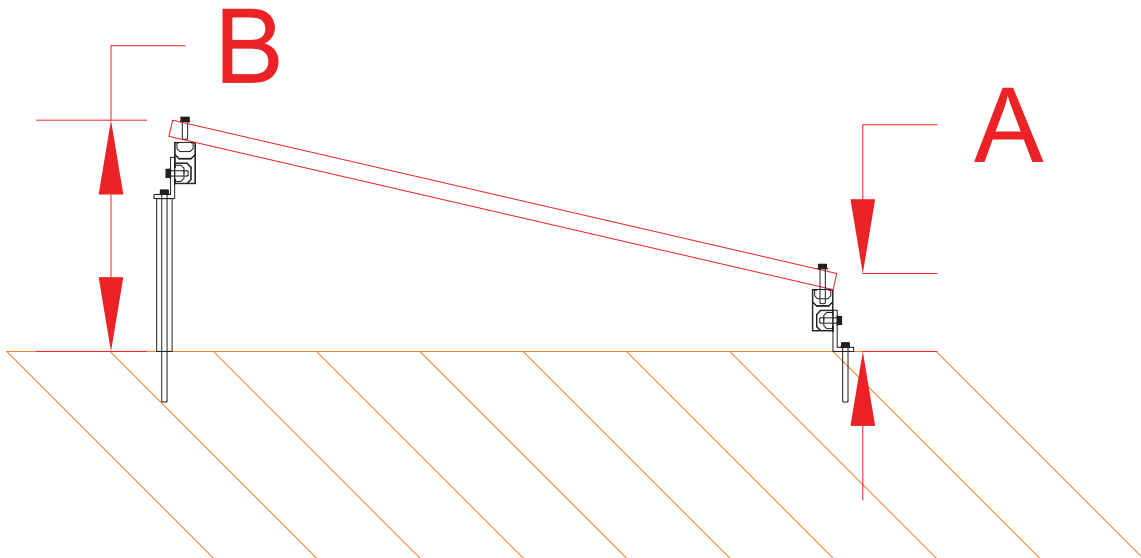


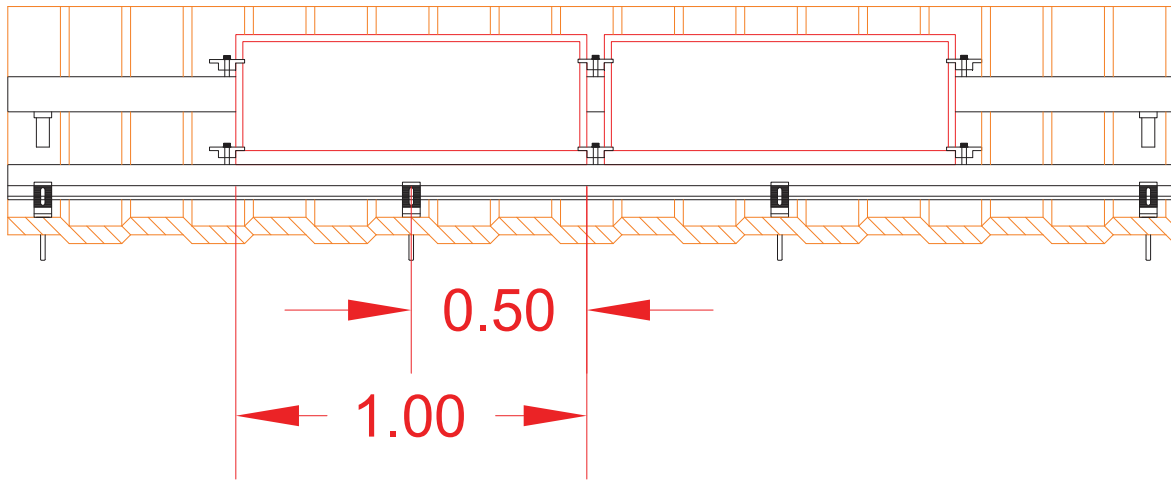
Ilustración 12: Vista Lateral de estructuras para techos horizontales.

Como se muestra en las ilustraciones anteriores la colocación del riel con sus debidos sujetadores.

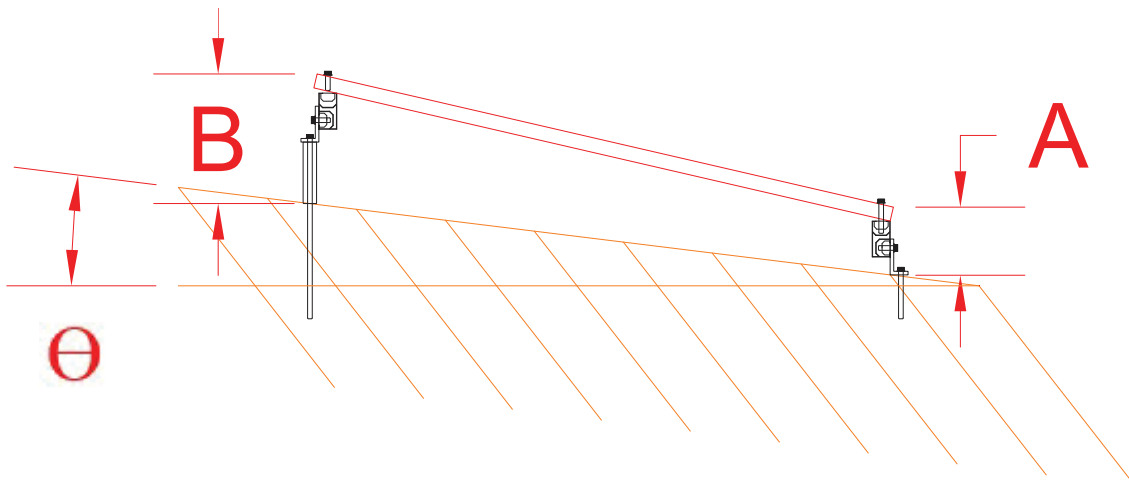
Ya que los módulos deben llevar una inclinación óptima para el máximo aprovechamiento de la luz solar, por tanto, la inclinación calculada anteriormente es de  $13^\circ$ .

Entonces en el lado A se dio una altura de 15 cm y en el lado B se dio una altura de 60 cm.

*Techos con Inclinación al Norte y Sur:*



*Ilustración 13: Vista frontal de estructura para techos inclinados al Norte o al Sur.*



*Ilustración 14: Vista lateral para techos orientados al sur.*

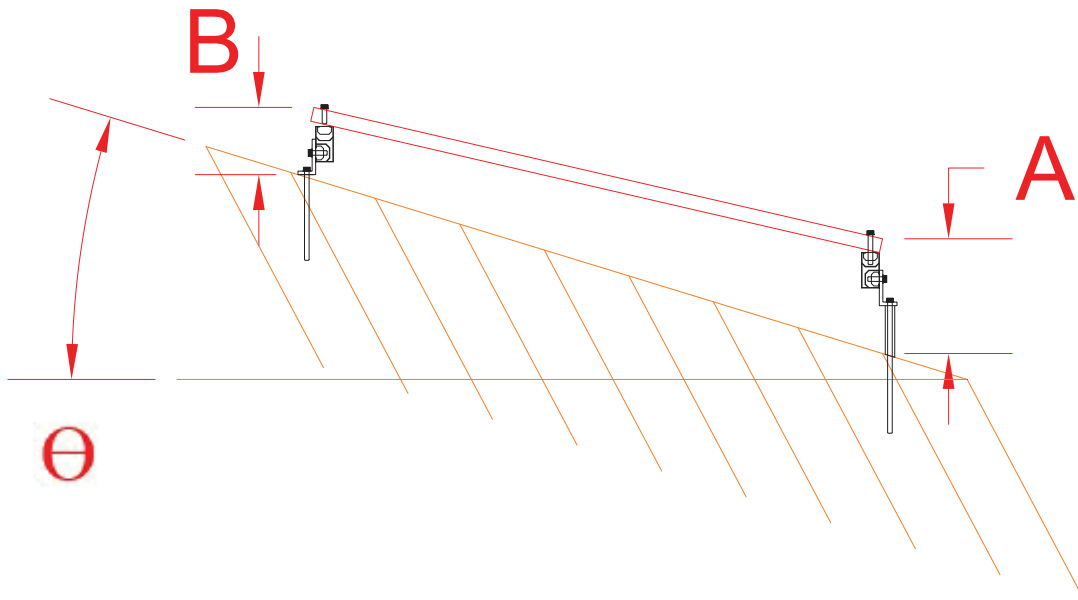


Ilustración 15: Vista lateral de estructura para techos orientados al Sur con inclinación mayor a 13°.

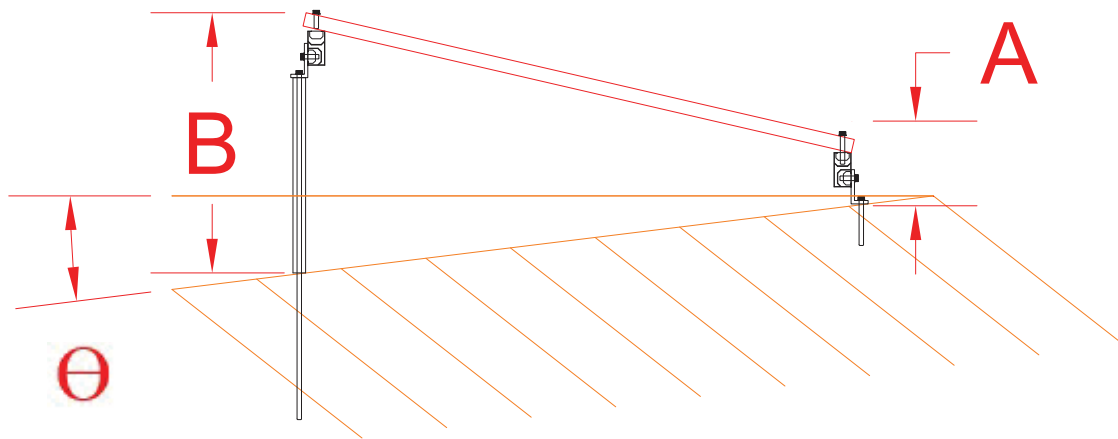


Ilustración 16: Vista lateral para techos inclinados al norte.

Para las diferentes inclinaciones de techos las medidas de las cotas A, B y  $\Theta$  está dada por la Tabla 17. Para el caso de los  $\Theta$  negativos, es cuando la inclinación de los techos está vistas hacia el norte o de la línea horizontal ( $0^\circ$ ) hacia abajo y considerando que la inclinación del módulo será de  $10^\circ$  viendo al Sur, para estos techos orientados al Norte.

Inclinación de Techo ( $\Theta$ )	A (cm)	B (cm)
-17°	15	109
-8°	15	77
-7°	15	74
-6°	15	71
-5°	15	67
-3°	15	60
5°	15	43
6°	15	39
7°	15	35
8°	15	32
17°	30	15

Tabla 17: Valores de A y B para diferentes inclinaciones.

**Techos con Inclinación al Este y Oeste:**

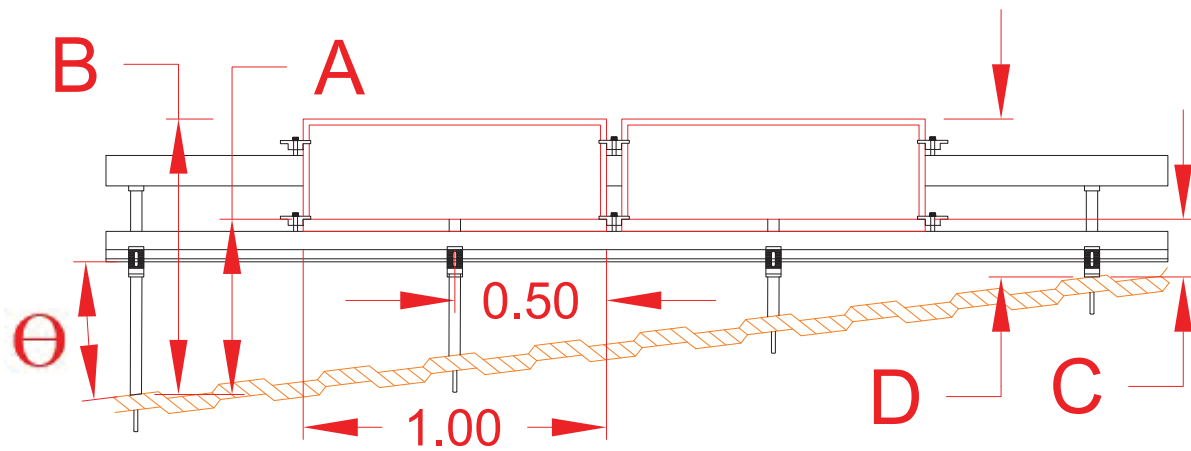
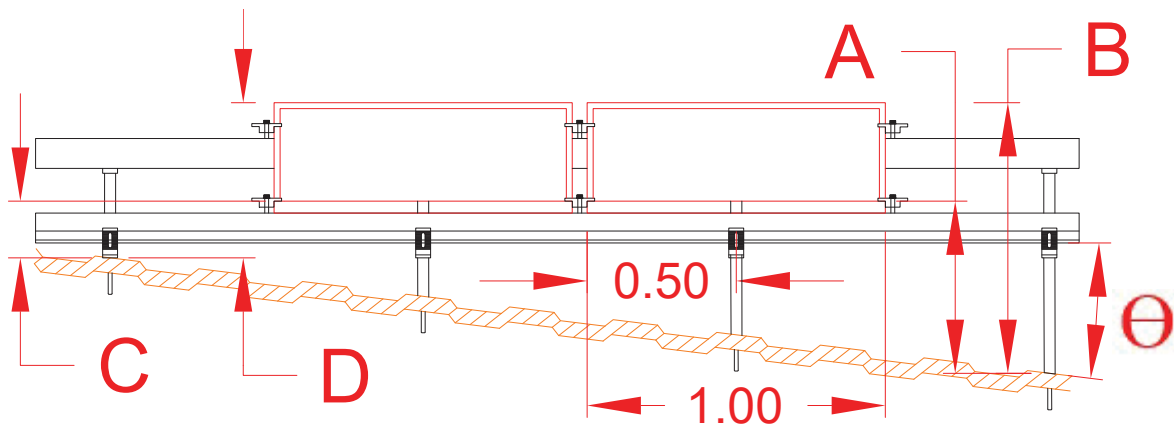
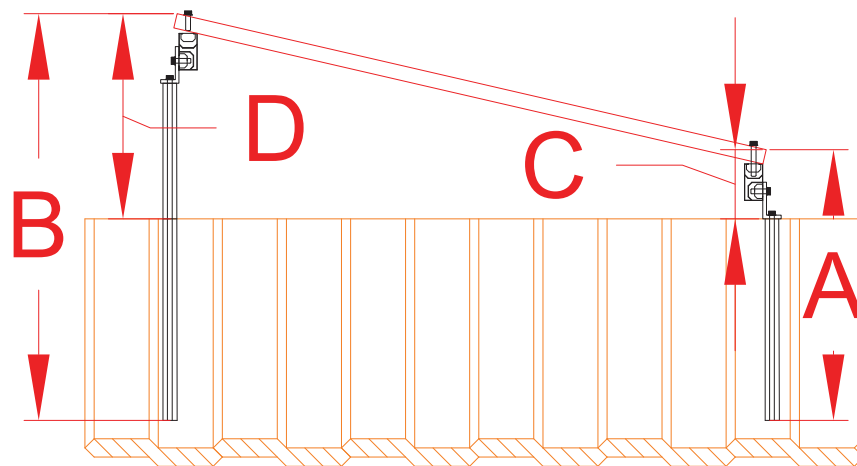


Ilustración 17: Vista frontal de estructuras inclinadas al Este.





*Ilustración 18: Vista frontal de estructura de techos inclinados al Oeste.*



*Ilustración 19: Vista lateral de estructura para techos inclinados al Este o al Oeste.*

Para las inclinaciones de techos ubicadas hacia el Este y Oeste las medidas de las cotas:

A = 138 cm

B = 183 cm

C = 15 cm

D = 60 cm

$\Theta = 7^\circ$

Esta estructura solo es utilizada en uno de los edificios a diseñar.

### 1.3.2.6 Distancia Mínima Entre Strings

El esquema para el cálculo de la distancia mínima entre estructuras, tomando en cuenta que el día más crítico de posición solar es el 21 de diciembre, ya que en este día el sol se encuentra ubicado a  $-23.45^\circ$  al Sur con respecto al Ecuador provocando la mayor sombra durante el año, cuya ilustración se presenta a continuación.

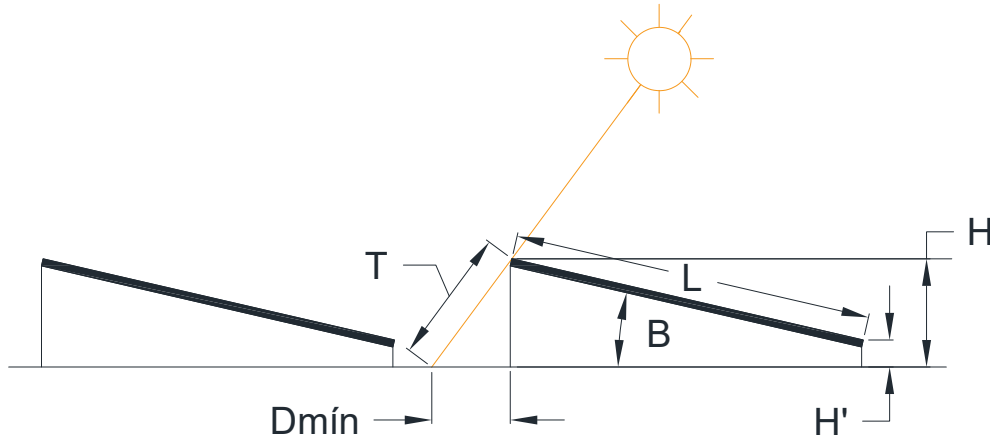


Ilustración 20: Cálculo de la separación  $D_{min}$ .

Donde:

$H$  = Punto más alto del Panel con respecto a la base.

$L$  = Dimensión del panel fotovoltaico.

$B$  = Ángulo de inclinación de los MFV =  $13^\circ$

$D_{min}$  = Distancia mínima entre módulos para evitar sombras.

$T$  = Altura solar al medio día del mes más desfavorable (21 diciembre).

$\Phi$  = Latitud del Lugar. ( $13.5^\circ$  a utilizar en este caso)

$$D_{mín} = \frac{H}{\tan(T)}$$

$$H = L * \sin(B) + H' = 2 * \sin(13^\circ) + 0.15 = 0.6 \text{ m}$$

$$T = 90^\circ - 23.45^\circ - \Phi = 66.5^\circ - \Phi$$

$$D_{mín} = \frac{H}{\tan(66.5 - \Phi)} = \frac{0.60\text{m}}{\tan(66.5 - 13.5)} = \mathbf{0.45 \text{ m}}$$

Esta será la distancia mínima para los paneles que se encuentran en una superficie Horizontal con una inclinación de MFV de 13°.

Para las diferentes inclinaciones se hizo uso de la misma fórmula con las consideraciones respectivas a los cambios de inclinaciones que se tienen en las diversas edificaciones.

A continuación, se presenta una tabla resumen con su respectiva orientación e inclinación de techo y la inclinación del módulo.

<i>Inclinación de Techo</i>	<i>Inclinación del MFV Todos Orientados al Sur</i>	<i>Dmín (cm)</i>
<i>Orientados al Norte</i>		
-17°	10°	100
-8°	10°	62
-7°	10°	60
-6°	10°	57
-5°	10°	53
-3°	10°	47
<i>Orientados al Sur</i>		
5°	13°	31
6°	13°	28
7°	13°	25
8°	13°	23
17°	13°	11
<i>Orientados al Este y Oeste</i>		
7°	13°	25

*Tabla 18: Dmin para diferentes inclinaciones hacia diferentes puntos.*

Tomando en cuenta la Distancia Mínima que salieron en los cálculos realizado anterior mente se tomó a consideración dejar 1 metro como separación entre Strings, con la finalidad de tener un espacio adecuado en donde se permita realizar trabajos a un técnico especializado en el área y de limpieza.

### 1.3.2.7 Estudio con Carta Solar

Dado que el diseño será de un metro de separación entre filas, pensado para evitar sombreado y para facilitar trabajos de mantenimientos en cada parque fotovoltaico.

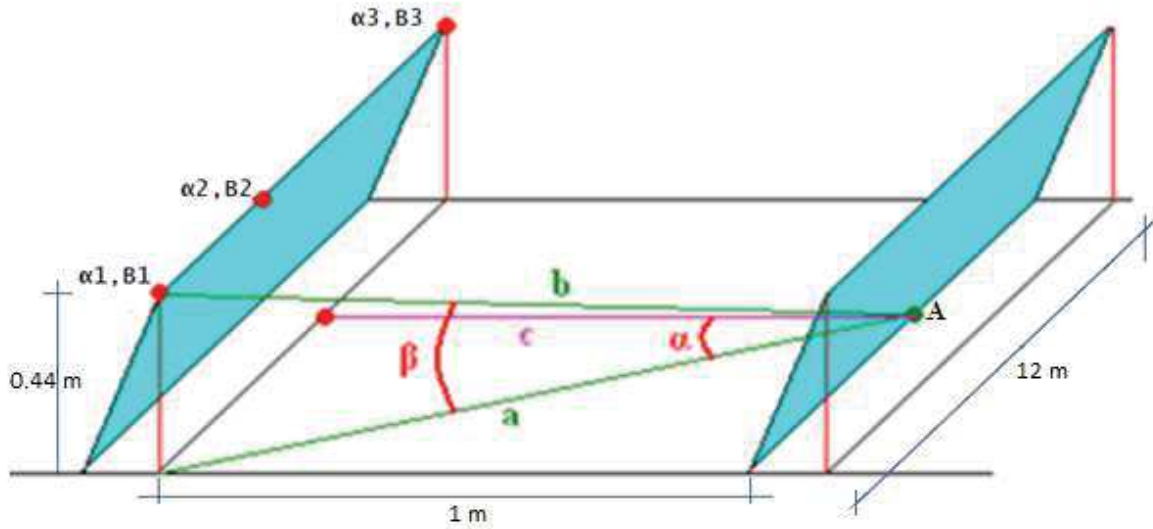


Ilustración 21: Esquema para cálculo de ángulos previos a carta solar.

Se procede a calcular cada parámetro para luego ubicarlos en la carta solar y saber si es factible trabajar con la separación que se ha asignado.

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{1}{12}\right) = 4.76^\circ$$

$$hip = \frac{1}{\sin(4.76^\circ)} = 12.05$$

Para el cálculo de la altura entre los módulos se tiene:

$$op = 2 * \sin(13^\circ) = 0.4499$$

**Punto 1.** Sobre el Punto A, igual, Punto 3 sobre punto A.

$$\alpha_1 = \alpha_3 = 90^\circ - 4.76^\circ = 85.24^\circ$$

$$\beta_1 = \beta_3 = \tan^{-1}\left(\frac{0.4499}{12.05}\right) = 2.14^\circ$$

**Punto 2.** Sobre el Punto A.

$$\alpha_2 = 0^\circ$$

$$\beta_2 = \tan^{-1}\left(\frac{0.4499}{1}\right) = 24.22^\circ$$

En resumen, se tiene:

$\alpha_1$	$\beta_1$	$\alpha_2$	$\beta_2$	$\alpha_2$	$\beta_3$
-85.24°	2.14°	0°	24.22°	85.24°	2.14°

Tabla 19: Ángulos calculados para Carta Solar.

Al ubicar los puntos en la carta solar queda como se puede ver en la siguiente ilustración:

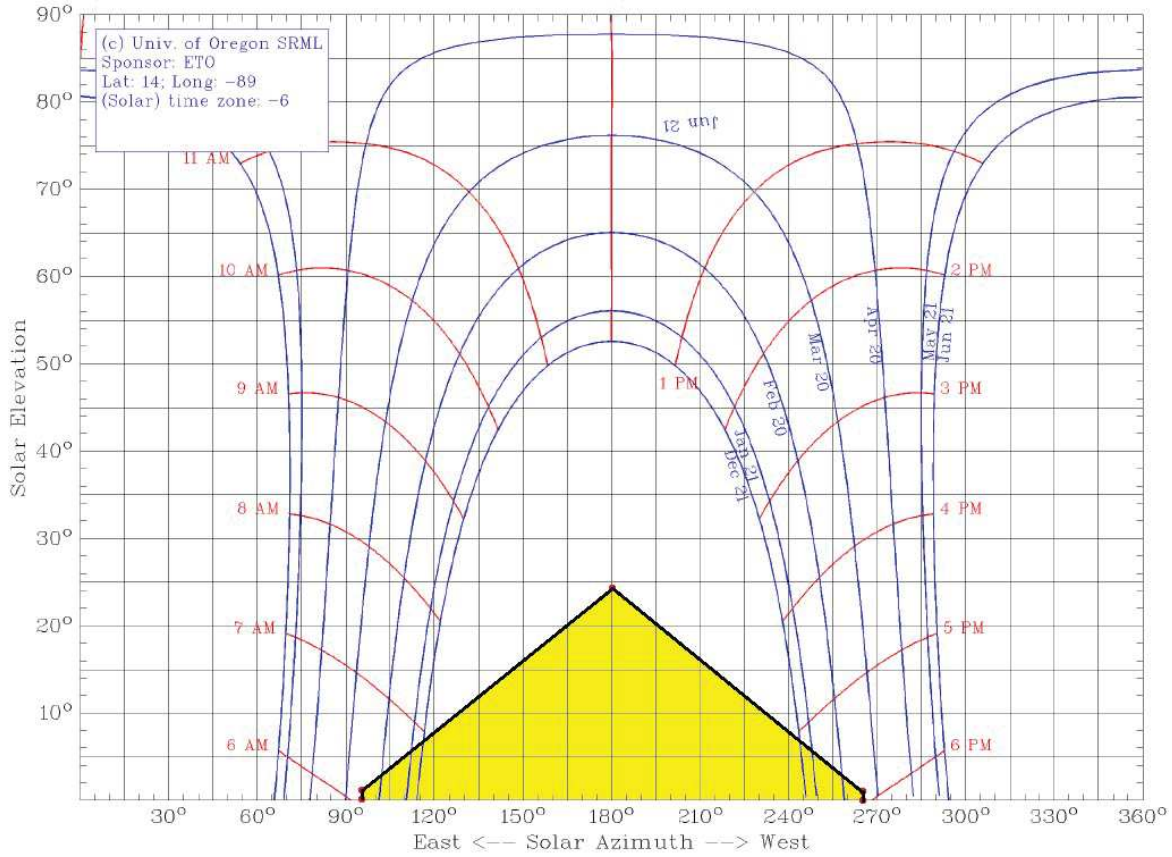
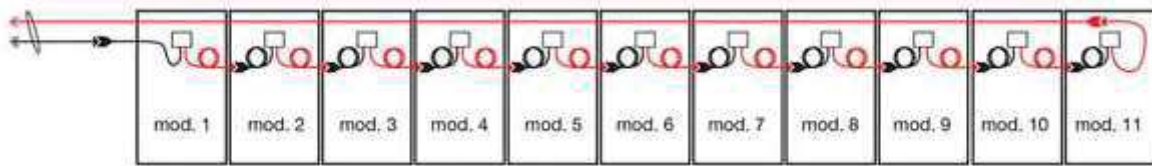


Ilustración 22: Resultado de la Carta solar aplicada al diseño.

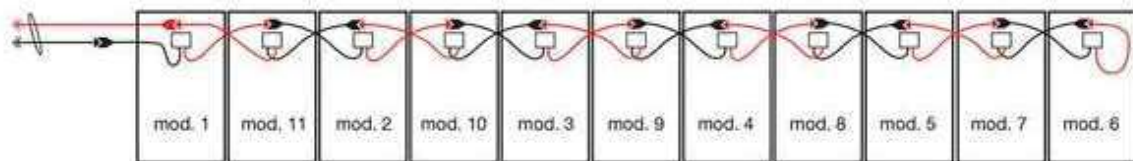
Los resultados que nos da la carta solar nos indica que se tendría perdidas por sombreado por la mañana de las 6:00 am hasta las 6:55 am y por la tarde desde las 5:05 pm en adelante, de esto podemos decir que no afectara en gran proporción el sombreado entre filas, siendo esas horas en las que se tiene menos irradiación, se podría diseñar para una mayor separación entre filas para disminuir el sombreado por la mañana pero eso nos llevaría a sacrificar parte del área que proporciona cada edificación. De igual manera no es en todos los meses que se vería afectado si no solo en dos meses antes y después de diciembre. Por lo tanto, se considera que la elección de 1 m de distancia entre Strings es aceptable para la implementación.

### 1.3.2.8 Tipo de conexión entre Módulos

Existen dos tipos de conexiones más utilizadas entre módulos fotovoltaicos, las cuales se muestran a continuación:



*Ilustración 23: Forma común de conexión de Strings.*



*Ilustración 24: Técnica de Conexión de Salto de Rana para Strings.*

En la Ilustración 23 se muestra la conexión estándar de módulos solares en cadena la cual consiste en una conexión en serie de los MFV teniendo al final el terminal positivo según la ilustración, por lo tanto, se debe construir un cable que abarque la cantidad de módulos instalados para que quede a nivel del terminal negativo que está al lado izquierdo de la ilustración.

La ilustración 24 así mismo muestra la conexión de módulos solares con técnica de salto de rana (leapfrog wiring), en esta no es necesario la construcción de un cable a parte ya que este utiliza la conexión en salto para poder tener al principio los dos terminales.

Por lo anterior mencionado se consideró como mejor opción la conexión con técnica de salto de rana para conexión entre MFV.

## 1.4 DISEÑO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO POR EDIFICACIÓN

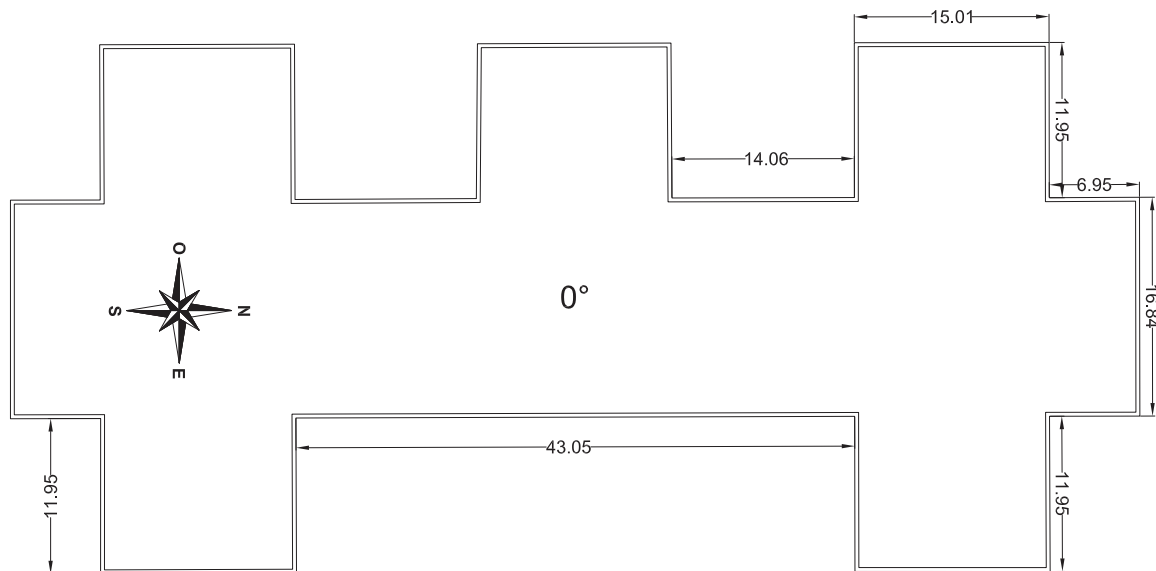
### 1.4.1 Edificio de la Facultad de Medicina

El área del edificio es de 2361 m<sup>2</sup> aproximadamente (sin tomar en cuenta los obstáculos de la azotea). Este edificio no requiere de ninguna intervención para dejarlo apto para la instalación Fotovoltaica (FV).



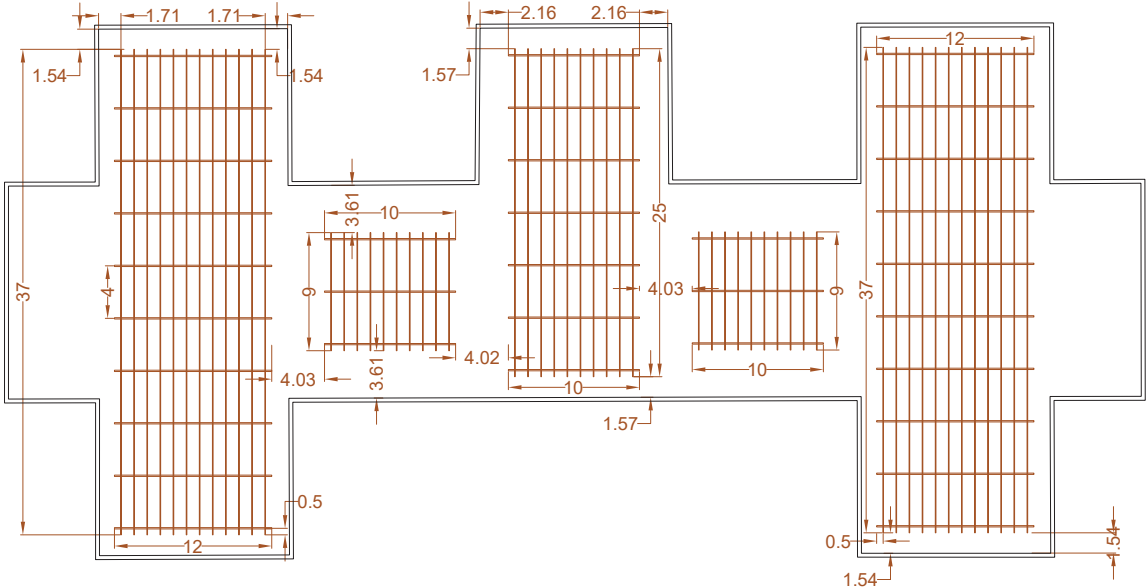
*Ilustración 25: Vista aérea del edificio de la Facultad de Medicina.*

A continuación, se muestra las medidas del Edificio de la Facultad de Medicina dadas en metros. De igual manera se presentan la inclinación del techo en grados y su orientación.

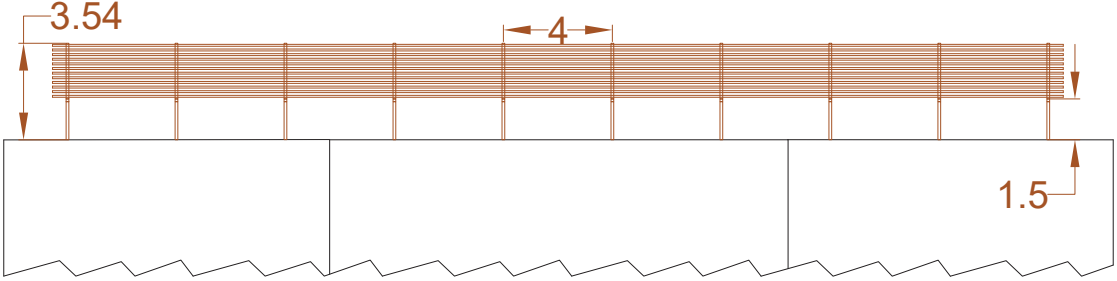


*Ilustración 26: Medidas del edificio de medicina.*

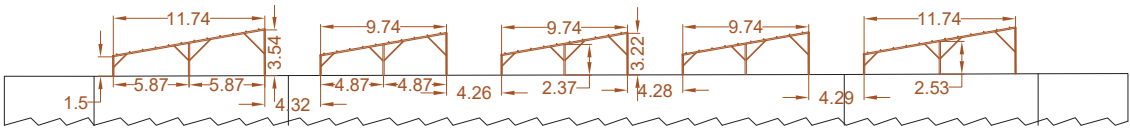
Debido a que este edificio tiene un lugar y altura estratégica se decidió realizar una estructura en altura para poder colocar la mayor cantidad de MFV sobre los obstáculos que este presenta en el techo, quedando la siguiente estructura.



*Ilustración 27. Vista de Planta de Estructura*



*Ilustración 28. Vista Frontal de Estructura*



*Ilustración 29. Vista lateral de Estructura*

Teniendo el área y las dimensiones de cada estructura sobre el edificio, se realizó un diseño el cual utilizara 576 MFV cuya distribución se presenta a continuación.



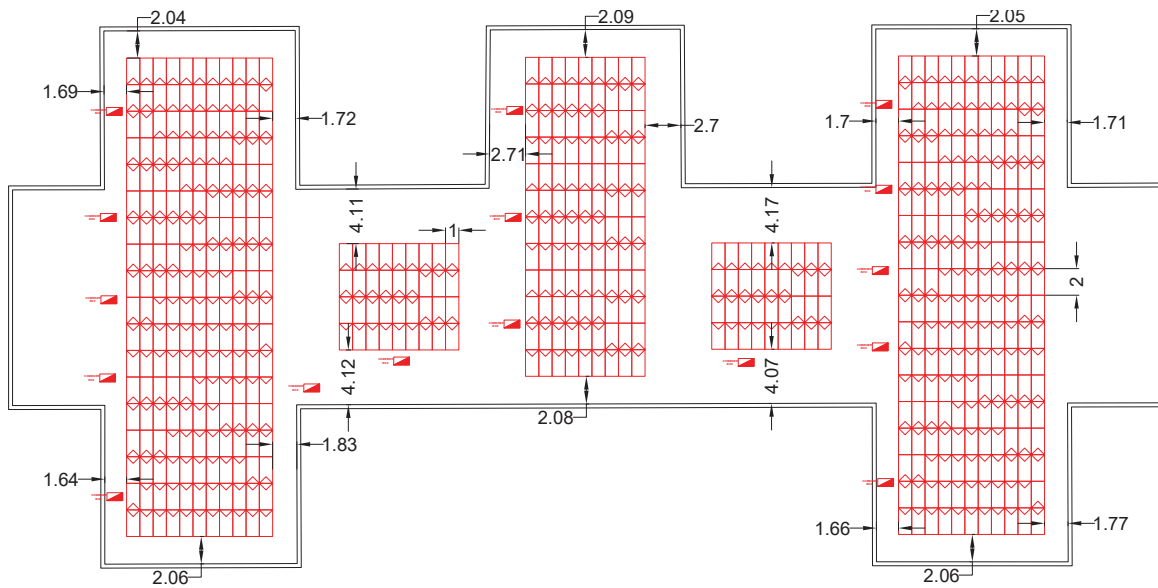


Ilustración 30: Distribución de los arreglos fotovoltaicos.

Para este edificio se utilizará el Módulo de 330 W y el Inversor de 10,000 W a 208 V.

#### 1.4.1.1 Cálculo de Inversores

Con los datos obtenidos de las tablas de especificaciones se procede a realizar el cálculo del número máximo de Módulos Fotovoltaicos por Strings.

$$\# \text{ Max } \frac{\text{MFV}}{\text{string}} = \frac{V_{\text{max operación inversor}}}{V_{\text{oc max panel}}} = \frac{600 \text{ V}}{47.44 \text{ V}} = 12.64 \cong 12 \text{ MFV/string}$$

$$\# \text{ Min MFV/string} = \frac{V_{\text{start}}}{V_{\text{oc min panel}}} = \frac{360 \text{ V}}{38.49 \text{ V}} = 9.35 \cong 10 \text{ MFV/string}$$

$$\# \text{ Max MFV/string en MPPT} = \frac{V_{\text{mp inv max}}}{V_{\text{mp max}}} = \frac{480 \text{ V}}{39.13 \text{ V}} = 12.26 \cong 12 \text{ MFV/string}$$

$$\# \text{ Min MFV/string en MPPT} = \frac{V_{\text{mp inv min}}}{V_{\text{mp min}}} = \frac{300 \text{ V}}{30.13 \text{ V}} = 9.95 \cong 10 \text{ MFV/string}$$

Por lo tanto, la cantidad de módulos fotovoltaicos por STRING estará entre 10 y 12 Módulos.

Seleccionando 12 MFV/String se procede a realizar los cálculos siguientes considerando que el inversor trabaja entre (10,500 W y 12,500 W) DC, se ha elegido una potencia de 12,500 W<sub>DC</sub> por inversor para obtener:

$$\#MFV/INVERSOR = \frac{P_{max \text{ diseño}}}{P_{panel}} = \frac{12,500}{330} \cong 37 \text{ MFV/INVERSOR}$$

$$\#STRING = \frac{\# \frac{MFV}{INVERSOR}}{\# \frac{MFV}{STRING}} = \frac{37}{12} \cong 3 \frac{STRING}{INVERSOR}$$

Se tienen 6 STRINGS disponibles los cuales llegan a 1 MPPT. Pero no es posible usar las 6 entradas, debido a que solo podemos instalar 36 MFV/Inversor y 12 MFV/String, por lo tanto, se lograrían instalar 3 STRING de 12 MFV cada uno, dando como resultado 36 MFV/INV.

Para el número de inversores a instalar se ocupa la siguiente formula:

$$\#INVERSORES = \frac{\# MFV}{\# MFV/INV} = \frac{576}{36} = 16 \text{ INVERSORES}$$

Potencia instalada en SFV (kWp) real:

$$Potencia \text{ del SFV} = 3 \frac{String}{Inversor} * 12 \frac{MFV}{string} * 16 \text{ inversores} * 330 \frac{Wp}{MFV}$$

$$Potencia \text{ de SFV} = 190,080 \text{ Wp Instalados}$$

Potencia del lado AC:

$$Potencia \text{ AC} = Potencia \text{ AC} * Eficiencia * \# \text{ de Inversores}$$

$$Potencia \text{ AC} = 10,000 * 0.98 * 16 = 156,800 \text{ W}_{AC}$$

Por tanto, el diseño queda de 576 MFV, con 16 Inversores manejando 36 MFV por unidad, del cual cada uno llevará 3 Strings de 12 MFV conectados a 208 V de la red, con Potencia DC generada de 190,080 Wp y Potencia AC generada de 156,800 W.

### 1.4.1.2 Cálculo de Protecciones

Para calcular las protecciones que necesitan los arreglos de paneles fotovoltaicos utilizamos la siguiente ecuación.

$$Protección DC = \frac{I_{SC_{Panel}}}{Factor\ de\ Sobrecarga * Corrección\ de\ Producción}$$

Donde:

Factor de sobrecarga: es una constante de dimensionamiento de las protecciones la cual es 0.8.

Corrección de producción: es una constante de protección por sobreproducción de los paneles la cual es 0.8.

Esta ecuación se utilizará tanto para la salida del arreglo o String de paneles fotovoltaicos y a la salida de la caja de conexiones o MPP.

Cálculo de protección para la salida del arreglo o String.

$$Proteccion\ DC = \frac{9.67A}{0.8 * 0.8} = 15.1\ A$$

Cálculo de protección para la entrada MPP.

$$Protección\ DC = \frac{3 * 9.67A}{0.8 * 0.8} = 45.32\ A$$

Pero debido a que el MFV solo permite un fusible en serie de 15 A, el inversor solo permite 30 A por String y 30 A por entrada MPP, las protecciones quedaran de la siguiente manera:

Fusible por String = 15 A.

Fusible por MPP = 30 A.

Para la protección en AC se utilizarán protecciones termomagnéticas con las siguientes características.

$$Proteccion AC = I_{AC} * 125\% = 48.1 * 125\% \cong 60 A$$

Por lo tanto, la protección para cada inversor será de 60 A / 2 P.

Para la protección de salida hacia el tablero principal estará dada por los 14 inversores, la corriente total será de:

$$Protección AC Total = \frac{Potencia Total}{Voltaje} * 125\% = \frac{156,800}{\sqrt{3} * 208} * 125\% = 544.04 A$$

Debido a que se tienen un sistema trifásico en el tablero principal y la corriente es muy alta para poner un solo conductor la corriente se dividirá para poder mandarla de la siguiente manera:

$$Protección AC Main = \frac{Protección AC Total}{Juego de Lineas a Tablero Principal} = \frac{544.04}{3} = 181.35 A$$

Por lo tanto, se llevarán 3 circuitos al tablero principal cuya protección termomagnética para cada uno será de 225 A / 3 P.

Un supresor de transientes, es un dispositivo eléctrico capaz de eliminar transitorios de tensión los cuales tiene normalmente duraciones de nanosegundos. Existen diferentes tipos de supresores dependiendo del nivel de protección que se quiere brindar y a que equipo se desea proteger.

Para los supresores de transientes se tiene que:

Para la parte de la caja de conexiones en DC se utilizará 2 supresores de transitorios Clase A de 60 kA por cada Combiner BOX (Terminal Positivo y Negativo), para el Tablero de Inversores se utilizarán 1 supresores de transitorios Clase B de 100 kA trifásico y para el Tablero General del Edificio de Medicina se instalarán 1 supresor de transitorios Clase C de 200 kA trifásico.

### 1.4.1.3 Diagrama Unifilar

A continuación, se muestra el Diagrama Unifilar del Edificio de Medicina.

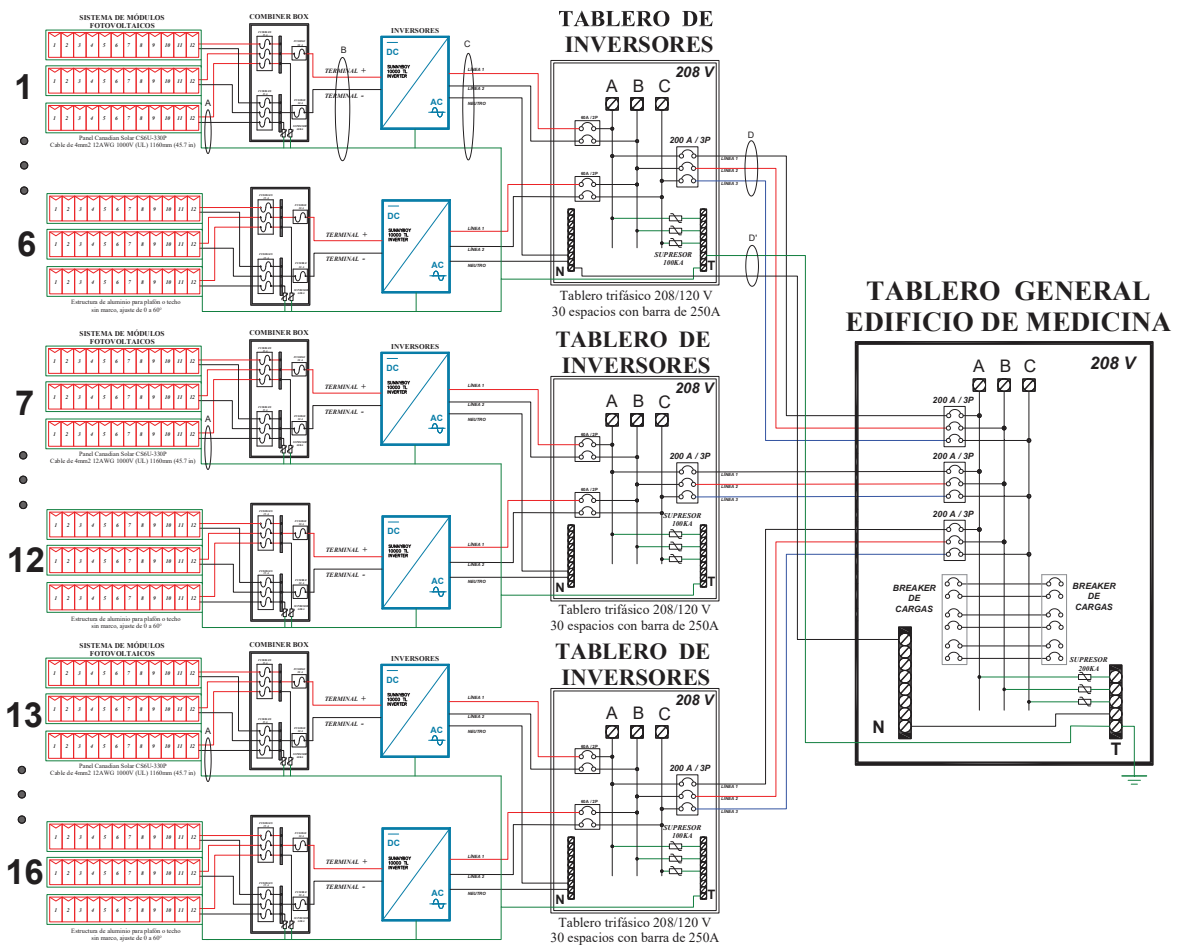


Ilustración 31: Diagrama unifilar para el SFV del edificio de Medicina.

### 1.4.1.4 Cálculo de Conductores

Para la elección de los conductores nos basaremos en las corrientes obtenidas en el cálculo de las protecciones. Para esto se hará uso de la tabla que se muestra en la Tabla 20 la cual se obtuvo del NEC 2008.

Tabla 310.16 Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones nominales de 0 a 2000 volts y 60° C a 90° C (140° F a 194° F). No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o tierra (enterrados directamente), basadas en una temperatura ambiente de 30° C (86° F).

Calibre AWG o kcmil	Temperatura nominal del conductor [Véase la Tabla 310.13(A)]						Calibre AWG o kcmil
	60° C (140° F)	75° C (167° F)	90° C (194° F)	60° C (140° F)	75° C (167° F)	90° C (194° F)	
	TIPOS TW, UF	TIPOS RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE, ZW	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	TIPOS TW, UF	TIPOS RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE	TIPOS TBS, SA, SIS, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			
18	—	—	14	—	—	—	—
16	—	—	18	—	—	—	—
14*	20	20	25	—	—	—	—
12*	25	25	30	20	20	25	12*
10*	30	35	40	25	30	35	10*
8	40	50	55	30	40	45	8
6	55	65	75	40	50	60	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	110	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	150	85	100	115	1
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	190	230	255	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400
500	320	380	430	260	310	350	500

Tabla 20: Tabla 310.16 del NEC 2008 para Ampacidades y cálculo de conductores.:

Por lo tanto:

- Para el área entre los MFV y las Combiner Box se tiene  $I_{\text{máx.}} = 15 \text{ A}$  por String la cual según el NEC corresponde a un conductor AWG #16 pero debido a que los MFV el conductor que proporcionan por defecto es el AWG #12 por lo cual se continuaría con el mismo calibre y para aplicación fotovoltaica o DC. Para el cable de tierra se utilizará un calibre menor por lo cual sería un AWG #14.
- Para el área entre la Combiner Box y el Inversor se tiene una  $I_{\text{máx.}} = 30 \text{ A}$  y según el NEC corresponde a un conductor AWG #12 pero este quedaría muy justo por lo

cual se colocará un conductor AWG #10 para aplicación fotovoltaica o DC. Para el cable de tierra se utilizará un calibre menor por lo cual sería un AWG #12.

- Para el área entre el Inversor al Tablero de Inversores se tiene una  $I_{\text{máx.}} = 60 \text{ A}$  y según el NEC corresponde a un conductor THHN AWG #6 el cual soporta 75 A. Para el cable de tierra se utilizará un calibre menor por lo cual sería un AWG #8.
- Para el área ubicada entre el Tablero de Inversores y el Tablero General se tiene una  $I_{\text{máx.}} = 225 \text{ A}$  y según el NEC corresponde a un conductor THHN AWG #3/0 el cual soporta 225 A. Para el cable de tierra se utilizará un calibre menor por lo cual sería un AWG #2/0.

Por lo cual se presenta la siguiente tabla resumen:

TRAMO DE CONDUCTORES	
A	Conductor fotovoltaico AWG 2 #12 (ROJO, NEGRO) + 1 #14 (VERDE)
B	Conductor fotovoltaico AWG 2 #10 (ROJO, NEGRO) + 1 #12 (VERDE)
C	Conductor THHN 2 #6 (ROJO, NEGRO) + 2 #8 (BLANCO, VERDE)
D	Conductor THHN 3 #3/0 (NEGRO, ROJO, AZUL)
D'	Conductor THHN 2 #2/0 (BLANCO, VERDE)

*Tabla 21: Resumen de los tramos de cableado calculados.*

Las letras corresponden a la ubicación de cada tramo en base al Diagrama Unifilar.

### 1.4.1.5 Presupuesto

Edificio de Medicina							
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	P. U	P. U. M. O.	P. U (\$)	P. T (\$)
<b>1</b>	<b>Instalación de Estructura Metálica para 576 PFV y los PFV</b>	1	SG		\$ 18,000.00	\$ 18,000.00	\$ 18,000.00
	Para Estructura						
1.1	Riel de soporte estándar transparente ProSolar R-168 RoofTrac (4.25 m)	320	U	\$ 55.90		\$ 55.90	\$ 17,888.00
1.2	Tubo Estructural Cuadrado Galvanizado 4" Chapa 14 (6 m)	980	U	\$ 41.25		\$ 41.25	\$ 40,425.00
1.3	Electrodos (Libra)	200	U	\$ 2.25		\$ 2.25	\$ 450.00
1.4	End Clamp	230	U	\$ 8.75		\$ 8.75	\$ 2,012.50
1.5	Conjunto de Abrazadera de Bronce QMQR-CP40.2 B 24 (24 Piezas)	45	U	\$ 234.12		\$ 234.12	\$ 10,535.40
	Paneles Fotovoltaicos						
1.6	Panel Solar Canadian Solar MAX POWER CS6U-330P	576	U	\$ 165.00		\$ 165.00	\$ 95,040.00
<b>2</b>	<b>Instalación eléctrica de MFV con Sistema de Tierra a Combiner Box</b>	1	SG		\$ 8,000.00	\$ 8,000.00	\$ 8,000.00
	Transporte de líneas de alimentación PFV a CBX						
2.1	Tubería EMT de 1" (3 m)	450	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 3,847.50
2.2	Unión para Tubería EMT de 1"	450	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 337.50
2.3	Cuerpo LB de EMT de 1"	50	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 237.50
2.4	Cuerpo LT de EMT de 1"	70	U	\$ 8.25		\$ 8.25	\$ 577.50
2.5	Grapa para Tubería EMT de 1"	2700	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 675.00



	<b>Conductores de MFV a Combiner Box</b>						
2.6	Carrete de conductor fotovoltaico #12 AWG 1000 VDC 2000' BLACK PV WIRE (600 m)	2	U	\$ 913.50		\$ 913.50	\$ 1,827.00
2.7	Carrete de conductor fotovoltaico #12 AWG 1000 VDC 2000' RED PV WIRE (600 m)	2	U	\$ 913.50		\$ 913.50	\$ 1,827.00
2.8	Carrete de Conductor THHN #14 AWG VERDE (1000 m)	1	U	\$ 265.25		\$ 265.25	\$ 265.25
2.9	Conector Adaptador T4 Hembra para conductor #12 AWG	150	U	\$ 7.43		\$ 7.43	\$ 1,114.50
2.10	Conector Adaptador T4 Macho para conductor #12 AWG	150	U	\$ 5.78		\$ 5.78	\$ 867.00
2.11	Terminal de Ojo 16-14 AWG	650	U	\$ 0.20		\$ 0.20	\$ 130.00
	<b>Combiner Box</b>						
2.12	Combiner Box con Riel DIN para 8 portafusibles y 2 supresores de Transientes	16	U	\$ 150.00		\$ 150.00	\$ 2,400.00
2.13	Supresores de transientes de 600 V, 60 KA	32	U	\$ 300.00		\$ 300.00	\$ 9,600.00
2.14	Portafusibles Midnite Solar MNTS 1000 VDC Cilíndrico para Riel DIN y Aplicaciones Fotovoltaicas	128	U	\$ 7.75		\$ 7.75	\$ 992.00
2.15	Fusible 10 x 38 mm de 15 A 1000 VDC	100	U	\$ 6.45		\$ 6.45	\$ 645.00
2.16	Fusible 10 x 38 mm de 30 A 1000 VDC	36	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 307.80
<b>3</b>	<b>Conexión de Combiner Box a Inversores, de Inversores a Tablero de Inversores y la Instalación del Tablero de Inversores</b>	1	SG		\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00
	<b>Transporte de líneas de alimentación de CBX a Inversores</b>						
3.1	Tubería EMT de 1'' (3 m)	400	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 3,420.00

3.2	Unión para Tubería EMT de 1''	400	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 300.00
3.3	Cuerpo LB de EMT de 1''	35	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 166.25
3.4	Cuerpo LL de EMT de 1''	35	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 166.25
3.5	Cuerpo LR de EMT de 1''	35	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 166.25
3.6	Grapa para Tubería EMT de 1''	2400	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 600.00
	<b>Combiner Box a Inversores</b>						
3.7	Carrete de conductor fotovoltaico #10 AWG 1000 VDC 2000' BLACK PV WIRE (600 m)	3	U	\$ 913.50		\$ 913.50	\$ 2,740.50
3.8	Carrete de conductor fotovoltaico #10 AWG 1000 VDC 2000' RED PV WIRE (600 m)	3	U	\$ 913.50		\$ 913.50	\$ 2,740.50
3.9	Carrete de Conductor THHN #12 AWG VERDE (1000 m)	2	U	\$ 315.25		\$ 315.25	\$ 630.50
3.10	Conector Adaptador T4 Hembra para conductor #12 AWG	35	U	\$ 7.43		\$ 7.43	\$ 260.05
3.11	Conector Adaptador T4 Macho para conductor #12 AWG	35	U	\$ 5.78		\$ 5.78	\$ 202.30
	<b>Inversor</b>						
3.12	Inversor SMA SUNNY-BOY 10000TL-US de 10000 W a 208 V	16	U	\$ 2,950.22		\$ 2,950.22	\$ 47,203.52
	<b>Inversores a Tablero de Inversores</b>						
3.13	Tubería EMT de 1'' (3 m)	50	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 427.50
3.14	Conector Recto para Tubería EMT de 1''	25	U	\$ 1.25		\$ 1.25	\$ 31.25
3.15	Grapa para Tubería EMT de 1''	300	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 75.00
3.16	Carrete de conductor THHN #6 AWG NEGRO (1 m)	175	U	\$ 1.95		\$ 1.95	\$ 341.25
3.17	Carrete de conductor THHN #6 AWG ROJO (1 m)	175	U	\$ 1.95		\$ 1.95	\$ 341.25

3.18	Carrete de Conductor THHN #8 AWG VERDE (1 m)	175	U	\$ 1.50		\$ 1.50	\$ 262.50
3.19	Tablero trifásico 208/120 V - 30 espacios con barra de 250 A - Con Main de 225 A/3P	3	U	\$ 500.00		\$ 500.00	\$ 1,500.00
3.20	Circuit Breaker de 60 A / 2P, 208/120 V	16	U	\$ 15.25		\$ 15.25	\$ 244.00
3.21	Supresor en AC, 208/120 voltios, 100 KA Trifásico	3	U	\$ 600.00		\$ 600.00	\$ 1,800.00
<b>4</b>	<b>Conexión de Tablero de Inversores a Tablero General</b>	1	SG		\$ 4,500.00	\$ 4,500.00	\$ 4,500.00
	Transporte de Líneas de Tablero de Inversores a Tablero Principal						
4.1	Tubería EMT de 2'' (3 m)	100	U	\$ 24.50		\$ 24.50	\$ 2,450.00
4.2	Unión para Tubería EMT de 2''	100	U	\$ 1.95		\$ 1.95	\$ 195.00
4.3	Cuerpo LB de EMT de 2''	15	U	\$ 15.50		\$ 15.50	\$ 232.50
4.4	Cuerpo LL de EMT de 2''	15	U	\$ 15.50		\$ 15.50	\$ 232.50
4.5	Cuerpo LR de EMT de 2''	15	U	\$ 15.50		\$ 15.50	\$ 232.50
4.6	Conector Recto para Tubería EMT de 2''	15	U	\$ 2.50		\$ 2.50	\$ 37.50
4.7	Grapa para Tubería EMT de 2''	600	U	\$ 0.35		\$ 0.35	\$ 210.00
	Cableado Tablero de Inversores a Tablero General						
4.8	Carrete de conductor THHN #3/0 AWG NEGRO (1 m)	300	U	\$ 11.50		\$ 11.50	\$ 3,450.00
4.9	Carrete de conductor THHN #3/0 AWG ROJO (1 m)	300	U	\$ 11.50		\$ 11.50	\$ 3,450.00
4.10	Carrete de conductor THHN #3/0 AWG AZUL (1 m)	300	U	\$ 11.50		\$ 11.50	\$ 3,450.00
4.11	Carrete de Conductor THHN #2/0 AWG VERDE (1 m)	300	U	\$ 10.50		\$ 10.50	\$ 3,150.00

4.12	Circuit Breaker de 225 A / 3P, 208/120 V	3	U	\$ 250.00		\$ 250.00	\$ 750.00
4.13	Supresor en AC, 208/120 voltios, 200 KA, con protección 15/3P, 18 KA, conexión a Tablero General, cable de tierra de 1/0	1	U	\$ 1,115.00		\$ 1,115.00	\$ 1,115.00
						<b>TOTAL</b>	<b>\$ 310,075.32</b>

#### 1.4.1.6 Resumen del Diseño Fotovoltaico

El Diseño Fotovoltaico queda de 576 MFV de 330 W los cuales requieren 16 Inversores de 10,000 W manejando 36 MFV por unidad, del cual cada uno llevará 3 Strings de 12 MFV. Todos los inversores serán conectados a 3 Tableros de Inversores los cuales se conectarán con el Tablero General del Edificio de Medicina el cual se encuentra conectado a 208 V de la red. De igual manera se tiene al final una Potencia DC generada de 190,080 Wp y Potencia AC generada de 156,800 W.

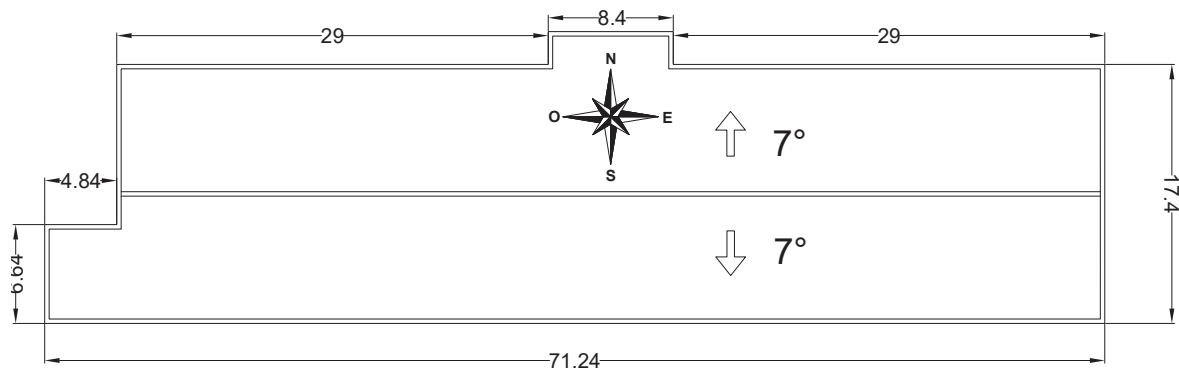
## 1.4.2 Centro Regional de Salud Valencia

El área del edificio es de 1205 m<sup>2</sup> aproximadamente (sin tomar en cuenta los obstáculos de la azotea). Se encontró un poco de maleza cerca del edificio por lo cual se recomienda una poda para que la altura no sobrepase la azotea del mismo, donde se instalarían los módulos fotovoltaicos.



*Ilustración 32: Vista frontal del edificio Regional de Salud Valencia.*

A continuación, se muestra las medidas del Edificio Centro Regional de Salud Valencia dadas en metros. De igual manera se presentan la inclinación del techo en grados y su orientación.



*Ilustración 33: Inclinaciones y medidas del techo.*

Teniendo el área y las dimensiones correspondientes del edificio, se realizó un diseño el cual utilizara 252 MFV cuya distribución se presenta a continuación.

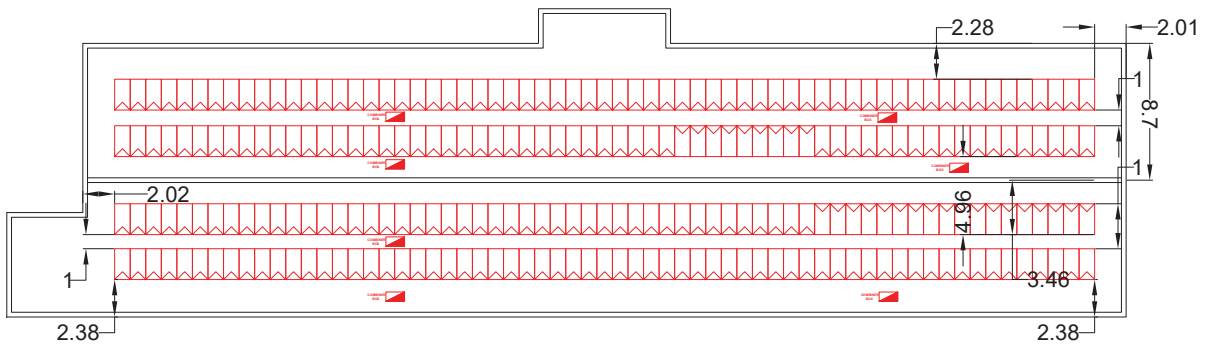


Ilustración 34: Distribución de MFV en el techo.

Para este edificio se utilizará el Módulo de 330 W y el Inversor de 10,000 W.

#### 1.4.2.1 Cálculo de Inversores

Tomando como base los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.1) se recalcularon los datos correspondientes al edificio actual.

Por tanto, el diseño queda de 252 MFV, con 7 Inversores manejando 36 MFV por unidad, del cual cada uno llevará 3 Strings de 12 MFV conectados a 208 V de la red, con Potencia DC generada de 83,160 Wp y Potencia AC generada de 68,600 W.

#### 1.4.2.2 Cálculo de Protecciones

En base a los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.2) se recalcularon los datos correspondientes al edificio actual.

Fusible por String = 15 A.

Fusible por MPP = 30 A.

Protección Termomagnética para cada INV. en AC = 60 A/ 2 P.

Protección Termomagnética para Tablero de Inversores y General en AC = 250 A/ 3 P.

Para la parte de los Supresores de Transientes se tiene que para la caja de conexiones en DC se utilizará 2 supresores de transitorios Clase A de 60 kA por cada Combiner BOX (Terminal Positivo y Negativo), para el Tablero de Inversores se utilizarán 1 supresores de transitorios Clase B de 100 kA trifásico y para el Tablero General del Edificio Centro Regional de Salud Valencia se instalarán 1 supresor de transitorios Clase C de 200 kA trifásico.

### 1.4.2.3 Diagrama Unifilar

A continuación, se muestra el Diagrama Unifilar del Edificio Centro Regional de Salud Valencia.

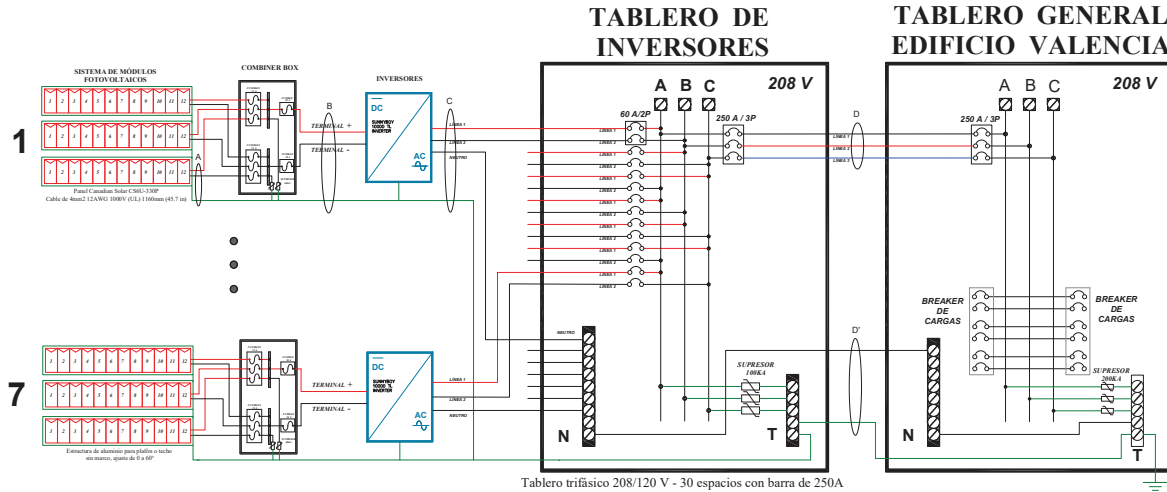


Ilustración 35: Diagrama Unifilar del SFV del Edificio Valencia.

### 1.4.2.4 Cálculo de Conductores

Tomando como base los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.4) se recalcularon los datos correspondientes, los cuales se muestran en la siguiente tabla, las letras corresponden a la ubicación de cada tramo en base al Diagrama Unifilar.

TRAMO DE CONDUCTORES	
A	Conductor fotovoltaico AWG 2 #12 (ROJO, NEGRO) + 1 #14 (VERDE)
B	Conductor fotovoltaico AWG 2 #10 (ROJO, NEGRO) + 1 #12 (VERDE)
C	Conductor THHN 2 #6 (ROJO, NEGRO) + 2 #8 (BLANCO, VERDE)
D	Conductor THHN 3 #4/0 (NEGRO, ROJO, AZUL)
D'	Conductor THHN 2 #3/0 (BLANCO, VERDE)

Tabla 22: Conductores calculados por tramo para el SFV del edificio Valencia.

### 1.4.2.5 Presupuesto

Edificio de Centro de Salud Valencia							
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	P. U	P. U. M. O.	P. U (\$)	P. T (\$)
<b>1</b>	<b>Instalación de Estructura Metálica para 252 PFV y los PFV</b>	1	SG		\$ 5,500.00	\$ 5,500.00	\$ 5,500.00
	Para Estructura						
1.1	Riel para sujeción IronRidge XR-10- 204B 17' (5 m)	105	U	\$ 68.50		\$ 68.50	\$ 7,192.50
1.2	Tubería EMT de 1/2'' (3 m)	170	U	\$ 3.75		\$ 3.75	\$ 637.50
1.3	Tuerca de 3/8''	1,040	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 780.00
1.4	Arandela Plana de 3/8''	1,040	U	\$ 0.15		\$ 0.15	\$ 156.00
1.5	Arandela de presión de 3/8''	1,040	U	\$ 0.20		\$ 0.20	\$ 208.00
1.6	Varilla roscada Zincada de 3/8" (3 m)	175	U	\$ 3.85		\$ 3.85	\$ 673.75
1.7	End Clamp	540	U	\$ 8.75		\$ 8.75	\$ 4,725.00
1.8	Inter Clamp	500	U	\$ 9.75		\$ 9.75	\$ 4,875.00
	Paneles Fotovoltaicos						
1.9	Panel Solar Canadian Solar MAX POWER CS6U-330P	252	U	\$ 165.00		\$ 165.00	\$ 41,580.00
<b>2</b>	<b>Instalación eléctrica de MFV con Sistema de Tierra a Combiner Box</b>	1	SG		\$ 5,500.00	\$ 5,500.00	\$ 5,500.00
	Transporte de líneas de alimentación PFV a CBX						
2.1	Tubería EMT de 1'' (3 m)	90	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 769.50
2.2	Unión para Tubería EMT de 1''	90	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 67.50
2.3	Cuerpo LB de EMT de 1''	20	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 95.00



2.4	Cuerpo LT de EMT de 1''	20	U	\$ 8.25		\$ 8.25	\$ 165.00
2.5	Grapa para Tubería EMT de 1''	540	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 135.00
	<b>Conductores de MFV a Combiner Box</b>						
2.6	Carrete de conductor fotovoltaico #12 AWG 1000 VDC 1000' BLACK PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
2.7	Carrete de conductor fotovoltaico #12 AWG 1000 VDC 1000' RED PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
2.8	Carrete de Conductor THHN #14 AWG VERDE (500 m)	1	U	\$ 133.63		\$ 133.63	\$ 133.63
2.9	Conector Adaptador T4 Hembra para conductor #12 AWG	50	U	\$ 7.43		\$ 7.43	\$ 371.50
2.10	Conector Adaptador T4 Macho para conductor #12 AWG	50	U	\$ 5.78		\$ 5.78	\$ 289.00
2.11	Terminal de Ojo 16-14 AWG	270	U	\$ 0.20		\$ 0.20	\$ 54.00
	<b>Combiner Box</b>						
2.12	Combiner Box con Riel DIN para 8 portafusibles y 2 supresores de Transientes	7	U	\$ 150.00		\$ 150.00	\$ 1,050.00
2.13	Supresores de transientes de 600 V, 60 KA	14	U	\$ 300.00		\$ 300.00	\$ 4,200.00
2.14	Portafusibles Midnite Solar MNTS 1000 VDC Cilíndrico para Riel DIN y Aplicaciones Fotovoltaicas	60	U	\$ 7.75		\$ 7.75	\$ 465.00
2.15	Fusible 10 x 38 mm de 15 A 1000 VDC	46	U	\$ 6.45		\$ 6.45	\$ 296.70
2.16	Fusible 10 x 38 mm de 30 A 1000 VDC	18	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 153.90
<b>3</b>	<b>Conexión de Combiner Box a Inversores, de Inversores a Tablero de Inversores y la Instalación del Tablero de Inversores</b>	1	SG		\$ 4,000.00	\$ 4,000.00	\$ 4,000.00
	Transporte de líneas de alimentación de CBX a Inversores						

3.1	Tubería EMT de 1'' (3 m)	200	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 1,710.00
3.2	Unión para Tubería EMT de 1''	200	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 150.00
3.3	Cuerpo LB de EMT de 1''	25	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 118.75
3.4	Cuerpo LL de EMT de 1''	25	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 118.75
3.5	Cuerpo LR de EMT de 1''	25	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 118.75
3.6	Grapa para Tubería EMT de 1''	1200	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 300.00
	<b>Combiner Box a Inversores</b>						
3.7	Carrete de conductor fotovoltaico #10 AWG 1000 VDC 2000' BLACK PV WIRE (600 m)	1	U	\$ 913.50		\$ 913.50	\$ 913.50
3.8	Carrete de conductor fotovoltaico #10 AWG 1000 VDC 2000' RED PV WIRE (600 m)	1	U	\$ 913.50		\$ 913.50	\$ 913.50
3.9	Carrete de Conductor THHN #12 AWG VERDE (1000 m)	1	U	\$ 315.25		\$ 315.25	\$ 315.25
3.10	Conector Adaptador T4 Hembra para conductor #12 AWG	30	U	\$ 7.43		\$ 7.43	\$ 222.90
3.11	Conector Adaptador T4 Macho para conductor #12 AWG	30	U	\$ 5.78		\$ 5.78	\$ 173.40
	<b>Inversor</b>						
3.12	Inversor SMA SUNNY-BOY 10000TL-US de 10000 W a 208 V	7	U	\$ 2,950.22		\$ 2,950.22	\$ 20,651.54
	<b>Inversores a Tablero de Inversores</b>						
3.13	Tubería EMT de 1'' (3 m)	50	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 427.50
3.14	Conector Recto para Tubería EMT de 1''	30	U	\$ 1.25		\$ 1.25	\$ 37.50
3.15	Grapa para Tubería EMT de 1''	300	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 75.00
3.16	Carrete de conductor THHN #6 AWG NEGRO (1 m)	150	U	\$ 1.95		\$ 1.95	\$ 292.50

3.17	Carrete de conductor THHN #6 AWG ROJO (1 m)	150	U	\$ 1.95		\$ 1.95	\$ 292.50
3.18	Carrete de Conductor THHN #8 AWG VERDE (1 m)	150	U	\$ 1.50		\$ 1.50	\$ 225.00
3.19	Tablero trifásico 208/120 V - 30 espacios con barra de 250 A - Main de 250 A	1	U	\$ 500.00		\$ 500.00	\$ 500.00
3.20	Circuit Breaker de 60 A / 2P, 208/120 V	7	U	\$ 15.25		\$ 15.25	\$ 106.75
3.21	Supresor en AC, 208/120 voltios, 100 KA Trifásico	1	U	\$ 600.00		\$ 600.00	\$ 600.00
4	<b>Conexión de Tablero de Inversores a Tablero General</b>	1	SG		\$ 3,500.00	\$ 3,500.00	\$ 3,500.00
	Transporte de Líneas de Tablero de Inversores a Tablero Principal						
4.1	Tubería EMT de 2'' (3 m)	30	U	\$ 24.50		\$ 24.50	\$ 735.00
4.2	Unión para Tubería EMT de 2''	30	U	\$ 1.95		\$ 1.95	\$ 58.50
4.3	Cuerpo LB de EMT de 2''	10	U	\$ 15.50		\$ 15.50	\$ 155.00
4.4	Cuerpo LL de EMT de 2''	10	U	\$ 15.50		\$ 15.50	\$ 155.00
4.5	Cuerpo LR de EMT de 2''	10	U	\$ 15.50		\$ 15.50	\$ 155.00
4.6	Conector Recto para Tubería EMT de 2''	8	U	\$ 2.50		\$ 2.50	\$ 20.00
4.7	Grapa para Tubería EMT de 2''	180	U	\$ 0.35		\$ 0.35	\$ 63.00
	Cableado Tablero de Inversores a Tablero General						
4.8	Carrete de conductor THHN #4/0 AWG NEGRO (1 m)	90	U	\$ 14.25		\$ 14.25	\$ 1,282.50
4.9	Carrete de conductor THHN #4/0 AWG ROJO (1 m)	90	U	\$ 14.25		\$ 14.25	\$ 1,282.50
4.10	Carrete de conductor THHN #4/0 AWG AZUL (1 m)	90	U	\$ 14.25		\$ 14.25	\$ 1,282.50

4.11	Carrete de Conductor THHN #3/0 AWG VERDE (1 m)	90	U	\$ 12.50		\$ 12.50	\$ 1,125.00
4.12	Circuit Breaker de 250 A / 3P, 208/120 V	1	U	\$ 250.00		\$ 250.00	\$ 250.00
4.13	Supresor en AC, 208/120 voltios, 200 KA, con protección 15/3P, 18 KA, conexión a Tablero General, cable de tierra de 1/0	1	U	\$ 1,115.00		\$ 1,115.00	\$ 1,115.00
						<b>TOTAL</b>	<b>\$ 124,633.83</b>

#### 1.4.2.6 Resumen del Diseño Fotovoltaico

El Diseño Fotovoltaico queda de 252 MFV de 330 W los cuales requieren 7 Inversores de 10,000 W manejando 36 MFV por unidad, del cual cada uno llevará 3 Strings de 12 MFV. Todos los inversores serán conectados a un Tablero de Inversores el cual se conectarán con el Tablero General del Edificio de Centro de Salud Valencia el cual se encuentra conectado a 208 V de la red. De igual manera se tiene al final una Potencia DC generada de 83,160 Wp y Potencia AC generada de 68,600 W.

### 1.4.3 Edificio de Oficinas Centrales UES

El área del edificio es de 806 m<sup>2</sup> aproximadamente (sin tomar en cuenta los obstáculos de la azotea). El edificio se encuentra rodeado de árboles, que deberán de ser podados para no interferir con la irradiancia que recibiría el sistema instalado.



Ilustración 36: Vista lateral edificio de Oficinas Centrales.

A continuación, se muestra las medidas del Edificio de Oficinas Centrales dadas en metros. De igual manera se presentan la inclinación del techo en grados y su orientación.

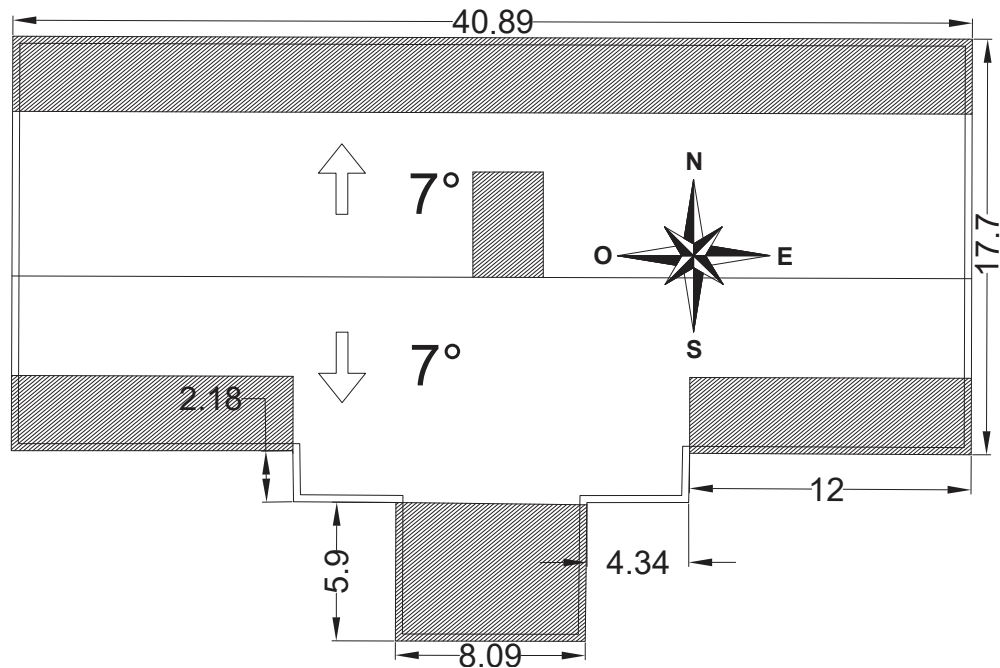
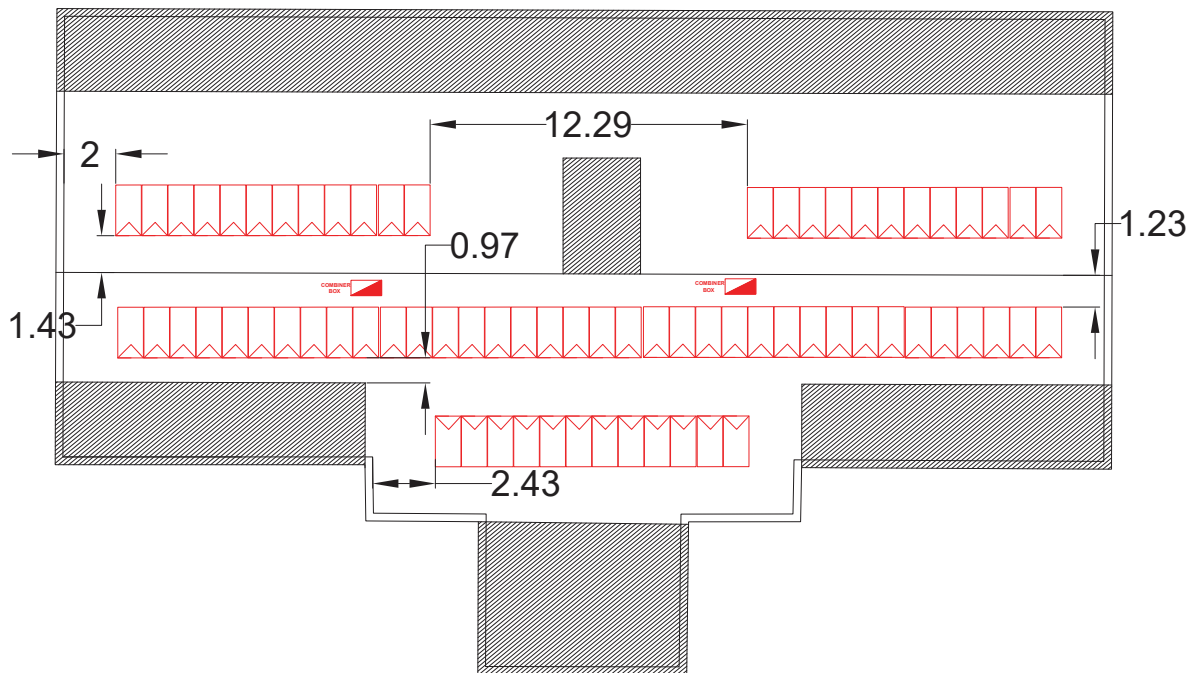


Ilustración 37: Medidas e inclinaciones del edificio.

Teniendo el área y las dimensiones correspondientes del edificio, se realizó un diseño el cual utilizara 72 MFV cuya distribución se presenta a continuación.



*Ilustración 38: Distribución de MFV en el edificio.*

Para este edificio se utilizará el Módulo de 330 W y el Inversor de 10,000 W.

### 1.4.3.1 Cálculo de Inversores

Tomando como base los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.1) se recalcularon los datos correspondientes al edificio actual.

Por tanto, el diseño queda de 72 MFV, con 2 Inversores manejando 36 MFV por unidad, del cual cada uno llevará 3 Strings de 12 MFV conectados a 208 V de la red, con Potencia DC generada de 23,760 Wp y Potencia AC generada de 19,600 W.

### 1.4.3.2 Cálculo de Protecciones

En base a los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.2) se recalcularon los datos correspondientes al edificio actual.

Fusible por String = 15 A.

Fusible por MPP = 30 A.

Protección Termomagnética para INV. en AC = 60 A/ 2 P.

Debido a que se tienen solo 2 Inversores en este Edificio se consideró llevar las líneas directo al tablero general del edificio.

Para la parte de los Supresores de Transientes se tiene que para la caja de conexiones en DC se utilizará 2 supresores de transitorios Clase A de 60 kA por cada Combiner BOX (Terminal Positivo y Negativo) y para el Tablero General del Edificio de Oficinas Centrales se instalarán 1 supresor de transitorios Clase C de 200 kA trifásico.

### 1.4.3.3 Diagrama Unifilar

A continuación, se muestra el Diagrama Unifilar del Edificio de Oficinas Centrales.

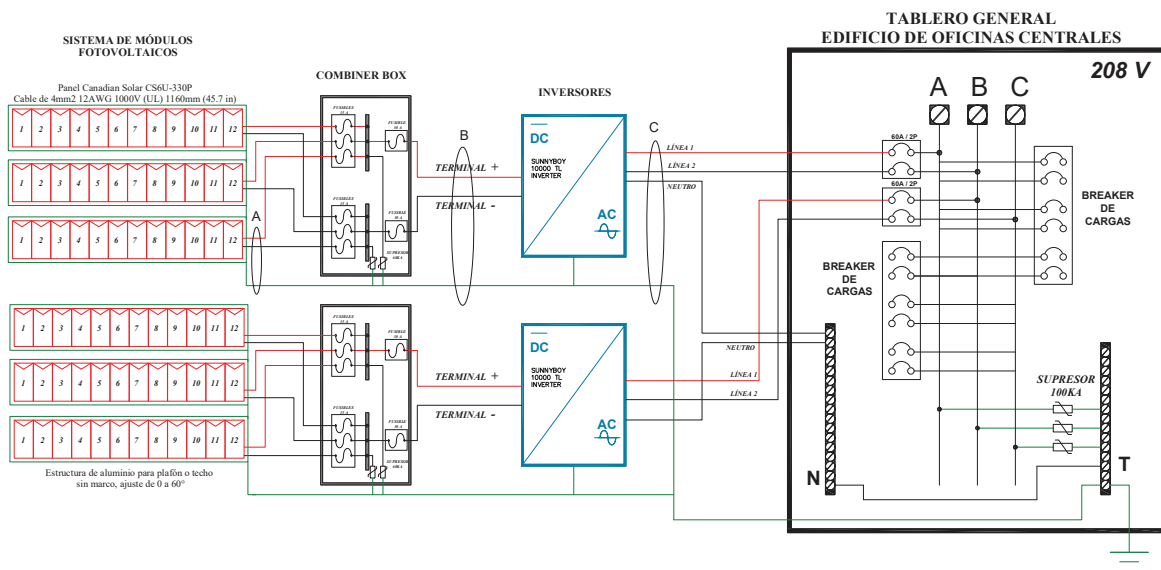


Ilustración 39: Diagrama unifilar del SFV a instalar.

### 1.4.3.4 Cálculo de Conductores

Tomando como base los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.4) se recalcularon los datos correspondientes, los cuales se muestran en la siguiente tabla, las letras corresponden a la ubicación de cada tramo en base al Diagrama Unifilar.

TRAMO DE CONDUCTORES	
A	Conductor fotovoltaico AWG 2 #12 (ROJO, NEGRO) + 1 #14 (VERDE)
B	Conductor fotovoltaico AWG 2 #10 (ROJO, NEGRO) + 1 #12 (VERDE)
C	Conductor THHN 2 #6 (ROJO, NEGRO) + 2 #8 (BLANCO, VERDE)

Tabla 23: Conductores calculados por tramo.

### 1.4.3.5 Presupuesto

Edificio de Oficinas Centrales							
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	P. U	P. U. M. O.	P. U (\$)	P. T (\$)
<b>1</b>	<b>Instalación de Estructura Metálica para 72 PFV y los PFV</b>	1	SG		\$ 2,200.00	\$ 2,200.00	\$ 2,200.00
	Para Estructura						
1.1	Riel para sujeción IronRidge XR-10- 204B 17' (5 m)	60	U	\$ 68.50		\$ 68.50	\$ 4,110.00
1.2	Tubería EMT de 1/2'' (3 m)	55	U	\$ 3.75		\$ 3.75	\$ 206.25
1.3	Tuerca de 3/8''	350	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 262.50
1.4	Arandela Plana de 3/8''	350	U	\$ 0.15		\$ 0.15	\$ 52.50
1.5	Arandela de presión de 3/8''	350	U	\$ 0.20		\$ 0.20	\$ 70.00
1.6	Varilla roscada Zincada de 3/8" (3 m)	55	U	\$ 3.85		\$ 3.85	\$ 211.75
1.7	End Clamp	160	U	\$ 8.75		\$ 8.75	\$ 1,400.00
1.8	Inter Clamp	150	U	\$ 9.75		\$ 9.75	\$ 1,462.50
	Paneles Fotovoltaicos						
1.9	Panel Solar Canadian Solar MAX POWER CS6U-330P	72	U	\$ 165.00		\$ 165.00	\$ 11,880.00
<b>2</b>	<b>Instalación eléctrica de MFV con Sistema de Tierra a Combiner Box</b>	1	SG		\$ 2,200.00	\$ 2,200.00	\$ 2,200.00
	Transporte de líneas de alimentación PFV a CBX						
2.1	Tubería EMT de 1'' (3 m)	30	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 256.50
2.2	Unión para Tubería EMT de 1''	30	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 22.50
2.3	Cuerpo LB de EMT de 1''	6	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 28.50
2.4	Cuerpo LT de EMT de 1''	6	U	\$ 8.25		\$ 8.25	\$ 49.50



2.5	Grapa para Tubería EMT de 1''	180	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 45.00
	<b>Conductores de MFV a Combiner Box</b>						
2.6	Carrete de conductor fotovoltaico #12 AWG 1000 VDC 1000' BLACK PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
2.7	Carrete de conductor fotovoltaico #12 AWG 1000 VDC 1000' RED PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
2.8	Carrete de Conductor THHN #14 AWG VERDE (500 m)	1	U	\$ 133.63		\$ 133.63	\$ 133.63
2.9	Conector Adaptador T4 Hembra para conductor #12 AWG	20	U	\$ 7.43		\$ 7.43	\$ 148.60
2.10	Conector Adaptador T4 Macho para conductor #12 AWG	20	U	\$ 5.78		\$ 5.78	\$ 115.60
2.11	Terminal de Ojo 16-14 AWG	100	U	\$ 0.20		\$ 0.20	\$ 20.00
	<b>Combiner Box</b>						
2.12	Combiner Box con Riel DIN para 8 portafusibles y 2 supresores de Transientes	2	U	\$ 150.00		\$ 150.00	\$ 300.00
2.13	Supresores de transientes de 600 V, 60 KA	4	U	\$ 300.00		\$ 300.00	\$ 1,200.00
2.14	Portafusibles Midnite Solar MNTS 1000 VDC Cilíndrico para Riel DIN y Aplicaciones Fotovoltaicas	20	U	\$ 7.75		\$ 7.75	\$ 155.00
2.15	Fusible 10 x 38 mm de 15 A 1000 VDC	16	U	\$ 6.45		\$ 6.45	\$ 103.20
2.16	Fusible 10 x 38 mm de 30 A 1000 VDC	8	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 68.40
<b>3</b>	<b>Conexión de Combiner Box a Inversores</b>	1	SG		\$ 2,000.00	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00
	<b>Transporte de líneas de alimentación de CBX a Inversores</b>						
3.1	Tubería EMT de 1'' (3 m)	45	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 384.75
3.2	Unión para Tubería EMT de 1''	45	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 33.75

3.3	Cuerpo LB de EMT de 1''	10	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 47.50
3.4	Cuerpo LL de EMT de 1''	10	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 47.50
3.5	Cuerpo LR de EMT de 1''	10	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 47.50
3.6	Grapa para Tubería EMT de 1''	270	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 67.50
	<b>Combiner Box a Inversores</b>						
3.7	Carrete de conductor fotovoltaico #10 AWG 1000 VDC 1000' BLACK PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
3.8	Carrete de conductor fotovoltaico #10 AWG 1000 VDC 1000' RED PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
3.9	Carrete de Conductor THHN #12 AWG VERDE (500 m)	1	U	\$ 133.63		\$ 133.63	\$ 133.63
3.10	Conector Adaptador T4 Hembra para conductor #12 AWG	10	U	\$ 7.43		\$ 7.43	\$ 74.30
3.11	Conector Adaptador T4 Macho para conductor #12 AWG	10	U	\$ 5.78		\$ 5.78	\$ 57.80
	<b>Inversor</b>						
3.12	Inversor SMA SUNNY-BOY 10000TL-US de 10000 W a 208 V	2	U	\$ 2,950.22		\$ 2,950.22	\$ 5,900.44
<b>4</b>	<b>Conexión de Inversores a Tablero General</b>	1	SG		\$ 2,000.00	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00
	<b>Transporte de Inversores a Tablero Principal</b>						
4.1	Tubería EMT de 1 1/2'' (3 m)	4	U	\$ 15.65		\$ 15.65	\$ 62.60
4.2	Unión para Tubería EMT de 1 1/2''	4	U	\$ 1.50		\$ 1.50	\$ 6.00
4.3	Cuerpo LB de EMT de 1 1/2''	4	U	\$ 10.25		\$ 10.25	\$ 41.00
4.4	Cuerpo LL de EMT de 1 1/2''	4	U	\$ 10.25		\$ 10.25	\$ 41.00
4.5	Cuerpo LR de EMT de 1 1/2''	4	U	\$ 10.25		\$ 10.25	\$ 41.00
4.6	Conector Recto para Tubería EMT de 1 1/2''	8	U	\$ 2.75		\$ 2.75	\$ 22.00

4.7	Grapa para Tubería EMT de 1 1/2''	25	U	\$ 0.50		\$ 0.50	\$ 12.50
	<b>Cableado de Inversores a Tablero General</b>						
4.8	Carrete de conductor THHN #2 AWG NEGRO (1 m)	15	U	\$ 5.25		\$ 5.25	\$ 78.75
4.9	Carrete de conductor THHN #2 AWG ROJO (1 m)	15	U	\$ 5.25		\$ 5.25	\$ 78.75
4.11	Carrete de Conductor THHN #4 AWG VERDE (1 m)	15	U	\$ 3.75		\$ 3.75	\$ 56.25
4.12	Circuit Breaker de 60 A / 2 P, 208/120 V	2	U	\$ 15.25		\$ 15.25	\$ 30.50
4.13	Supresor en AC, 208/120 voltios, 200 KA, con protección 15/3P, 18 KA, conexión a Tablero General, cable de tierra de 1/0	1	U	\$ 1,115.00		\$ 1,115.00	\$ 1,115.00
						<b>TOTAL</b>	<b>\$ 41,318.47</b>

#### 1.4.3.6 Resumen del Diseño Fotovoltaico

El Diseño Fotovoltaico queda de 72 MFV de 330 W los cuales requieren 2 Inversores de 10,000 W manejando 36 MFV por unidad, del cual cada uno llevará 3 Strings de 12 MFV. Todos los inversores serán conectados al Tablero General del Edificio de Oficinas Centrales el cual se encuentra conectado a 208 V de la red. De igual manera se tiene al final una Potencia DC generada de 23,760 Wp y Potencia AC generada de 19,600 W.

### 1.4.4 Edificio de Psicología y Educación

El área del edificio es de 923 m<sup>2</sup> aproximadamente (sin tomar en cuenta los obstáculos de la azotea). Cuenta con árboles cercanos que de interferir solo se realizaría poda para minimizar la sombra que estos podrían proyectar hacia paneles fotovoltaicos instalados en el techo del edificio.



Ilustración 40: Edificio de Psicología y Educación.

A continuación, se muestra las medidas del Edificio de Psicología y Educación dadas en metros. De igual manera se presentan la inclinación del techo en grados y su orientación.

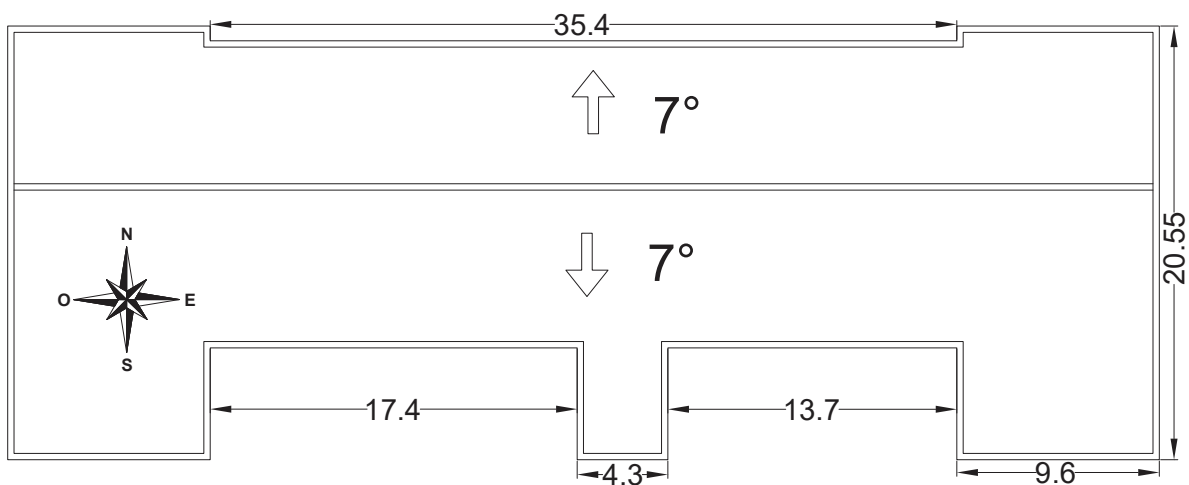
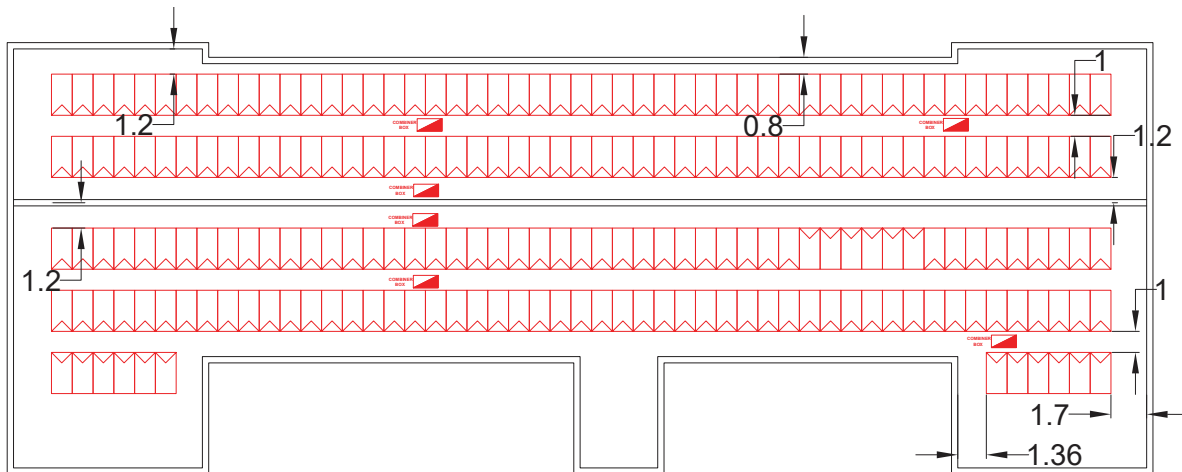


Ilustración 41: Medidas del Edificio.

Teniendo el área y las dimensiones correspondientes del edificio, se realizó un diseño el cual utilizara 216 MFV cuya distribución se presenta a continuación.



*Ilustración 42: Distribución de los MFV.*

Para este edificio se utilizará el Módulo de 330 W y el Inversor de 10,000 W.

#### **1.4.4.1 Cálculo de Inversores**

Tomando como base los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.1) se recalcularon los datos correspondientes al edificio actual.

Por tanto, el diseño queda de 216 MFV, con 6 Inversores manejando 36 MFV por unidad, del cual cada uno llevará 3 Strings de 12 MFV conectados a 208 V de la red, con Potencia DC generada de 71,280 Wp y Potencia AC generada de 58,800 W.

#### **1.4.4.2 Cálculo de Protecciones**

En base a los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.2) se recalcularon los datos correspondientes al edificio actual.

Fusible por String = 15 A.

Fusible por MPP = 30 A.

Protección Termomagnética para INV. en AC = 60 A/ 2 P.

Protección Termomagnética para Tablero de Inversores y General en AC = 225 A/ 3 P.

Para la parte de los Supresores de Transientes se tiene que para la caja de conexiones en DC se utilizará 2 supresores de transitorios Clase A de 60 kA por cada Combiner BOX (Terminal Positivo y Negativo), para el Tablero de Inversores se utilizarán 1 supresores de transitorios Clase B de 100 kA trifásico y para el Tablero General del Edificio de Psicología y Educación se instalarán 1 supresor de transitorios Clase C de 200 kA trifásico.

### 1.4.4.3 Diagrama Unifilar

A continuación, se muestra el Diagrama Unifilar del Edificio de Psicología y Educación.

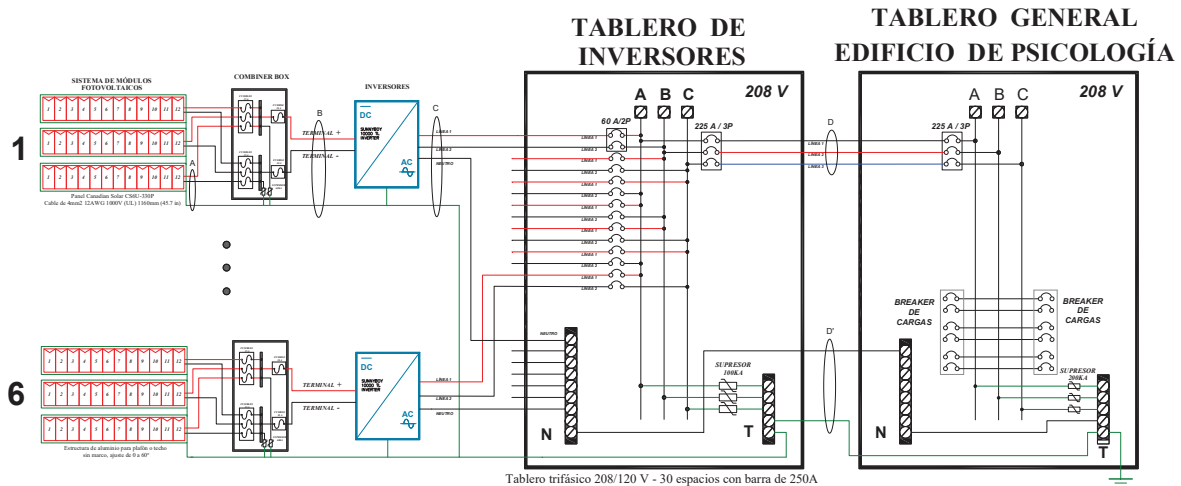


Ilustración 43: Diagrama unifilar del SFV.

### 1.4.4.4 Cálculo de Conductores

Tomando como base los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.4) se recalcularon los datos correspondientes, los cuales se muestran en la siguiente tabla, las letras corresponden a la ubicación de cada tramo en base al Diagrama Unifilar.

TRAMO DE CONDUCTORES	
A	Conductor fotovoltaico AWG 2 #12 (ROJO, NEGRO) + 1 #14 (VERDE)
B	Conductor fotovoltaico AWG 2 #10 (ROJO, NEGRO) + 1 #12 (VERDE)
C	Conductor THHN 2 #6 (ROJO, NEGRO) + 2 #8 (BLANCO, VERDE)
D	Conductor THHN 3 #3/0 (NEGRO, ROJO, AZUL)
D'	Conductor THHN 2 #2/0 (BLANCO, VERDE)

Tabla 24: Conductores calculados para cada tramo.

#### 1.4.4.5 Presupuesto

Edificio de Psicología y Educación							
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	P. U	P. U. M. O.	P. U (\$)	P. T (\$)
<b>1</b>	<b>Instalación de Estructura Metálica para 216 PFV y los PFV</b>	1	SG		\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00
	Para Estructura						
1.1	Riel para sujeción IronRidge XR-10- 204B 17' (5 m)	90	U	\$ 68.50		\$ 68.50	\$ 6,165.00
1.2	Tubería EMT de 1/2'' (3 m)	144	U	\$ 3.75		\$ 3.75	\$ 540.00
1.3	Varilla roscada Zincada de 3/8" (3 m)	144	U	\$ 3.85		\$ 3.85	\$ 554.40
1.4	Tuerca de 3/8''	900	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 675.00
1.5	Arandela Plana de 3/8''	900	U	\$ 0.15		\$ 0.15	\$ 135.00
1.6	Arandela de presión de 3/8''	900	U	\$ 0.20		\$ 0.20	\$ 180.00
1.7	End Clamp	440	U	\$ 8.75		\$ 8.75	\$ 3,850.00
1.8	Inter Clamp	435	U	\$ 9.75		\$ 9.75	\$ 4,241.25
	Paneles Fotovoltaicos						
1.9	Panel Solar Canadian Solar MAX POWER CS6U-330P	216	U	\$ 165.00		\$ 165.00	\$ 35,640.00
<b>2</b>	<b>Instalación eléctrica de MFV con Sistema de Tierra a Combiner Box</b>	1	SG		\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00
	Canalización de líneas de alimentación PFV a CBX						
2.1	Tubería EMT de 1'' (3 m)	85	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 726.75
2.2	Unión para Tubería EMT de 1''	85	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 63.75
2.3	Cuerpo LB de EMT de 1''	15	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 71.25
2.4	Cuerpo LT de EMT de 1''	15	U	\$ 8.25		\$ 8.25	\$ 123.75

2.5	Grapa para Tubería EMT de 1''	510	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 127.50
	<b>Conductores de MFV a Combiner Box</b>						
2.6	Carrete de conductor fotovoltaico #12 AWG 1000 VDC 1000' BLACK PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
2.7	Carrete de conductor fotovoltaico #12 AWG 1000 VDC 1000' RED PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
2.8	Carrete de Conductor THHN #14 AWG VERDE (500 m)	1	U	\$ 133.63		\$ 133.63	\$ 133.63
2.9	Conector Adaptador T4 Hembra para conductor #12 AWG	45	U	\$ 7.43		\$ 7.43	\$ 334.35
2.10	Conector Adaptador T4 Macho para conductor #12 AWG	45	U	\$ 5.78		\$ 5.78	\$ 260.10
2.11	Terminal de Ojo 16-14 AWG	220	U	\$ 0.20		\$ 0.20	\$ 44.00
	<b>Combiner Box</b>						
2.12	Combiner Box con Riel DIN para 8 portafusibles y 2 supresores de Transientes	6	U	\$ 150.00		\$ 150.00	\$ 900.00
2.13	Supresores de transientes de 600 V, 60 KA	12	U	\$ 300.00		\$ 300.00	\$ 3,600.00
2.14	Portafusibles Midnite Solar MNTS 1000 VDC Cilíndrico para Riel DIN y Aplicaciones Fotovoltaicas	52	U	\$ 7.75		\$ 7.75	\$ 403.00
2.15	Fusible 10 x 38 mm de 15 A 1000 VDC	40	U	\$ 6.45		\$ 6.45	\$ 258.00
2.16	Fusible 10 x 38 mm de 30 A 1000 VDC	16	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 136.80
<b>3</b>	<b>Conexión de Combiner Box a Inversores, de Inversores a Tablero de Inversores y la Instalación del Tablero de Inversores</b>	1	SG		\$ 3,500.00	\$ 3,500.00	\$ 3,500.00
	<b>Transporte de líneas de alimentación de CBX a Inversores</b>						
3.1	Tubería EMT de 1'' (3 m)	120	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 1,026.00



3.2	Unión para Tubería EMT de 1''	120	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 90.00
3.3	Cuerpo LB de EMT de 1''	22	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 104.50
3.4	Cuerpo LL de EMT de 1''	22	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 104.50
3.5	Cuerpo LR de EMT de 1''	22	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 104.50
3.6	Grapa para Tubería EMT de 1''	720	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 180.00
	<b>Combiner Box a Inversores</b>						
3.7	Carrete de conductor fotovoltaico #10 AWG 1000 VDC 2000' BLACK PV WIRE (600 m)	1	U	\$ 913.50		\$ 913.50	\$ 913.50
3.8	Carrete de conductor fotovoltaico #10 AWG 1000 VDC 2000' RED PV WIRE (600 m)	1	U	\$ 913.50		\$ 913.50	\$ 913.50
3.9	Carrete de Conductor THHN #12 AWG VERDE (1000 m)	1	U	\$ 315.25		\$ 315.25	\$ 315.25
3.10	Conector Adaptador T4 Hembra para conductor #12 AWG	24	U	\$ 7.43		\$ 7.43	\$ 178.32
3.11	Conector Adaptador T4 Macho para conductor #12 AWG	24	U	\$ 5.78		\$ 5.78	\$ 138.72
	<b>Inversor</b>						
3.12	Inversor SMA SUNNY-BOY 10000TL-US de 10000 W a 208 V	6	U	\$ 2,950.22		\$ 2,950.22	\$ 17,701.32
	<b>Inversores a Tablero de Inversores</b>						
3.13	Tubería EMT de 1'' (3 m)	30	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 256.50
3.14	Conector Recto para Tubería EMT de 1''	15	U	\$ 1.25		\$ 1.25	\$ 18.75
3.15	Grapa para Tubería EMT de 1''	180	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 45.00
3.16	Carrete de conductor THHN #6 AWG NEGRO (1 m)	90	U	\$ 1.95		\$ 1.95	\$ 175.50
3.17	Carrete de conductor THHN #6 AWG ROJO (1 m)	90	U	\$ 1.95		\$ 1.95	\$ 175.50

3.18	Carrete de Conductor THHN #8 AWG VERDE (1 m)	90	U	\$ 1.50		\$ 1.50	\$ 135.00
3.19	Tablero trifásico 208/120 V - 30 espacios con barra de 250 A - Main 225 A	1	U	\$ 500.00		\$ 500.00	\$ 500.00
3.20	Circuit Breaker de 60 A / 2P, 208/120 V	6	U	\$ 15.25		\$ 15.25	\$ 91.50
3.21	Supresor en AC, 208/120 voltios, 100 KA Trifásico	1	U	\$ 600.00		\$ 600.00	\$ 600.00
<b>4</b>	<b>Conexión de Tablero de Inversores a Tablero General</b>	1	SG		\$ 3,000.00	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00
	Transporte de Líneas de Tablero de Inversores a Tablero Principal						
4.1	Tubería EMT de 2'' (3 m)	20	U	\$ 24.50		\$ 24.50	\$ 490.00
4.2	Unión para Tubería EMT de 2''	20	U	\$ 1.95		\$ 1.95	\$ 39.00
4.3	Cuerpo LB de EMT de 2''	5	U	\$ 15.50		\$ 15.50	\$ 77.50
4.4	Cuerpo LL de EMT de 2''	5	U	\$ 15.50		\$ 15.50	\$ 77.50
4.5	Cuerpo LR de EMT de 2''	5	U	\$ 15.50		\$ 15.50	\$ 77.50
4.6	Conector Recto para Tubería EMT de 2''	8	U	\$ 2.50		\$ 2.50	\$ 20.00
4.7	Grapa para Tubería EMT de 2''	120	U	\$ 0.35		\$ 0.35	\$ 42.00
	Cableado Tablero de Inversores a Tablero General						
4.8	Carrete de conductor THHN #3/0 AWG NEGRO (1 m)	60	U	\$ 11.50		\$ 11.50	\$ 690.00
4.9	Carrete de conductor THHN #3/0 AWG ROJO (1 m)	60	U	\$ 11.50		\$ 11.50	\$ 690.00
4.10	Carrete de conductor THHN #3/0 AWG AZUL (1 m)	60	U	\$ 11.50		\$ 11.50	\$ 690.00
4.11	Carrete de Conductor THHN #2/0 AWG VERDE (1 m)	60	U	\$ 10.50		\$ 10.50	\$ 630.00

4.12	Circuit Breaker de 225 A / 3P, 208/120 V	1	U	\$ 250.00		\$ 250.00	\$ 250.00
4.13	Supresor en AC, 208/120 voltios, 200 KA, con protección 15/3P, 18 KA, conexión a Tablero General, cable de tierra de 1/0	1	U	\$ 1,115.00		\$ 1,115.00	\$ 1,115.00
						<b>TOTAL</b>	<b>\$ 105,438.15</b>

#### 1.4.4.6 Resumen del Diseño Fotovoltaico

El Diseño Fotovoltaico queda de 216 MFV de 330 W los cuales requieren 6 Inversores de 10,000 W manejando 36 MFV por unidad, del cual cada uno llevará 3 Strings de 12 MFV. Todos los inversores serán conectados a un Tableros de Inversores el cual se conectarán con el Tablero General del Edificio de Psicología y Educación el cual se encuentra conectado a 208 V de la red. De igual manera se tiene al final una Potencia DC generada de 71,280 Wp y Potencia AC generada de 58,800 W.

### 1.4.5 Edificio de Rectoría

El edificio cuenta con dos áreas que en conjunto hacen 863 m<sup>2</sup>, pero solo un área es la óptima para la instalación del Sistema Fotovoltaico (SFV) aproximadamente (sin tomar en cuenta los obstáculos de la azotea).



Ilustración 44: Edificio de Rectoría.

A continuación, se muestra las medidas del Edificio de Rectoría dadas en metros. De igual manera se presentan la inclinación del techo en grados y su orientación.

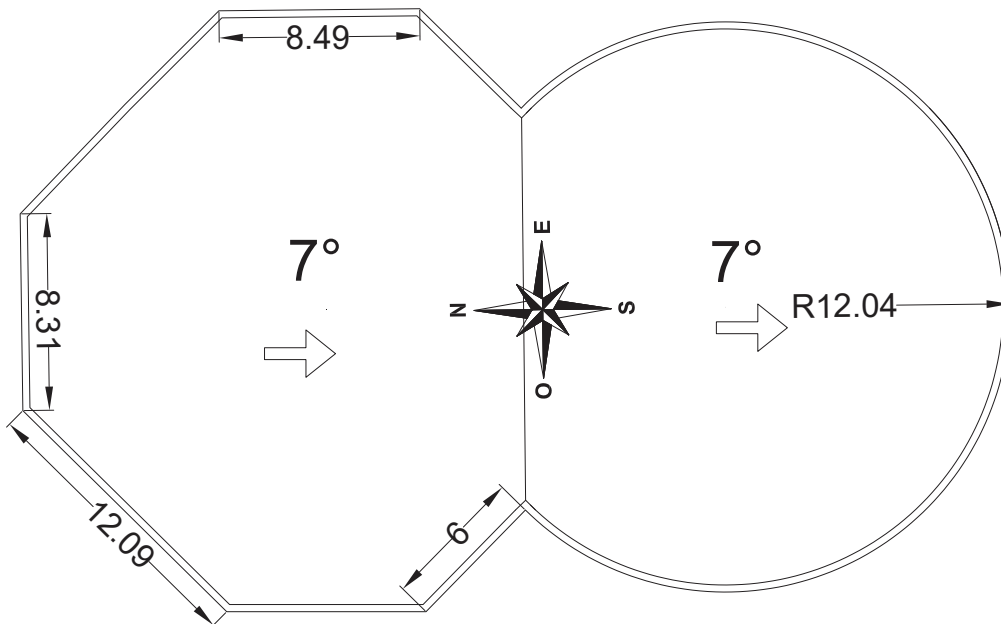


Ilustración 45: Medidas del techo del edificio de Rectoría.

Teniendo el área y las dimensiones correspondientes del edificio, se realizó un diseño el cual utilizara 144 MFV cuya distribución se presenta a continuación.

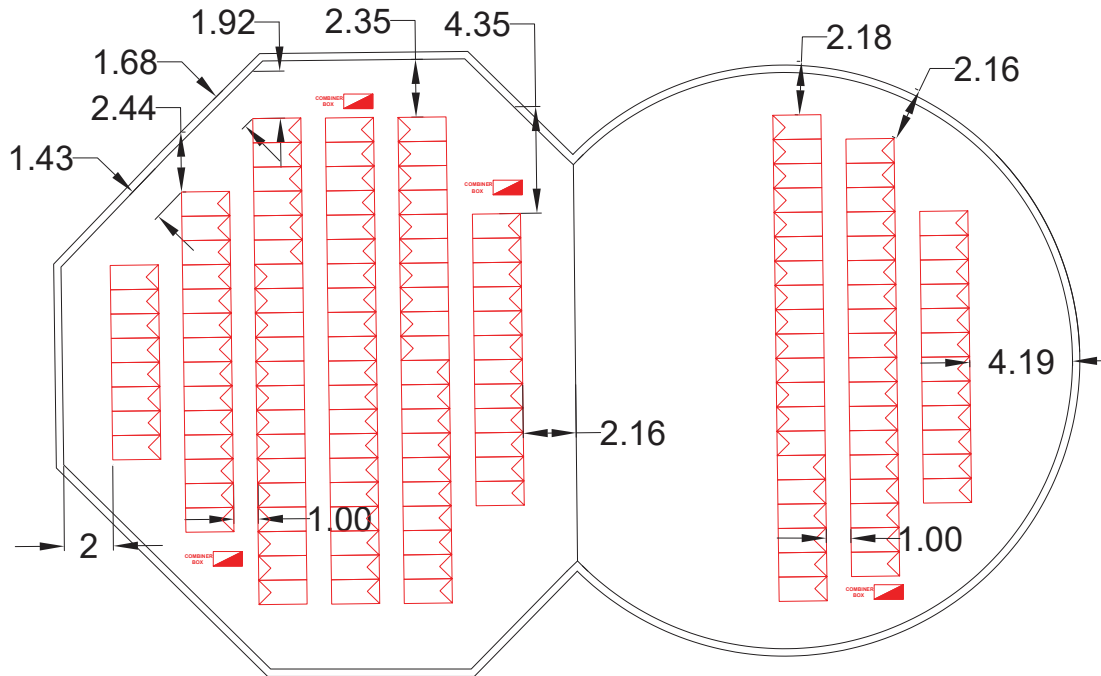


Ilustración 46: Distribución de MFV en el techo de Rectoría.

Para este edificio se utilizará el Módulo de 330 W y el Inversor de 10,000 W.

#### 1.4.5.1 Cálculo de Inversores

Tomando como base los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.1) se recalcaron los datos correspondientes al edificio actual.

Por tanto, el diseño queda de 144 MFV, con 4 Inversores manejando 36 MFV por unidad, del cual cada uno llevará 3 Strings de 12 MFV conectados a 208 V de la red, con Potencia DC generada de 47,520 Wp y Potencia AC generada de 39,200 W.

#### 1.4.5.2 Cálculo de Protecciones

En base a los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.2) se recalcaron los datos correspondientes al edificio actual.

Fusible por String = 15 A.

Fusible por MPP = 30 A.

Protección Termomagnética para INV. en AC = 60 A/ 2 P.

Protección Termomagnética para Tablero de Inversores y General en AC = 160 A/ 3 P.

Para la parte de los Supresores de Transientes se tiene que para la caja de conexiones en DC se utilizará 2 supresores de transitorios Clase A de 60 kA por cada Combiner BOX (Terminal Positivo y Negativo), para el Tablero de Inversores se utilizarán 1 supresores de transitorios Clase B de 100 kA trifásico y para el Tablero General del Edificio de Rectoría se instalarán 1 supresor de transitorios Clase C de 200 kA trifásico.

### 1.4.5.3 Diagrama Unifilar

A continuación, se muestra el Diagrama Unifilar del Edificio de Rectoría.

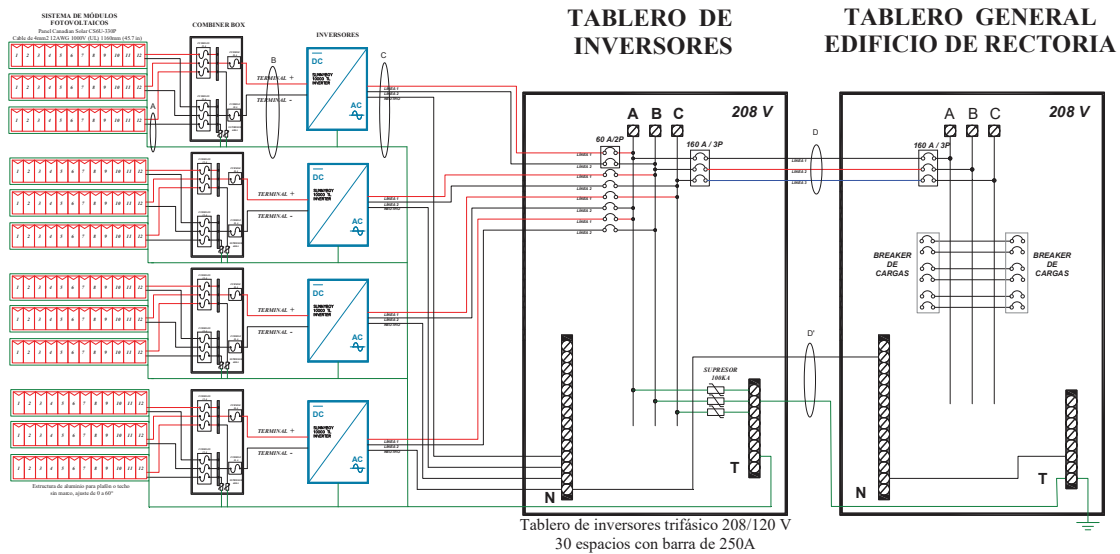


Ilustración 47: Diagrama Unifilar del SFV a instalar en Rectoría.

### 1.4.5.4 Cálculo de Conductores

Tomando como base los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.4) se recalcularon los datos correspondientes, los cuales se muestran en la siguiente tabla, las letras corresponden a la ubicación de cada tramo en base al Diagrama Unifilar.

TRAMO DE CONDUCTORES	
A	Conductor fotovoltaico AWG 2 #12 (ROJO, NEGRO) + 1 #14 (VERDE)
B	Conductor fotovoltaico AWG 2 #10 (ROJO, NEGRO) + 1 #12 (VERDE)
C	Conductor THHN 2 #6 (ROJO, NEGRO) + 2 #8 (BLANCO, VERDE)
D	Conductor THHN 3 #1/0 (NEGRO, ROJO, AZUL)
D'	Conductor THHN 2 #2 (BLANCO, VERDE)

Tabla 25: Conductores calculados por tramo para Rectoría.

### 1.4.5.5 Presupuesto

Edificio de Rectoría							
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	P. U	P. U. M. O.	P. U (\$)	P. T (\$)
<b>1</b>	<b>Instalación de Estructura Metálica para 144 PFV y los PFV</b>	1	SG		\$ 4,250.00	\$ 4,250.00	\$ 4,250.00
	Para Estructura						
1.1	Riel para sujeción IronRidge XR-10- 204B 17' (5 m)	55	U	\$ 68.50		\$ 68.50	\$ 3,767.50
1.2	Tubería EMT de 1/2'' (3 m)	110	U	\$ 3.75		\$ 3.75	\$ 412.50
1.3	Varilla roscada Zincada de 3/8" (3 m)	110	U	\$ 3.85		\$ 3.85	\$ 423.50
1.4	Tuerca de 3/8''	650	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 487.50
1.5	Arandela Plana de 3/8''	650	U	\$ 0.15		\$ 0.15	\$ 97.50
1.6	Arandela de presión de 3/8''	650	U	\$ 0.20		\$ 0.20	\$ 130.00
1.7	End Clamp	288	U	\$ 8.75		\$ 8.75	\$ 2,520.00
1.8	Inter Clamp	300	U	\$ 9.75		\$ 9.75	\$ 2,925.00
	Paneles Fotovoltaicos						
1.9	Panel Solar Canadian Solar MAX POWER CS6U-330P	144	U	\$ 165.00		\$ 165.00	\$ 23,760.00
<b>2</b>	<b>Instalación eléctrica de MFV con Sistema de Tierra a Combiner Box</b>	1	SG		\$ 4,250.00	\$ 4,250.00	\$ 4,250.00
	Transporte de líneas de alimentación PFV a CBX						
2.1	Tubería EMT de 1'' (3 m)	55	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 470.25
2.2	Unión para Tubería EMT de 1''	55	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 41.25
2.3	Cuerpo LB de EMT de 1''	10	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 47.50
2.4	Cuerpo LT de EMT de 1''	10	U	\$ 8.25		\$ 8.25	\$ 82.50

2.5	Grapa para Tubería EMT de 1''	330	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 82.50
	<b>Conductores de MFV a Combiner Box</b>						
2.6	Carrete de conductor fotovoltaico #12 AWG 1000 VDC 1000' BLACK PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
2.7	Carrete de conductor fotovoltaico #12 AWG 1000 VDC 1000' RED PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
2.8	Carrete de Conductor THHN #14 AWG VERDE (500 m)	1	U	\$ 133.63		\$ 133.63	\$ 133.63
2.9	Conector Adaptador T4 Hembra para conductor #12 AWG	45	U	\$ 7.43		\$ 7.43	\$ 334.35
2.10	Conector Adaptador T4 Macho para conductor #12 AWG	45	U	\$ 5.78		\$ 5.78	\$ 260.10
2.11	Terminal de Ojo 16-14 AWG	150	U	\$ 0.20		\$ 0.20	\$ 30.00
	<b>Combiner Box</b>						
2.12	Combiner Box con Riel DIN para 8 portafusibles y 2 supresores de Transientes	4	U	\$ 150.00		\$ 150.00	\$ 600.00
2.13	Supresores de transientes de 600 V, 60 KA	8	U	\$ 300.00		\$ 300.00	\$ 2,400.00
2.14	Portafusibles Midnite Solar MNTS 1000 VDC Cilíndrico para Riel DIN y Aplicaciones Fotovoltaicas	36	U	\$ 7.75		\$ 7.75	\$ 279.00
2.15	Fusible 10 x 38 mm de 15 A 1000 VDC	28	U	\$ 6.45		\$ 6.45	\$ 180.60
2.16	Fusible 10 x 38 mm de 30 A 1000 VDC	12	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 102.60
<b>3</b>	<b>Conexión de Combiner Box a Inversores, de Inversores a Tablero de Inversores y la Instalación del Tablero de Inversores</b>	1	SG		\$ 3,000.00	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00
	<b>Transporte de líneas de alimentación de CBX a Inversores</b>						
3.1	Tubería EMT de 1'' (3 m)	50	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 427.50



3.2	Unión para Tubería EMT de 1''	50	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 37.50
3.3	Cuerpo LB de EMT de 1''	18	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 85.50
3.4	Cuerpo LL de EMT de 1''	18	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 85.50
3.5	Cuerpo LR de EMT de 1''	18	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 85.50
3.6	Grapa para Tubería EMT de 1''	300	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 75.00
	<b>Combiner Box a Inversores</b>						
3.7	Carrete de conductor fotovoltaico #12 AWG 1000 VDC 1000' BLACK PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
3.8	Carrete de conductor fotovoltaico #12 AWG 1000 VDC 1000' RED PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
3.9	Carrete de Conductor THHN #12 AWG VERDE (1000 m)	1	U	\$ 315.25		\$ 315.25	\$ 315.25
3.10	Conector Adaptador T4 Hembra para conductor #12 AWG	18	U	\$ 7.43		\$ 7.43	\$ 133.74
3.11	Conector Adaptador T4 Macho para conductor #12 AWG	18	U	\$ 5.78		\$ 5.78	\$ 104.04
	<b>Inversor</b>						
3.12	Inversor SMA SUNNY-BOY 10000TL-US de 10000 W a 208 V	4	U	\$ 2,950.22		\$ 2,950.22	\$ 11,800.88
	<b>Inversores a Tablero de Inversores</b>						
3.13	Tubería EMT de 1'' (3 m)	15	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 128.25
3.14	Conector Recto para Tubería EMT de 1''	10	U	\$ 1.25		\$ 1.25	\$ 12.50
3.15	Grapa para Tubería EMT de 1''	90	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 22.50
3.16	Carrete de conductor THHN #6 AWG NEGRO (1 m)	45	U	\$ 1.95		\$ 1.95	\$ 87.75
3.17	Carrete de conductor THHN #6 AWG ROJO (1 m)	45	U	\$ 1.95		\$ 1.95	\$ 87.75

3.18	Carrete de Conductor THHN #8 AWG VERDE (1 m)	45	U	\$ 1.50		\$ 1.50	\$ 67.50
3.19	Tablero trifásico 208/120 V - 30 espacios con barra de 250 A - Main 160 A	1	U	\$ 400.00		\$ 400.00	\$ 400.00
3.20	Circuit Breaker de 60 A / 2P, 208/120 V	4	U	\$ 15.25		\$ 15.25	\$ 61.00
3.21	Supresor en AC, 208/120 voltios, 100 KA Trifásico	1	U	\$ 600.00		\$ 600.00	\$ 600.00
<b>4</b>	<b>Conexión de Tablero de Inversores a Tablero General</b>	1	SG		\$ 3,000.00	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00
	Transporte de Líneas de Tablero de Inversores a Tablero Principal						
4.1	Tubería EMT de 1 1/2'' (3 m)	20	U	\$ 15.65		\$ 15.65	\$ 313.00
4.2	Unión para Tubería EMT de 1 1/2''	20	U	\$ 1.50		\$ 1.50	\$ 30.00
4.3	Cuerpo LB de EMT de 1 1/2''	5	U	\$ 10.25		\$ 10.25	\$ 51.25
4.4	Cuerpo LL de EMT de 1 1/2''	5	U	\$ 10.25		\$ 10.25	\$ 51.25
4.5	Cuerpo LR de EMT de 1 1/2''	5	U	\$ 10.25		\$ 10.25	\$ 51.25
4.6	Conector Recto para Tubería EMT de 1 1/2''	4	U	\$ 2.75		\$ 2.75	\$ 11.00
4.7	Grapa para Tubería EMT de 1 1/2''	120	U	\$ 0.50		\$ 0.50	\$ 60.00
	Cableado Tablero de Inversores a Tablero General						
4.8	Carrete de conductor THHN #1/0 AWG NEGRO (1 m)	60	U	\$ 9.50		\$ 9.50	\$ 570.00
4.9	Carrete de conductor THHN #1/0 AWG ROJO (1 m)	60	U	\$ 9.50		\$ 9.50	\$ 570.00
4.10	Carrete de conductor THHN #1/0 AWG AZUL (1 m)	60	U	\$ 9.50		\$ 9.50	\$ 570.00
4.11	Carrete de Conductor THHN #2 AWG VERDE (1 m)	60	U	\$ 4.50		\$ 4.50	\$ 270.00

4.12	Circuit Breaker de 160 A / 3P, 208/120 V	1	U	\$ 175.00		\$ 175.00	\$ 175.00
4.13	Supresor en AC, 208/120 voltios, 200 KA, con protección 15/3P, 18 KA, conexión a Tablero General, cable de tierra de 1/0	1	U	\$ 1,115.00		\$ 1,115.00	\$ 1,115.00
						<b>TOTAL</b>	<b>\$ 74,759.71</b>

#### 1.4.5.6 Resumen del Diseño Fotovoltaico

El Diseño Fotovoltaico queda de 144 MFV de 330 W los cuales requieren 4 Inversores de 10,000 W manejando 36 MFV por unidad, del cual cada uno llevará 3 Strings de 12 MFV. Todos los inversores serán conectados a un Tableros de Inversores el cual se conectarán con el Tablero General del Edificio de Rectoría el cual se encuentra conectado a 208 V de la red. De igual manera se tiene al final una Potencia DC generada de 47,520 W<sub>p</sub> y Potencia AC generada de 39,200 W.

### 1.4.6 Edificio de Cine Teatro

El área del edificio es de 1017 m<sup>2</sup> aproximadamente (sin tomar en cuenta los obstáculos de la azotea). Se deberá realizar una poda de algunas ramas de los árboles que se observan atrás que podrían generar sombra en alguna época del año.



Ilustración 48: Edificio del Cine Teatro.

A continuación, se muestra las medidas del Edificio de Cine Teatro dadas en metros. De igual manera se presentan la inclinación del techo en grados y su orientación.

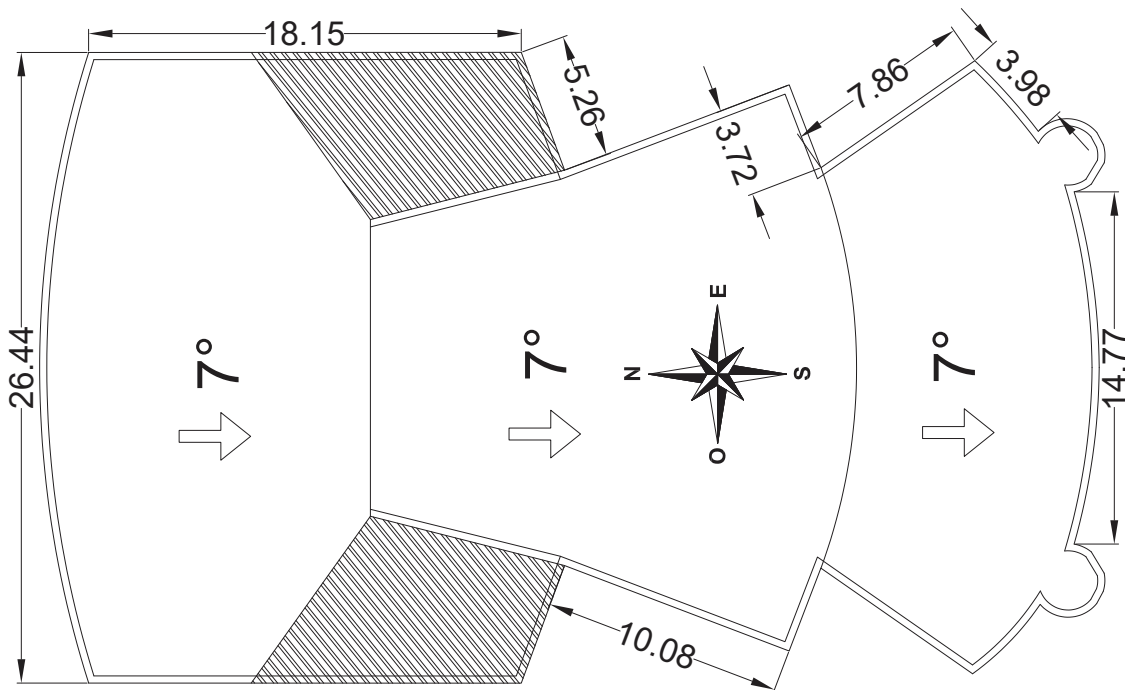


Ilustración 49: Medidas del techo del edificio de Cine Teatro.

Teniendo el área y las dimensiones correspondientes del edificio, se realizó un diseño el cual utilizara 108 MFV cuya distribución se presenta a continuación.

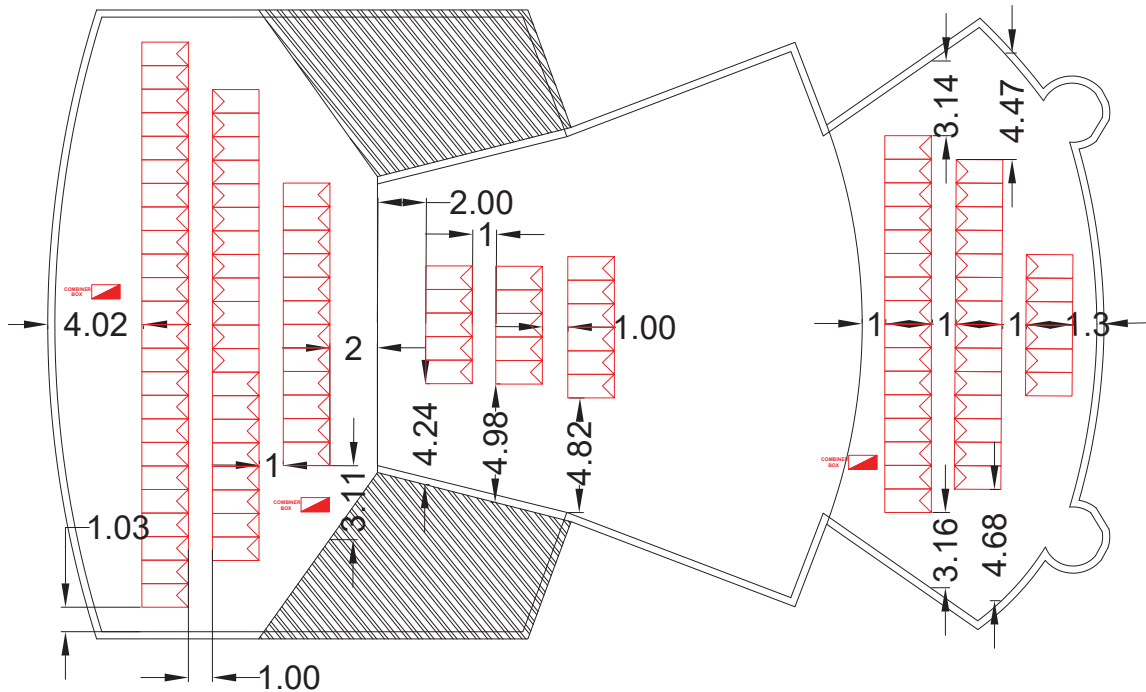


Ilustración 50: Distribución del SFV en el techo del edificio.

Para este edificio se utilizará el Módulo de 330 W y el Inversor de 10,000 W.

#### 1.4.6.1 Cálculo de inversores

Tomando como base los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.1) se recalcaron los datos correspondientes al edificio actual.

Por tanto, el diseño queda de 108 MFV, con 3 Inversores manejando 36 MFV por unidad, del cual cada uno llevará 3 Strings de 12 MFV conectados a 208 V de la red, con Potencia DC generada de 35,640 Wp y Potencia AC generada de 29,400 W.

#### 1.4.6.2 Cálculo de Protecciones

En base a los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.2) se recalcaron los datos correspondientes al edificio actual.

Fusible por String = 15 A.

Fusible por MPP = 30 A.

Protección Termomagnética para INV. en AC = 60 A/ 2 P.

Debido a que se tienen solo 3 Inversores en este Edificio se consideró llevar las líneas directo al tablero general del edificio.

Para la parte de los Supresores de Transientes se tiene que para la caja de conexiones en DC se utilizará 2 supresores de transitorios Clase A de 60 kA por cada Combiner BOX (Terminal Positivo y Negativo) y para el Tablero General del Edificio de Cine Teatro se instalarán 1 supresor de transitorios Clase C de 200 kA trifásico.

### 1.4.6.3 Diagrama Unifilar

A continuación, se muestra el Diagrama Unifilar del Edificio de Cine Teatro.

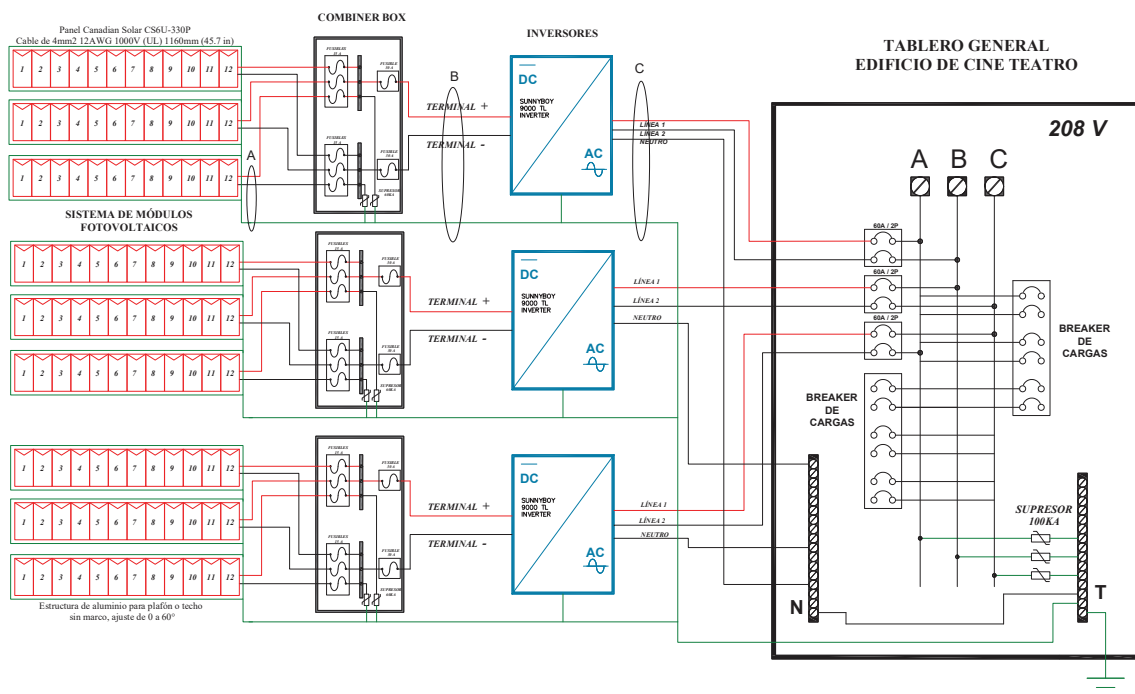


Ilustración 51: Diagrama Unifilar del SFV a instalar en el techo.

### 1.4.6.4 Cálculo de Conductores

Tomando como base los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.4) se recalcularon los datos correspondientes, los cuales se muestran en la siguiente tabla, las letras corresponden a la ubicación de cada tramo en base al Diagrama Unifilar.

TRAMO DE CONDUCTORES	
A	Conductor fotovoltaico AWG 2 #12 (ROJO, NEGRO) + 1 #14 (VERDE)
B	Conductor fotovoltaico AWG 2 #10 (ROJO, NEGRO) + 1 #12 (VERDE)
C	Conductor THHN 2 #6 (ROJO, NEGRO) + 2 #8 (BLANCO, VERDE)

Tabla 26: Conductores calculados por tramo para el SFV.

### 1.4.6.5 Presupuesto

Edificio de Cine Teatro							
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	P. U	P. U. M. O.	P. U (\$)	P. T (\$)
<b>1</b>	<b>Instalación de Estructura Metálica para 108 PFV y los PFV</b>	1	SG		\$ 3,000.00	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00
	Para Estructura						
1.1	Riel para sujeción IronRidge XR-10- 204B 17' (5 m)	50	U	\$ 68.50		\$ 68.50	\$ 3,425.00
1.2	Tubería EMT de 1/2'' (3 m)	80	U	\$ 3.75		\$ 3.75	\$ 300.00
1.3	Tuerca de 3/8''	500	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 375.00
1.4	Arandela Plana de 3/8''	500	U	\$ 0.15		\$ 0.15	\$ 75.00
1.5	Arandela de presión de 3/8''	500	U	\$ 0.20		\$ 0.20	\$ 100.00
1.6	Varilla roscada Zincada de 3/8" (3 m)	80	U	\$ 3.85		\$ 3.85	\$ 308.00
1.7	End Clamp	230	U	\$ 8.75		\$ 8.75	\$ 2,012.50
1.8	Inter Clamp	220	U	\$ 9.75		\$ 9.75	\$ 2,145.00
	Paneles Fotovoltaicos						
1.9	Panel Solar Canadian Solar MAX POWER CS6U-330P	108	U	\$ 165.00		\$ 165.00	\$ 17,820.00
<b>2</b>	<b>Instalación eléctrica de MFV con Sistema de Tierra a Combiner Box</b>	1	SG		\$ 3,000.00	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00
	Transporte de líneas de alimentación PFV a CBX						
2.1	Tubería EMT de 1'' (3 m)	30	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 256.50
2.2	Unión para Tubería EMT de 1''	30	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 22.50
2.3	Cuerpo LB de EMT de 1''	6	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 28.50
2.4	Cuerpo LT de EMT de 1''	6	U	\$ 8.25		\$ 8.25	\$ 49.50

2.5	Grapa para Tubería EMT de 1''	180	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 45.00
	<b>Conductores de MFV a Combiner Box</b>						
2.6	Carrete de conductor fotovoltaico #12 AWG 1000 VDC 1000' BLACK PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
2.7	Carrete de conductor fotovoltaico #12 AWG 1000 VDC 1000' RED PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
2.8	Carrete de Conductor THHN #14 AWG VERDE (500 m)	1	U	\$ 133.63		\$ 133.63	\$ 133.63
2.9	Conector Adaptador T4 Hembra para conductor #12 AWG	25	U	\$ 7.43		\$ 7.43	\$ 185.75
2.10	Conector Adaptador T4 Macho para conductor #12 AWG	25	U	\$ 5.78		\$ 5.78	\$ 144.50
2.11	Terminal de Ojo 16-14 AWG	120	U	\$ 0.20		\$ 0.20	\$ 24.00
	<b>Combiner Box</b>						
2.12	Combiner Box con Riel DIN para 8 portafusibles y 2 supresores de Transientes	3	U	\$ 150.00		\$ 150.00	\$ 450.00
2.13	Supresores de transientes de 600 V, 60 KA	6	U	\$ 300.00		\$ 300.00	\$ 1,800.00
2.14	Portafusibles Midnite Solar MNTS 1000 VDC Cilíndrico para Riel DIN y Aplicaciones Fotovoltaicas	28	U	\$ 7.75		\$ 7.75	\$ 217.00
2.15	Fusible 10 x 38 mm de 15 A 1000 VDC	22	U	\$ 6.45		\$ 6.45	\$ 141.90
2.16	Fusible 10 x 38 mm de 30 A 1000 VDC	10	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 85.50
<b>3</b>	<b>Conexión de Combiner Box a Inversores</b>	1	SG		\$ 2,500.00	\$ 2,500.00	\$ 2,500.00
	<b>Transporte de líneas de alimentación de CBX a Inversores</b>						
3.1	Tubería EMT de 1'' (3 m)	50	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 427.50
3.2	Unión para Tubería EMT de 1''	50	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 37.50



3.3	Cuerpo LB de EMT de 1''	12	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 57.00
3.4	Cuerpo LL de EMT de 1''	12	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 57.00
3.5	Cuerpo LR de EMT de 1''	12	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 57.00
3.6	Grapa para Tubería EMT de 1''	300	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 75.00
	<b>Combiner Box a Inversores</b>						
3.7	Carrete de conductor fotovoltaico #10 AWG 1000 VDC 1000' BLACK PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
3.8	Carrete de conductor fotovoltaico #10 AWG 1000 VDC 1000' RED PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
3.9	Carrete de Conductor THHN #12 AWG VERDE (500 m)	1	U	\$ 133.63		\$ 133.63	\$ 133.63
3.10	Conector Adaptador T4 Hembra para conductor #12 AWG	15	U	\$ 7.43		\$ 7.43	\$ 111.45
3.11	Conector Adaptador T4 Macho para conductor #12 AWG	15	U	\$ 5.78		\$ 5.78	\$ 86.70
	<b>Inversor</b>						
3.12	Inversor SMA SUNNY-BOY 10000TL-US de 10000 W a 208 V	3	U	\$ 2,950.22		\$ 2,950.22	\$ 8,850.66
<b>4</b>	<b>Conexión de Inversores a Tablero General</b>	1	SG		\$ 2,500.00	\$ 2,500.00	\$ 2,500.00
	<b>Transporte de Inversores a Tablero Principal</b>						
4.1	Tubería EMT de 1 1/2'' (3 m)	6	U	\$ 15.65		\$ 15.65	\$ 93.90
4.2	Unión para Tubería EMT de 1 1/2''	6	U	\$ 1.50		\$ 1.50	\$ 9.00
4.3	Cuerpo LB de EMT de 1 1/2''	6	U	\$ 10.25		\$ 10.25	\$ 61.50
4.4	Cuerpo LL de EMT de 1 1/2''	6	U	\$ 10.25		\$ 10.25	\$ 61.50
4.5	Cuerpo LR de EMT de 1 1/2''	6	U	\$ 10.25		\$ 10.25	\$ 61.50
4.6	Conector Recto para Tubería EMT de 1 1/2''	10	U	\$ 2.75		\$ 2.75	\$ 27.50

4.7	Grapa para Tubería EMT de 1 1/2''	36	U	\$ 0.50		\$ 0.50	\$ 18.00
	<b>Cableado de Inversores a Tablero General</b>						
4.8	Carrete de conductor THHN #2 AWG NEGRO (1 m)	38	U	\$ 5.25		\$ 5.25	\$ 199.50
4.9	Carrete de conductor THHN #2 AWG ROJO (1 m)	38	U	\$ 5.25		\$ 5.25	\$ 199.50
4.11	Carrete de Conductor THHN #4 AWG VERDE (1 m)	38	U	\$ 3.75		\$ 3.75	\$ 142.50
4.12	Circuit Breaker de 60 A / 2 P, 208/120 V	3	U	\$ 15.25		\$ 15.25	\$ 45.75
4.13	Supresor en AC, 208/120 voltios, 200 KA, con protección 15/3P, 18 KA, conexión a Tablero General, cable de tierra de 1/0	1	U	\$ 1,115.00		\$ 1,115.00	\$ 1,115.00
						<b>TOTAL</b>	<b>\$ 55,309.89</b>

#### 1.4.6.6 Resumen del Diseño Fotovoltaico

El Diseño Fotovoltaico queda de 108 MFV de 330 W los cuales requieren 3 Inversores de 10,000 W manejando 36 MFV por unidad, del cual cada uno llevará 3 Strings de 12 MFV. Todos los inversores serán conectados al Tablero General del Edificio de Cine Teatro el cual se encuentra conectado a 208 V de la red. De igual manera se tiene al final una Potencia DC generada de 35,640 Wp y Potencia AC generada de 29,400 W.

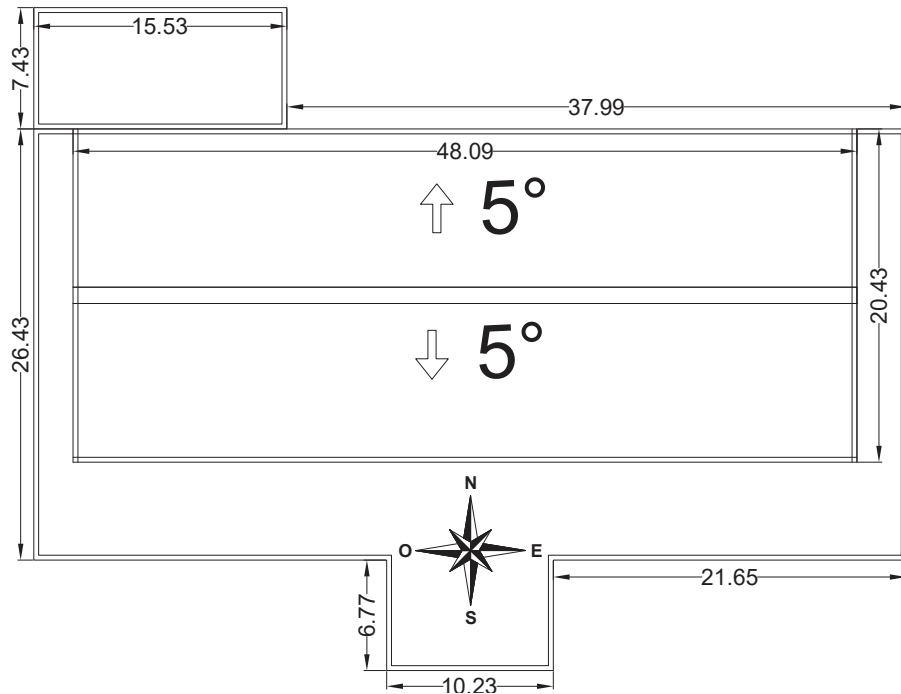
### 1.4.7 Edificio de Artes (Ex Biblioteca)

El área del edificio es de 1600 m<sup>2</sup> aproximadamente (sin tomar en cuenta los obstáculos de la azotea). Este edificio presenta una complicación singular y es la arquitectura de su techo, pero se contempla para el diseño.



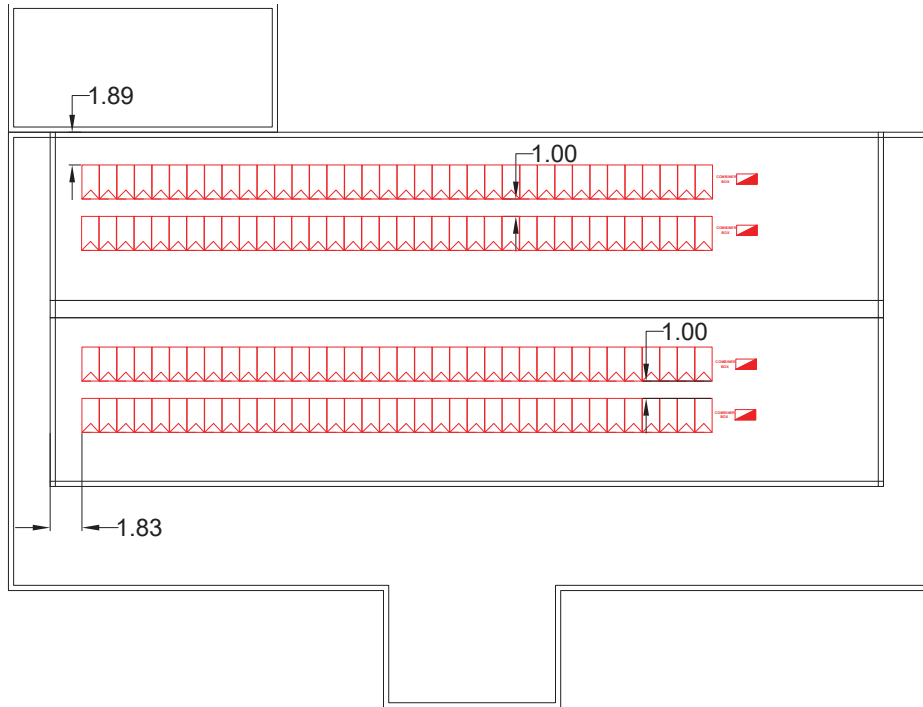
*Ilustración 52: Edificio de Artes.*

A continuación, se muestra las medidas del Edificio de Artes dadas en metros. De igual manera se presentan la inclinación del techo en grados y su orientación.



*Ilustración 53: Longitudes e inclinaciones del techo de Artes.*

Teniendo el área y las dimensiones correspondientes del edificio, se realizó un diseño el cual utilizara 144 MFV cuya distribución se presenta a continuación.



*Ilustración 54: Distribución del SFV en el techo de artes.*

Para este edificio se utilizará el Módulo de 330 W y el Inversor de 10,000 W.

#### **1.4.7.1 Cálculo de Inversores**

Tomando como base los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.1) se recalculan los datos correspondientes al edificio actual.

Por tanto, el diseño queda de 144 MFV, con 4 Inversores manejando 36 MFV por unidad, del cual cada uno llevará 3 Strings de 12 MFV conectados a 208 V de la red, con Potencia DC generada de 47,520 Wp y Potencia AC generada de 39,200 W.

#### **1.4.7.2 Cálculo de Protecciones**

En base a los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.2) se recalculan los datos correspondientes al edificio actual.

Fusible por String = 15 A.

Fusible por MPP = 30 A.

Protección Termomagnética para INV. en AC = 60 A/ 2 P.

Protección Termomagnética para Tablero de Inversores y General en AC = 160 A/ 3 P.

Para la parte de los Supresores de Transientes se tiene que para la caja de conexiones en DC se utilizará 2 supresores de transitorios Clase A de 60 kA por cada Combiner BOX (Terminal Positivo y Negativo), para el Tablero de Inversores se utilizarán 1 supresores de transitorios Clase B de 100 kA trifásico y para el Tablero General del Edificio de Artes se instalarán 1 supresor de transitorios Clase C de 200 kA trifásico.

### 1.4.7.3 Diagrama Unifilar

A continuación, se muestra el Diagrama Unifilar del Edificio de Artes.

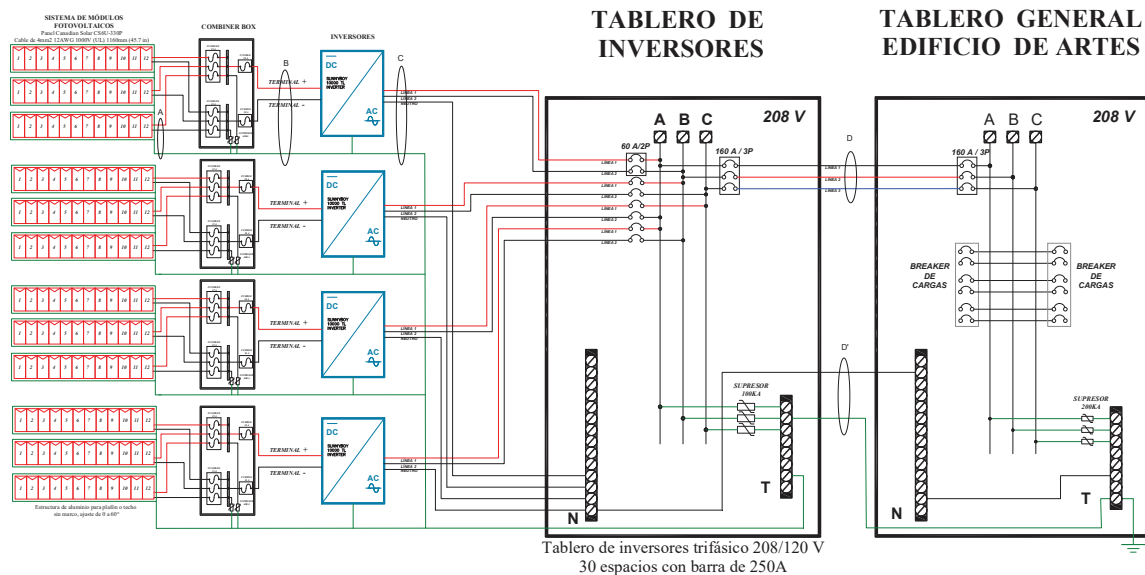


Ilustración 55: Diagrama unifilar del edificio de artes.

### 1.4.7.4 Cálculo de Conductores

Tomando como base los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.4) se recalcularon los datos correspondientes, los cuales se muestran en la siguiente tabla, las letras corresponden a la ubicación de cada tramo en base al Diagrama Unifilar.

TRAMO DE CONDUCTORES	
A	Conductor fotovoltaico AWG 2 #12 (ROJO, NEGRO) + 1 #14 (VERDE)
B	Conductor fotovoltaico AWG 2 #10 (ROJO, NEGRO) + 1 #12 (VERDE)
C	Conductor THHN 2 #6 (ROJO, NEGRO) + 2 #8 (BLANCO, VERDE)
D	Conductor THHN 3 #1/0 (NEGRO, ROJO, AZUL)
D'	Conductor THHN 2 #2 (BLANCO, VERDE)

Tabla 27: Conductores calculados por tramo para el edificio de artes.

### 1.4.7.5 Presupuesto

Edificio de Artes							
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	P. U	P. U. M. O.	P. U (\$)	P. T (\$)
<b>1</b>	<b>Instalación de Estructura Metálica para 144 PFV y los PFV</b>	1	SG		\$ 4,250.00	\$ 4,250.00	\$ 4,250.00
	Para Estructura						
1.1	Riel para sujeción IronRidge XR-10- 204B 17' (5 m)	64	U	\$ 68.50		\$ 68.50	\$ 4,384.00
1.2	Tubería EMT de 1/2'' (3 m)	110	U	\$ 3.75		\$ 3.75	\$ 412.50
1.3	Varilla roscada Zincada de 3/8" (3 m)	110	U	\$ 3.85		\$ 3.85	\$ 423.50
1.4	Tuerca de 3/8''	650	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 487.50
1.5	Arandela Plana de 3/8''	650	U	\$ 0.15		\$ 0.15	\$ 97.50
1.6	Arandela de presión de 3/8''	650	U	\$ 0.20		\$ 0.20	\$ 130.00
1.7	End Clamp	288	U	\$ 8.75		\$ 8.75	\$ 2,520.00
1.8	Inter Clamp	300	U	\$ 9.75		\$ 9.75	\$ 2,925.00
	Paneles Fotovoltaicos						
1.9	Panel Solar Canadian Solar MAX POWER CS6U-330P	144	U	\$ 165.00		\$ 165.00	\$ 23,760.00
<b>2</b>	<b>Instalación eléctrica de MFV con Sistema de Tierra a Combiner Box</b>	1	SG		\$ 4,250.00	\$ 4,250.00	\$ 4,250.00
	Transporte de líneas de alimentación PFV a CBX						
2.1	Tubería EMT de 1'' (3 m)	55	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 470.25
2.2	Unión para Tubería EMT de 1''	55	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 41.25
2.3	Cuerpo LB de EMT de 1''	10	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 47.50
2.4	Cuerpo LT de EMT de 1''	10	U	\$ 8.25		\$ 8.25	\$ 82.50

2.5	Grapa para Tubería EMT de 1''	330	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 82.50
	<b>Conductores de MFV a Combiner Box</b>						
2.6	Carrete de conductor fotovoltaico #12 AWG 1000 VDC 1000' BLACK PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
2.7	Carrete de conductor fotovoltaico #12 AWG 1000 VDC 1000' RED PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
2.8	Carrete de Conductor THHN #14 AWG VERDE (500 m)	1	U	\$ 133.63		\$ 133.63	\$ 133.63
2.9	Conector Adaptador T4 Hembra para conductor #12 AWG	45	U	\$ 7.43		\$ 7.43	\$ 334.35
2.10	Conector Adaptador T4 Macho para conductor #12 AWG	45	U	\$ 5.78		\$ 5.78	\$ 260.10
2.11	Terminal de Ojo 16-14 AWG	150	U	\$ 0.20		\$ 0.20	\$ 30.00
	<b>Combiner Box</b>						
2.12	Combiner Box con Riel DIN para 8 portafusibles y 2 supresores de Transientes	4	U	\$ 150.00		\$ 150.00	\$ 600.00
2.13	Supresores de transientes de 600 V, 60 KA	8	U	\$ 300.00		\$ 300.00	\$ 2,400.00
2.14	Portafusibles Midnite Solar MNTS 1000 VDC Cilíndrico para Riel DIN y Aplicaciones Fotovoltaicas	36	U	\$ 7.75		\$ 7.75	\$ 279.00
2.15	Fusible 10 x 38 mm de 15 A 1000 VDC	28	U	\$ 6.45		\$ 6.45	\$ 180.60
2.16	Fusible 10 x 38 mm de 30 A 1000 VDC	12	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 102.60
<b>3</b>	<b>Conexión de Combiner Box a Inversores, de Inversores a Tablero de Inversores y la Instalación del Tablero de Inversores</b>	1	SG		\$ 3,000.00	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00
	<b>Transporte de líneas de alimentación de CBX a Inversores</b>						
3.1	Tubería EMT de 1'' (3 m)	50	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 427.50

3.2	Unión para Tubería EMT de 1''	50	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 37.50
3.3	Cuerpo LB de EMT de 1''	18	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 85.50
3.4	Cuerpo LL de EMT de 1''	18	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 85.50
3.5	Cuerpo LR de EMT de 1''	18	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 85.50
3.6	Grapa para Tubería EMT de 1''	300	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 75.00
	<b>Combiner Box a Inversores</b>						
3.7	Carrete de conductor fotovoltaico #12 AWG 1000 VDC 1000' BLACK PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
3.8	Carrete de conductor fotovoltaico #12 AWG 1000 VDC 1000' RED PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
3.9	Carrete de Conductor THHN #12 AWG VERDE (1000 m)	1	U	\$ 315.25		\$ 315.25	\$ 315.25
3.10	Conector Adaptador T4 Hembra para conductor #12 AWG	18	U	\$ 7.43		\$ 7.43	\$ 133.74
3.11	Conector Adaptador T4 Macho para conductor #12 AWG	18	U	\$ 5.78		\$ 5.78	\$ 104.04
	<b>Inversor</b>						
3.12	Inversor SMA SUNNY-BOY 10000TL-US de 10000 W a 208 V	4	U	\$ 2,950.22		\$ 2,950.22	\$ 11,800.88
	<b>Inversores a Tablero de Inversores</b>						
3.13	Tubería EMT de 1'' (3 m)	15	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 128.25
3.14	Conector Recto para Tubería EMT de 1''	10	U	\$ 1.25		\$ 1.25	\$ 12.50
3.15	Grapa para Tubería EMT de 1''	90	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 22.50
3.16	Carrete de conductor THHN #6 AWG NEGRO (1 m)	45	U	\$ 1.95		\$ 1.95	\$ 87.75
3.17	Carrete de conductor THHN #6 AWG ROJO (1 m)	45	U	\$ 1.95		\$ 1.95	\$ 87.75



3.18	Carrete de Conductor THHN #8 AWG VERDE (1 m)	45	U	\$ 1.50		\$ 1.50	\$ 67.50
3.19	Tablero trifásico 208/120 V - 30 espacios con barra de 250 A - Main 160 A	1	U	\$ 400.00		\$ 400.00	\$ 400.00
3.20	Circuit Breaker de 60 A / 2P, 208/120 V	4	U	\$ 15.25		\$ 15.25	\$ 61.00
3.21	Supresor en AC, 208/120 voltios, 100 KA Trifásico	1	U	\$ 600.00		\$ 600.00	\$ 600.00
<b>4</b>	<b>Conexión de Tablero de Inversores a Tablero General</b>	1	SG		\$ 3,000.00	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00
	Transporte de Líneas de Tablero de Inversores a Tablero Principal						
4.1	Tubería EMT de 1 1/2" (3 m)	20	U	\$ 15.65		\$ 15.65	\$ 313.00
4.2	Unión para Tubería EMT de 1 1/2"	20	U	\$ 1.50		\$ 1.50	\$ 30.00
4.3	Cuerpo LB de EMT de 1 1/2"	5	U	\$ 10.25		\$ 10.25	\$ 51.25
4.4	Cuerpo LL de EMT de 1 1/2"	5	U	\$ 10.25		\$ 10.25	\$ 51.25
4.5	Cuerpo LR de EMT de 1 1/2"	5	U	\$ 10.25		\$ 10.25	\$ 51.25
4.6	Conector Recto para Tubería EMT de 1 1/2"	4	U	\$ 2.75		\$ 2.75	\$ 11.00
4.7	Grapa para Tubería EMT de 1 1/2"	120	U	\$ 0.50		\$ 0.50	\$ 60.00
	<b>Cableado Tablero de Inversores a Tablero General</b>						
4.8	Carrete de conductor THHN #1/0 AWG NEGRO (1 m)	60	U	\$ 9.50		\$ 9.50	\$ 570.00
4.9	Carrete de conductor THHN #1/0 AWG ROJO (1 m)	60	U	\$ 9.50		\$ 9.50	\$ 570.00
4.10	Carrete de conductor THHN #1/0 AWG AZUL (1 m)	60	U	\$ 9.50		\$ 9.50	\$ 570.00
4.11	Carrete de Conductor THHN #2 AWG VERDE (1 m)	60	U	\$ 4.50		\$ 4.50	\$ 270.00

4.12	Circuit Breaker de 160 A / 3P, 208/120 V	1	U	\$ 175.00		\$ 175.00	\$ 175.00
4.13	Supresor en AC, 208/120 voltios, 200 KA, con protección 15/3P, 18 KA, conexión a Tablero General, cable de tierra de 1/0	1	U	\$ 1,115.00		\$ 1,115.00	\$ 1,115.00
						<b>TOTAL</b>	<b>\$ 75,376.21</b>

#### 1.4.7.6 Resumen del Diseño Fotovoltaico

El Diseño Fotovoltaico queda de 144 MFV de 330 W los cuales requieren 4 Inversores de 10,000 W manejando 36 MFV por unidad, del cual cada uno llevará 3 Strings de 12 MFV. Todos los inversores serán conectados a un Tableros de Inversores el cual se conectarán con el Tablero General del Edificio de Artes el cual se encuentra conectado a 208 V de la red. De igual manera se tiene al final una Potencia DC generada de 47,520 W<sub>p</sub> y Potencia AC generada de 39,200 W.

### 1.4.8 Edificio de Biblioteca Central Universitaria

El área del edificio es de 1137 m<sup>2</sup> aproximadamente (sin tomar en cuenta los obstáculos de la azotea). Este edificio presenta algunas áreas en desnivel con relación a otras del mismo edificio, conformado por tres niveles. La principal dificultad de este edificio es que para su nivel superior no cuenta con un acceso, hay que hacer uso de herramientas como andamios para subir por fuera del edificio hacia su techo.



Ilustración 56: Edificio de Biblioteca Central.

A continuación, se muestra las medidas del Edificio de Biblioteca Central Universitaria dadas en metros. De igual manera se presentan la inclinación del techo en grados y su orientación.

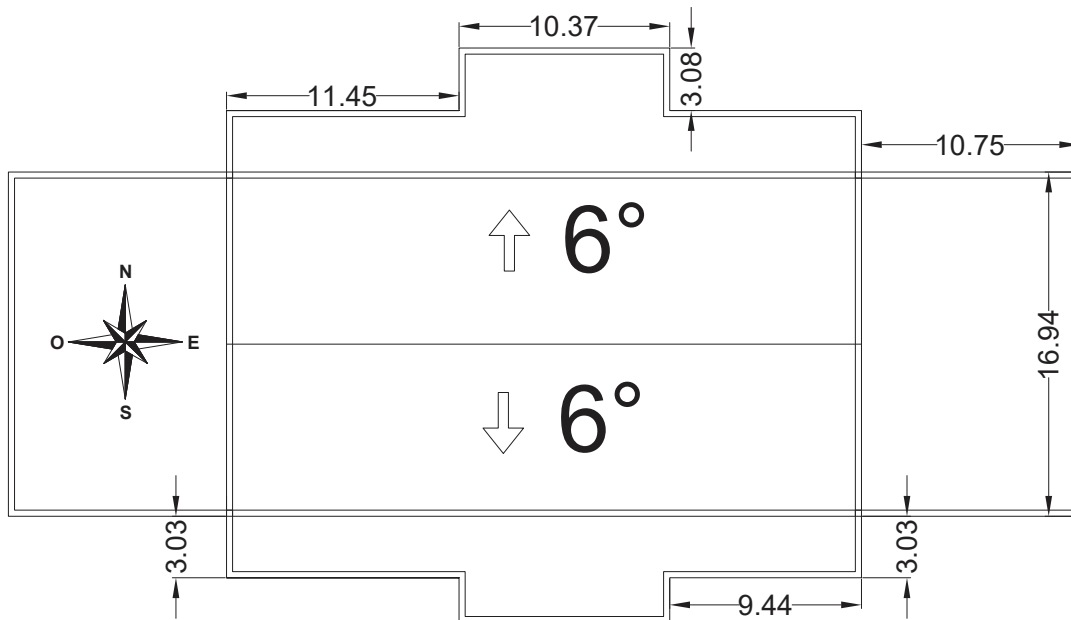
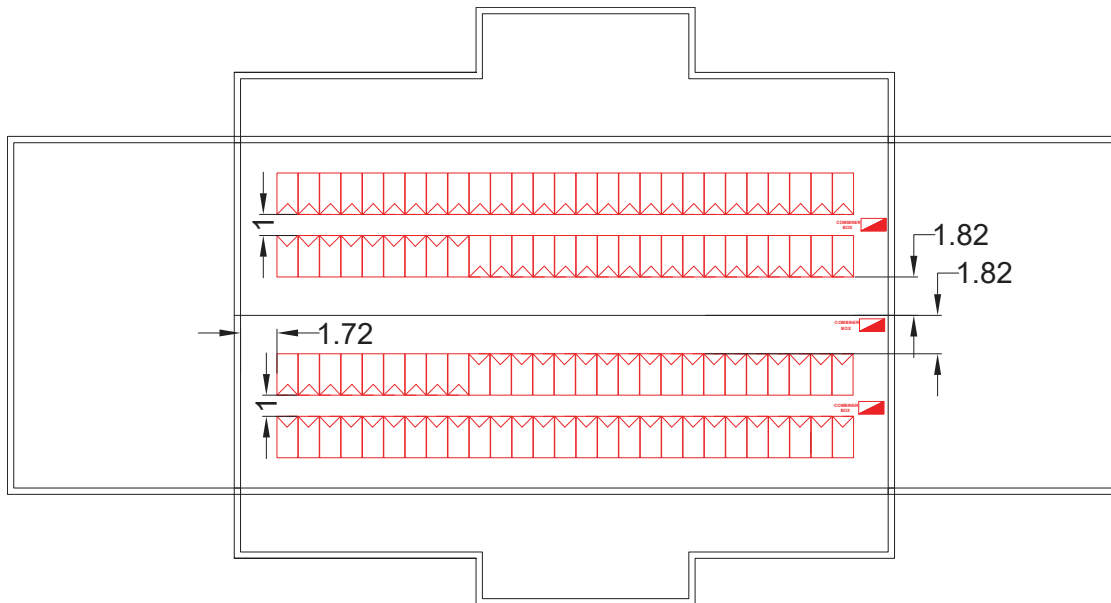


Ilustración 57: Medidas del edificio de la biblioteca central.

Teniendo el área y las dimensiones correspondientes del edificio, se realizó un diseño el cual utilizara 108 MFV cuya distribución se presenta a continuación.



*Ilustración 58: Distribución del SFV en el techo del edificio.*

Para este edificio se utilizará el Módulo de 330 W y el Inversor de 10,000 W.

#### **1.4.8.1 Cálculo de inversores**

Tomando como base los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.1) se recalcaron los datos correspondientes al edificio actual.

Por tanto, el diseño queda de 108 MFV, con 3 Inversores manejando 36 MFV por unidad, del cual cada uno llevará 3 Strings de 12 MFV conectados a 208 V de la red, con Potencia DC generada de 35,640 Wp y Potencia AC generada de 29,400 W.

#### **1.4.8.2 Cálculo de Protecciones**

En base a los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.2) se recalcaron los datos correspondientes al edificio actual.

Fusible por String = 15 A.

Fusible por MPP = 30 A.

Protección Termomagnética para INV. en AC = 60 A/ 2 P.

Debido a que se tienen solo 3 Inversores en este Edificio se consideró llevar las líneas directo al tablero general del edificio.

Para la parte de los Supresores de Transientes se tiene que para la caja de conexiones en DC se utilizará 2 supresores de transitorios Clase A de 60 kA por cada Combiner BOX (Terminal Positivo y Negativo) y para el Tablero General del Edificio de Biblioteca Central Universitaria se instalarán 1 supresor de transitorios Clase C de 200 kA trifásico.

### 1.4.8.3 Diagrama Unifilar

A continuación, se muestra el Diagrama Unifilar del Edificio de Biblioteca Central Universitaria.

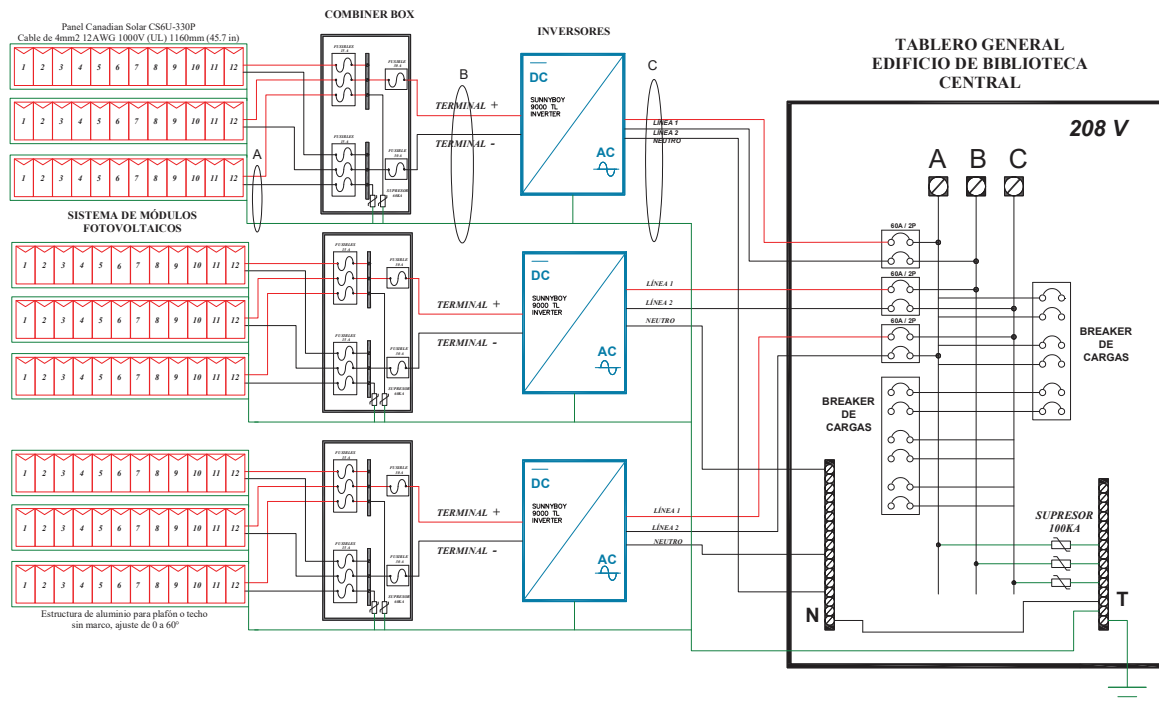


Ilustración 59: Diagrama Unifilar del SFV a instalar en el edificio.

### 1.4.8.4 Cálculo de Conductores

Tomando como base los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.4) se recalcularon los datos correspondientes, los cuales se muestran en la siguiente tabla, las letras corresponden a la ubicación de cada tramo en base al Diagrama Unifilar.

TRAMO DE CONDUCTORES	
A	Conductor fotovoltaico AWG 2 #12 (ROJO, NEGRO) + 1 #14 (VERDE)
B	Conductor fotovoltaico AWG 2 #10 (ROJO, NEGRO) + 1 #12 (VERDE)
C	Conductor THHN 2 #6 (ROJO, NEGRO) + 2 #8 (BLANCO, VERDE)

Tabla 28: Conductores calculados para cada tramo del SFV del edificio.

### 1.4.8.5 Presupuesto

Edificio de Biblioteca Central Universitaria							
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	P. U	P. U. M. O.	P. U (\$)	P. T (\$)
<b>1</b>	<b>Instalación de Estructura Metálica para 108 PFV y los PFV</b>	1	SG		\$ 3,000.00	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00
	Para Estructura						
1.1	Riel para sujeción IronRidge XR-10- 204B 17' (5 m)	50	U	\$ 68.50		\$ 68.50	\$ 3,425.00
1.2	Tubería EMT de 1/2'' (3 m)	80	U	\$ 3.75		\$ 3.75	\$ 300.00
1.3	Tuerca de 3/8''	500	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 375.00
1.4	Arandela Plana de 3/8''	500	U	\$ 0.15		\$ 0.15	\$ 75.00
1.5	Arandela de presión de 3/8''	500	U	\$ 0.20		\$ 0.20	\$ 100.00
1.6	Varilla roscada Zincada de 3/8" (3 m)	80	U	\$ 3.85		\$ 3.85	\$ 308.00
1.7	End Clamp	230	U	\$ 8.75		\$ 8.75	\$ 2,012.50
1.8	Inter Clamp	220	U	\$ 9.75		\$ 9.75	\$ 2,145.00
	Paneles Fotovoltaicos						
1.9	Panel Solar Canadian Solar MAX POWER CS6U-330P	108	U	\$ 165.00		\$ 165.00	\$ 17,820.00
<b>2</b>	<b>Instalación eléctrica de MFV con Sistema de Tierra a Combiner Box</b>	1	SG		\$ 3,000.00	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00
	Transporte de líneas de alimentación PFV a CBX						
2.1	Tubería EMT de 1'' (3 m)	30	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 256.50
2.2	Unión para Tubería EMT de 1''	30	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 22.50
2.3	Cuerpo LB de EMT de 1''	6	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 28.50
2.4	Cuerpo LT de EMT de 1''	6	U	\$ 8.25		\$ 8.25	\$ 49.50

2.5	Grapa para Tubería EMT de 1''	180	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 45.00
	<b>Conductores de MFV a Combiner Box</b>						
2.6	Carrete de conductor fotovoltaico #12 AWG 1000 VDC 1000' BLACK PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
2.7	Carrete de conductor fotovoltaico #12 AWG 1000 VDC 1000' RED PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
2.8	Carrete de Conductor THHN #14 AWG VERDE (500 m)	1	U	\$ 133.63		\$ 133.63	\$ 133.63
2.9	Conector Adaptador T4 Hembra para conductor #12 AWG	25	U	\$ 7.43		\$ 7.43	\$ 185.75
2.10	Conector Adaptador T4 Macho para conductor #12 AWG	25	U	\$ 5.78		\$ 5.78	\$ 144.50
2.11	Terminal de Ojo 16-14 AWG	120	U	\$ 0.20		\$ 0.20	\$ 24.00
	<b>Combiner Box</b>						
2.12	Combiner Box con Riel DIN para 8 portafusibles y 2 supresores de Transientes	3	U	\$ 150.00		\$ 150.00	\$ 450.00
2.13	Supresores de transientes de 600 V, 60 KA	6	U	\$ 300.00		\$ 300.00	\$ 1,800.00
2.14	Portafusibles Midnite Solar MNTS 1000 VDC Cilíndrico para Riel DIN y Aplicaciones Fotovoltaicas	28	U	\$ 7.75		\$ 7.75	\$ 217.00
2.15	Fusible 10 x 38 mm de 15 A 1000 VDC	22	U	\$ 6.45		\$ 6.45	\$ 141.90
2.16	Fusible 10 x 38 mm de 30 A 1000 VDC	10	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 85.50
<b>3</b>	<b>Conexión de Combiner Box a Inversores</b>	1	SG		\$ 2,500.00	\$ 2,500.00	\$ 2,500.00
	<b>Transporte de líneas de alimentación de CBX a Inversores</b>						
3.1	Tubería EMT de 1'' (3 m)	50	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 427.50
3.2	Unión para Tubería EMT de 1''	50	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 37.50

3.3	Cuerpo LB de EMT de 1''	12	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 57.00
3.4	Cuerpo LL de EMT de 1''	12	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 57.00
3.5	Cuerpo LR de EMT de 1''	12	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 57.00
3.6	Grapa para Tubería EMT de 1''	300	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 75.00
	<b>Combiner Box a Inversores</b>						
3.7	Carrete de conductor fotovoltaico #10 AWG 1000 VDC 1000' BLACK PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
3.8	Carrete de conductor fotovoltaico #10 AWG 1000 VDC 1000' RED PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
3.9	Carrete de Conductor THHN #12 AWG VERDE (500 m)	1	U	\$ 133.63		\$ 133.63	\$ 133.63
3.10	Conector Adaptador T4 Hembra para conductor #12 AWG	15	U	\$ 7.43		\$ 7.43	\$ 111.45
3.11	Conector Adaptador T4 Macho para conductor #12 AWG	15	U	\$ 5.78		\$ 5.78	\$ 86.70
	<b>Inversor</b>						
3.12	Inversor SMA SUNNY-BOY 10000TL-US de 10000 W a 208 V	3	U	\$ 2,950.22		\$ 2,950.22	\$ 8,850.66
<b>4</b>	<b>Conexión de Inversores a Tablero General</b>	1	SG		\$ 2,500.00	\$ 2,500.00	\$ 2,500.00
	<b>Transporte de Inversores a Tablero Principal</b>						
4.1	Tubería EMT de 1 1/2'' (3 m)	6	U	\$ 15.65		\$ 15.65	\$ 93.90
4.2	Unión para Tubería EMT de 1 1/2''	6	U	\$ 1.50		\$ 1.50	\$ 9.00
4.3	Cuerpo LB de EMT de 1 1/2''	6	U	\$ 10.25		\$ 10.25	\$ 61.50
4.4	Cuerpo LL de EMT de 1 1/2''	6	U	\$ 10.25		\$ 10.25	\$ 61.50
4.5	Cuerpo LR de EMT de 1 1/2''	6	U	\$ 10.25		\$ 10.25	\$ 61.50
4.6	Conector Recto para Tubería EMT de 1 1/2''	10	U	\$ 2.75		\$ 2.75	\$ 27.50



4.7	Grapa para Tubería EMT de 1 1/2''	36	U	\$ 0.50		\$ 0.50	\$ 18.00
	<b>Cableado de Inversores a Tablero General</b>						
4.8	Carrete de conductor THHN #2 AWG NEGRO (1 m)	38	U	\$ 5.25		\$ 5.25	\$ 199.50
4.9	Carrete de conductor THHN #2 AWG ROJO (1 m)	38	U	\$ 5.25		\$ 5.25	\$ 199.50
4.11	Carrete de Conductor THHN #4 AWG VERDE (1 m)	38	U	\$ 3.75		\$ 3.75	\$ 142.50
4.12	Circuit Breaker de 60 A / 2 P, 208/120 V	3	U	\$ 15.25		\$ 15.25	\$ 45.75
4.13	Supresor en AC, 208/120 voltios, 200 KA, con protección 15/3P, 18 KA, conexión a Tablero General, cable de tierra de 1/0	1	U	\$ 1,115.00		\$ 1,115.00	\$ 1,115.00
						<b>TOTAL</b>	<b>\$ 55,309.89</b>

#### 1.4.8.6 Resumen del Diseño Fotovoltaico

El Diseño Fotovoltaico queda de 108 MFV de 330 W los cuales requieren 3 Inversores de 10,000 W manejando 36 MFV por unidad, del cual cada uno llevará 3 Strings de 12 MFV. Todos los inversores serán conectados al Tablero General del Edificio de biblioteca Central Universitaria el cual se encuentra conectado a 208 V de la red. De igual manera se tiene al final una Potencia DC generada de 35,640 Wp y Potencia AC generada de 27,400 W.

### 1.4.9 Edificio de Jurisprudencia y Ciencias Sociales.

El área del edificio es de 3197 m<sup>2</sup> aproximadamente (sin tomar en cuenta los obstáculos de la azotea). El techo cuenta con diferentes áreas dentro de las cuales se encuentran unas con gran inclinación y no hacia la orientación deseada, pero con la estructura correcta serán factibles. De igual manera se tienen áreas que no son factibles debido a que se encuentran en condiciones críticas.



*Ilustración 60: Edificio de Jurisprudencia y Ciencias Sociales.*

A continuación, se muestra las medidas del Edificio de Jurisprudencia y Ciencias Sociales dadas en metros. De igual manera se presentan la inclinación del techo en grados y su orientación.

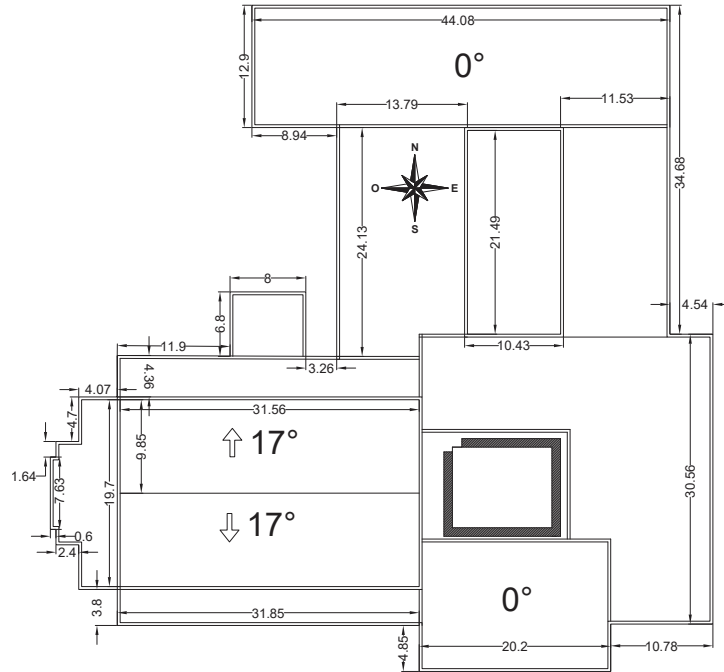


Ilustración 61: Medidas e inclinaciones del techo del edificio.

Teniendo el área y las dimensiones correspondientes del edificio, se realizó un diseño el cual utilizara 144 MFV cuya distribución se presenta a continuación.

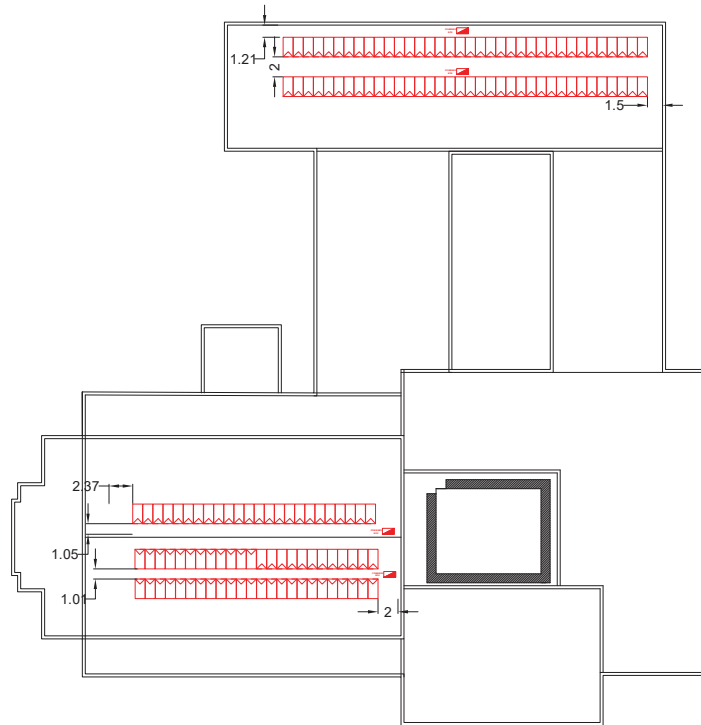


Ilustración 62: Distribución del SFV en el techo del edificio.

Para este edificio se utilizará el Módulo de 330 W y el Inversor de 10,000 W.

#### **1.4.9.1 Cálculo de Inversores**

Tomando como base los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.1) se recalcularon los datos correspondientes al edificio actual.

Por tanto, el diseño queda de 144 MFV, con 4 Inversores manejando 36 MFV por unidad, del cual cada uno llevará 3 Strings de 12 MFV conectados a 208 V de la red, con Potencia DC generada de 47,520 Wp y Potencia AC generada de 39,200 W.

#### **1.4.9.2 Cálculo de Protecciones**

En base a los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.2) se recalcularon los datos correspondientes al edificio actual.

Fusible por String = 15 A.

Fusible por MPP = 30 A.

Protección Termomagnética para INV. en AC = 60 A/ 2 P.

Protección Termomagnética para Tablero de Inversores y General en AC = 160 A/ 3 P.

Para la parte de los Supresores de Transientes se tiene que para la caja de conexiones en DC se utilizará 2 supresores de transitorios Clase A de 60 kA por cada Combiner BOX (Terminal Positivo y Negativo), para el Tablero de Inversores se utilizarán 1 supresores de transitorios Clase B de 100 kA trifásico y para el Tablero General del Edificio de Jurisprudencia y Ciencias Sociales se instalarán 1 supresor de transitorios Clase C de 200 kA trifásico.

#### **1.4.9.3 Diagrama Unifilar**

A continuación, se muestra el Diagrama Unifilar del Edificio de Jurisprudencia y Ciencias Sociales.

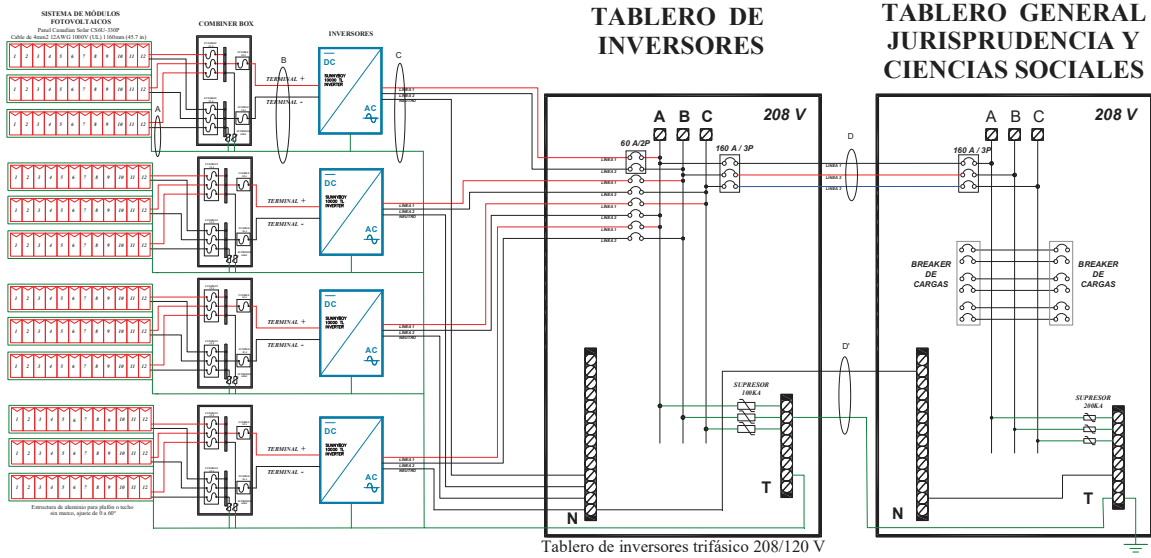


Ilustración 63: Diagrama unifilar del SFV a instalar en el edificio.

#### 1.4.9.4 Cálculo de Conductores

Tomando como base los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.4) se recalcularon los datos correspondientes, los cuales se muestran en la siguiente tabla, las letras corresponden a la ubicación de cada tramo en base al Diagrama Unifilar.

TRAMO DE CONDUCTORES	
A	Conductor fotovoltaico AWG 2 #12 (ROJO, NEGRO) + 1 #14 (VERDE)
B	Conductor fotovoltaico AWG 2 #10 (ROJO, NEGRO) + 1 #12 (VERDE)
C	Conductor THHN 2 #6 (ROJO, NEGRO) + 2 #8 (BLANCO, VERDE)
D	Conductor THHN 3 #1/0 (NEGRO, ROJO, AZUL)
D'	Conductor THHN 2 #2 (BLANCO, VERDE)

Tabla 29: Conductores calculados para cada tramo del SFV a instalar.

### 1.4.9.5 Presupuesto

Edificio de Jurisprudencia y Ciencias Sociales							
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	P. U	P. U. M. O.	P. U (\$)	P. T (\$)
<b>1</b>	<b>Instalación de Estructura Metálica para 144 PFV y los PFV</b>	1	SG		\$ 4,250.00	\$ 4,250.00	\$ 4,250.00
	Para Estructura						
1.1	Riel para sujeción IronRidge XR-10- 204B 17' (5 m)	62	U	\$ 68.50		\$ 68.50	\$ 4,247.00
1.2	Tubería EMT de 1/2'' (3 m)	110	U	\$ 3.75		\$ 3.75	\$ 412.50
1.3	Varilla roscada Zincada de 3/8" (3 m)	110	U	\$ 3.85		\$ 3.85	\$ 423.50
1.4	Tuerca de 3/8''	650	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 487.50
1.5	Arandela Plana de 3/8''	650	U	\$ 0.15		\$ 0.15	\$ 97.50
1.6	Arandela de presión de 3/8''	650	U	\$ 0.20		\$ 0.20	\$ 130.00
1.7	End Clamp	288	U	\$ 8.75		\$ 8.75	\$ 2,520.00
1.8	Inter Clamp	300	U	\$ 9.75		\$ 9.75	\$ 2,925.00
	Paneles Fotovoltaicos						
1.9	Panel Solar Canadian Solar MAX POWER CS6U-330P	144	U	\$ 165.00		\$ 165.00	\$ 23,760.00
<b>2</b>	<b>Instalación eléctrica de MFV con Sistema de Tierra a Combiner Box</b>	1	SG		\$ 4,250.00	\$ 4,250.00	\$ 4,250.00
	Transporte de líneas de alimentación PFV a CBX						
2.1	Tubería EMT de 1'' (3 m)	60	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 513.00
2.2	Unión para Tubería EMT de 1''	60	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 45.00
2.3	Cuerpo LB de EMT de 1''	10	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 47.50
2.4	Cuerpo LT de EMT de 1''	10	U	\$ 8.25		\$ 8.25	\$ 82.50

2.5	Grapa para Tubería EMT de 1''	360	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 90.00
	<b>Conductores de MFV a Combiner Box</b>						
2.6	Carrete de conductor fotovoltaico #12 AWG 1000 VDC 1000' BLACK PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
2.7	Carrete de conductor fotovoltaico #12 AWG 1000 VDC 1000' RED PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
2.8	Carrete de Conductor THHN #14 AWG VERDE (500 m)	1	U	\$ 133.63		\$ 133.63	\$ 133.63
2.9	Conector Adaptador T4 Hembra para conductor #12 AWG	45	U	\$ 7.43		\$ 7.43	\$ 334.35
2.10	Conector Adaptador T4 Macho para conductor #12 AWG	45	U	\$ 5.78		\$ 5.78	\$ 260.10
2.11	Terminal de Ojo 16-14 AWG	150	U	\$ 0.20		\$ 0.20	\$ 30.00
	<b>Combiner Box</b>						
2.12	Combiner Box con Riel DIN para 8 portafusibles y 2 supresores de Transientes	4	U	\$ 150.00		\$ 150.00	\$ 600.00
2.13	Supresores de transientes de 600 V, 60 KA	8	U	\$ 300.00		\$ 300.00	\$ 2,400.00
2.14	Portafusibles Midnite Solar MNTS 1000 VDC Cilíndrico para Riel DIN y Aplicaciones Fotovoltaicas	36	U	\$ 7.75		\$ 7.75	\$ 279.00
2.15	Fusible 10 x 38 mm de 15 A 1000 VDC	28	U	\$ 6.45		\$ 6.45	\$ 180.60
2.16	Fusible 10 x 38 mm de 30 A 1000 VDC	12	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 153.90
<b>3</b>	<b>Conexión de Combiner Box a Inversores, de Inversores a Tablero de Inversores y la Instalación del Tablero de Inversores</b>	1	SG		\$ 3,000.00	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00
	<b>Transporte de líneas de alimentación de CBX a Inversores</b>						
3.1	Tubería EMT de 1'' (3 m)	65	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 555.75

3.2	Unión para Tubería EMT de 1''	65	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 48.75
3.3	Cuerpo LB de EMT de 1''	20	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 95.00
3.4	Cuerpo LL de EMT de 1''	20	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 95.00
3.5	Cuerpo LR de EMT de 1''	20	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 95.00
3.6	Grapa para Tubería EMT de 1''	390	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 97.50
	<b>Combiner Box a Inversores</b>						
3.7	Carrete de conductor fotovoltaico #12 AWG 1000 VDC 1000' BLACK PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
3.8	Carrete de conductor fotovoltaico #12 AWG 1000 VDC 1000' RED PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
3.9	Carrete de Conductor THHN #12 AWG VERDE (1000 m)	1	U	\$ 315.25		\$ 315.25	\$ 315.25
3.10	Conector Adaptador T4 Hembra para conductor #12 AWG	18	U	\$ 7.43		\$ 7.43	\$ 133.74
3.11	Conector Adaptador T4 Macho para conductor #12 AWG	18	U	\$ 5.78		\$ 5.78	\$ 104.04
	<b>Inversor</b>						
3.12	Inversor SMA SUNNY-BOY 10000TL-US de 10000 W a 208 V	4	U	\$ 2,950.22		\$ 2,950.22	\$ 11,800.88
	<b>Inversores a Tablero de Inversores</b>						
3.13	Tubería EMT de 1'' (3 m)	15	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 128.25
3.14	Conector Recto para Tubería EMT de 1''	10	U	\$ 1.25		\$ 1.25	\$ 12.50
3.15	Grapa para Tubería EMT de 1''	90	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 22.50
3.16	Carrete de conductor THHN #6 AWG NEGRO (1 m)	45	U	\$ 1.95		\$ 1.95	\$ 87.75
3.17	Carrete de conductor THHN #6 AWG ROJO (1 m)	45	U	\$ 1.95		\$ 1.95	\$ 87.75



3.18	Carrete de Conductor THHN #8 AWG VERDE (1 m)	45	U	\$ 1.50		\$ 1.50	\$ 67.50
3.19	Tablero trifásico 208/120 V - 30 espacios con barra de 250 A - Main 160 A	1	U	\$ 400.00		\$ 400.00	\$ 400.00
3.20	Circuit Breaker de 60 A / 2P, 208/120 V	4	U	\$ 15.25		\$ 15.25	\$ 61.00
3.21	Supresor en AC, 208/120 voltios, 100 KA Trifásico	1	U	\$ 600.00		\$ 600.00	\$ 600.00
<b>4</b>	<b>Conexión de Tablero de Inversores a Tablero General</b>	1	SG		\$ 3,000.00	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00
	Transporte de Líneas de Tablero de Inversores a Tablero Principal						
4.1	Tubería EMT de 1 1/2'' (3 m)	20	U	\$ 15.65		\$ 15.65	\$ 313.00
4.2	Unión para Tubería EMT de 1 1/2''	20	U	\$ 1.50		\$ 1.50	\$ 30.00
4.3	Cuerpo LB de EMT de 1 1/2''	5	U	\$ 10.25		\$ 10.25	\$ 51.25
4.4	Cuerpo LL de EMT de 1 1/2''	5	U	\$ 10.25		\$ 10.25	\$ 51.25
4.5	Cuerpo LR de EMT de 1 1/2''	5	U	\$ 10.25		\$ 10.25	\$ 51.25
4.6	Conector Recto para Tubería EMT de 1 1/2''	4	U	\$ 2.75		\$ 2.75	\$ 11.00
4.7	Grapa para Tubería EMT de 1 1/2''	120	U	\$ 0.50		\$ 0.50	\$ 60.00
	<b>Cableado Tablero de Inversores a Tablero General</b>						
4.8	Carrete de conductor THHN #1/0 AWG NEGRO (1 m)	60	U	\$ 1.95		\$ 1.95	\$ 117.00
4.9	Carrete de conductor THHN #1/0 AWG ROJO (1 m)	60	U	\$ 1.95		\$ 1.95	\$ 117.00
4.10	Carrete de conductor THHN #1/0 AWG AZUL (1 m)	60	U	\$ 1.95		\$ 1.95	\$ 117.00
4.11	Carrete de Conductor THHN #2 AWG VERDE (1 m)	60	U	\$ 1.50		\$ 1.50	\$ 90.00

4.12	Circuit Breaker de 160 A / 3P, 208/120 V	1	U	\$ 175.00		\$ 175.00	\$ 175.00
4.13	Supresor en AC, 208/120 voltios, 200 KA, con protección 15/3P, 18 KA, conexión a Tablero General, cable de tierra de 1/0	1	U	\$ 1,115.00		\$ 1,115.00	\$ 1,115.00
						<b>TOTAL</b>	<b>\$ 73,996.01</b>

#### 1.4.9.6 Resumen del Diseño Fotovoltaico

El Diseño Fotovoltaico queda de 144 MFV de 330 W los cuales requieren 4 Inversores de 10,000 W manejando 36 MFV por unidad, del cual cada uno llevará 3 Strings de 12 MFV. Todos los inversores serán conectados a un Tableros de Inversores el cual se conectarán con el Tablero General del Edificio de Jurisprudencia y Ciencias Sociales el cual se encuentra conectado a 208 V de la red. De igual manera se tiene al final una Potencia DC generada de 47,520 Wp y Potencia AC generada de 39,200 W.

### 1.4.10 Edificio de Usos Múltiples

El área del edificio es de 325 m<sup>2</sup> aproximadamente (sin tomar en cuenta los obstáculos de la azotea). Se recomienda la poda de los árboles a su alrededor ya que pueden generar sombra en el techo del edificio.



Ilustración 64: Edificio de usos múltiples imagen lateral.

A continuación, se muestra las medidas del Edificio de Usos Múltiples dadas en metros. De igual manera se presentan la inclinación del techo en grados y su orientación.

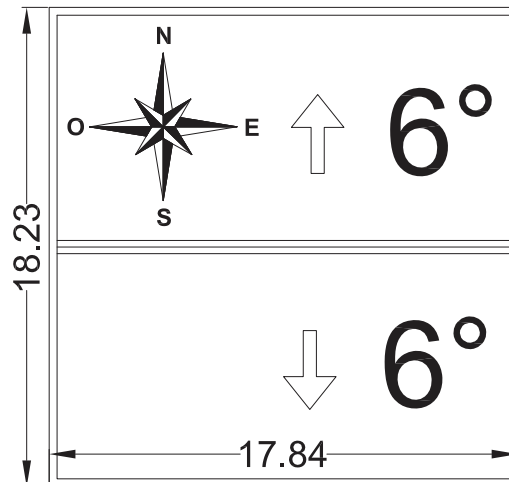


Ilustración 65: Inclinaciones y medidas del edificio.

Teniendo el área y las dimensiones correspondientes del edificio, se realizó un diseño el cual utilizara 60 MFV cuya distribución se presenta a continuación.

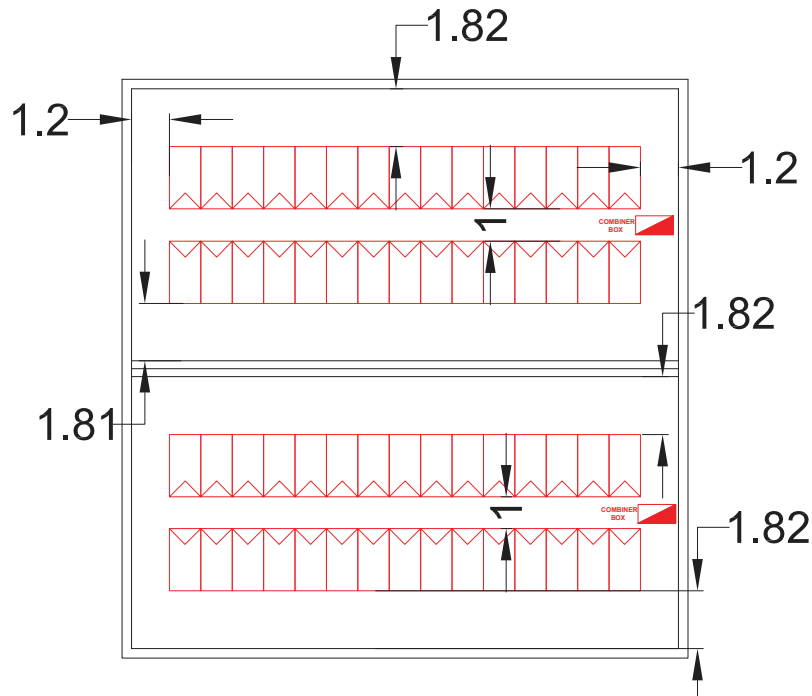


Ilustración 66: Distribución del SFV en el techo del edificio.

Para este edificio se utilizará el Módulo de 350 W y el Inversor de 9,000 W.

#### 1.4.10.1 Cálculo de inversores

Tomando como base los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.1) se recalculan los datos correspondientes al edificio actual.

Por tanto, el diseño queda de 60 MFV, con 2 Inversores manejando 30 MFV por unidad, del cual cada uno llevará 3 Strings de 10 MFV conectados a 208 V de la red, con Potencia DC generada de 21,000 Wp y Potencia AC generada de 17,640 W.

#### 1.4.10.2 Cálculo de Protecciones

En base a los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.2) se recalculan los datos correspondientes al edificio actual.

Fusible por String = 15 A.

Fusible por MPP = 30 A.

Protección Termomagnética para INV. en AC = 60 A/ 2 P.

Debido a que se tienen solo 2 Inversores en este Edificio se consideró llevar las líneas directo al tablero general del edificio.

Para la parte de los Supresores de Transientes se tiene que para la caja de conexiones en DC se utilizará 2 supresores de transitorios Clase A de 60 kA por cada Combiner BOX (Terminal Positivo y Negativo) y para el Tablero General del Edificio de Usos Múltiples se instalarán 1 supresor de transitorios Clase C de 200 kA trifásico.

### 1.4.10.3 Diagrama Unifilar

A continuación, se muestra el Diagrama Unifilar del Edificio de Usos Múltiples.

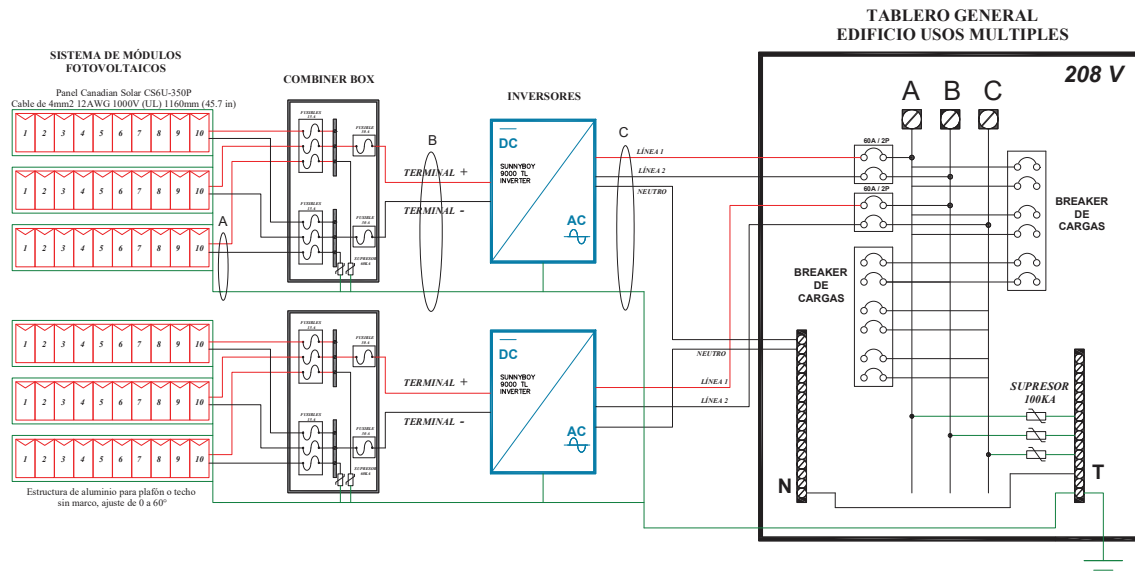


Ilustración 67: Diagrama unifilar del SFV a instalar.

### 1.4.10.4 Cálculo de Conductores

Tomando como base los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.4) se recalcularon los datos correspondientes, los cuales se muestran en la siguiente tabla, las letras corresponden a la ubicación de cada tramo en base al Diagrama Unifilar.

TRAMO DE CONDUCTORES	
A	Conductor fotovoltaico AWG 2 #12 (ROJO, NEGRO) + 1 #14 (VERDE)
B	Conductor fotovoltaico AWG 2 #10 (ROJO, NEGRO) + 1 #12 (VERDE)
C	Conductor THHN 2 #6 (ROJO, NEGRO) + 2 #8 (BLANCO, VERDE)

Tabla 30: Conductores calculados para cada tramo.

#### 1.4.10.5 Presupuesto

Edificio de Usos Múltiples							
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	P. U	P. U. M. O.	P. U (\$)	P. T (\$)
<b>1</b>	<b>Instalación de Estructura Metálica para 72 PFV y los PFV</b>	1	SG		\$ 2,000.00	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00
	Para Estructura						
1.1	Riel para sujeción IronRidge XR-10- 204B 17' (5 m)	32	U	\$ 68.50		\$ 68.50	\$ 2,192.00
1.2	Tubería EMT de 1/2'' (3 m)	40	U	\$ 3.75		\$ 3.75	\$ 150.00
1.3	Tuerca de 3/8''	250	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 187.50
1.4	Arandela Plana de 3/8''	250	U	\$ 0.15		\$ 0.15	\$ 37.50
1.5	Arandela de presión de 3/8''	250	U	\$ 0.20		\$ 0.20	\$ 50.00
1.6	Varilla roscada Zincada de 3/8" (3 m)	25	U	\$ 3.85		\$ 3.85	\$ 96.25
1.7	End Clamp	150	U	\$ 8.75		\$ 8.75	\$ 1,312.50
1.8	Inter Clamp	125	U	\$ 9.75		\$ 9.75	\$ 1,218.75
	Paneles Fotovoltaicos						
1.9	Panel Solar Canadian Solar CS6U-350P	60	U	\$ 175.00		\$ 175.00	\$ 10,500.00
<b>2</b>	<b>Instalación eléctrica de MFV con Sistema de Tierra a Combiner Box</b>	1	SG		\$ 2,000.00	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00
	Transporte de líneas de alimentación PFV a CBX						
2.1	Tubería EMT de 1'' (3 m)	20	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 171.00
2.2	Unión para Tubería EMT de 1''	20	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 15.00
2.3	Cuerpo LB de EMT de 1''	5	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 23.75
2.4	Cuerpo LT de EMT de 1''	5	U	\$ 8.25		\$ 8.25	\$ 41.25

2.5	Grapa para Tubería EMT de 1''	120	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 30.00
	<b>Conductores de MFV a Combiner Box</b>						
2.6	Carrete de conductor fotovoltaico #12 AWG 1000 VDC 1000' BLACK PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
2.7	Carrete de conductor fotovoltaico #12 AWG 1000 VDC 1000' RED PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
2.8	Carrete de Conductor THHN #14 AWG VERDE (500 m)	1	U	\$ 133.63		\$ 133.63	\$ 133.63
2.9	Conector Adaptador T4 Hembra para conductor #12 AWG	15	U	\$ 7.43		\$ 7.43	\$ 111.45
2.10	Conector Adaptador T4 Macho para conductor #12 AWG	15	U	\$ 5.78		\$ 5.78	\$ 86.70
2.11	Terminal de Ojo 16-14 AWG	80	U	\$ 0.20		\$ 0.20	\$ 16.00
	<b>Combiner Box</b>						
2.12	Combiner Box con Riel DIN para 8 portafusibles y 2 supresores de Transientes	2	U	\$ 150.00		\$ 150.00	\$ 300.00
2.13	Supresores de transientes de 600 V, 60 KA	4	U	\$ 300.00		\$ 300.00	\$ 1,200.00
2.14	Portafusibles Midnite Solar MNTS 1000 VDC Cilíndrico para Riel DIN y Aplicaciones Fotovoltaicas	20	U	\$ 7.75		\$ 7.75	\$ 155.00
2.15	Fusible 10 x 38 mm de 15 A 1000 VDC	16	U	\$ 6.45		\$ 6.45	\$ 103.20
2.16	Fusible 10 x 38 mm de 30 A 1000 VDC	8	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 68.40
<b>3</b>	<b>Conexión de Combiner Box a Inversores</b>	1	SG		\$ 1,800.00	\$ 1,800.00	\$ 1,800.00
	<b>Transporte de líneas de alimentación de CBX a Inversores</b>						
3.1	Tubería EMT de 1'' (3 m)	25	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 213.75
3.2	Unión para Tubería EMT de 1''	25	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 18.75

3.3	Cuerpo LB de EMT de 1''	10	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 47.50
3.4	Cuerpo LL de EMT de 1''	10	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 47.50
3.5	Cuerpo LR de EMT de 1''	10	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 47.50
3.6	Grapa para Tubería EMT de 1''	150	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 37.50
	<b>Combiner Box a Inversores</b>						
3.7	Carrete de conductor fotovoltaico #10 AWG 1000 VDC 1000' BLACK PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
3.8	Carrete de conductor fotovoltaico #10 AWG 1000 VDC 1000' RED PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
3.9	Carrete de Conductor THHN #12 AWG VERDE (500 m)	1	U	\$ 133.63		\$ 133.63	\$ 133.63
3.10	Conector Adaptador T4 Hembra para conductor #12 AWG	10	U	\$ 7.43		\$ 7.43	\$ 74.30
3.11	Conector Adaptador T4 Macho para conductor #12 AWG	10	U	\$ 5.78		\$ 5.78	\$ 57.80
	<b>Inversor</b>						
3.12	Inversor SMA SUNNY-BOY 9000TL-US de 9000 W a 208 V	2	U	\$ 2,750.00		\$ 2,750.00	\$ 5,500.00
<b>4</b>	<b>Conexión de Inversores a Tablero General</b>	1	SG		\$ 1,800.00	\$ 1,800.00	\$ 1,800.00
	<b>Transporte de Inversores a Tablero Principal</b>						
4.1	Tubería EMT de 1 1/2'' (3 m)	4	U	\$ 15.65		\$ 15.65	\$ 62.60
4.2	Unión para Tubería EMT de 1 1/2''	4	U	\$ 1.50		\$ 1.50	\$ 6.00
4.3	Cuerpo LB de EMT de 1 1/2''	4	U	\$ 10.25		\$ 10.25	\$ 41.00
4.4	Cuerpo LL de EMT de 1 1/2''	4	U	\$ 10.25		\$ 10.25	\$ 41.00
4.5	Cuerpo LR de EMT de 1 1/2''	4	U	\$ 10.25		\$ 10.25	\$ 41.00
4.6	Conector Recto para Tubería EMT de 1 1/2''	8	U	\$ 2.75		\$ 2.75	\$ 22.00



4.7	Grapa para Tubería EMT de 1 1/2''	25	U	\$ 0.50		\$ 0.50	\$ 12.50
	<b>Cableado de Inversores a Tablero General</b>						
4.8	Carrete de conductor THHN #2 AWG NEGRO (1 m)	25	U	\$ 5.25		\$ 5.25	\$ 131.25
4.9	Carrete de conductor THHN #2 AWG ROJO (1 m)	25	U	\$ 5.25		\$ 5.25	\$ 131.25
4.11	Carrete de Conductor THHN #4 AWG VERDE (1 m)	25	U	\$ 3.75		\$ 3.75	\$ 93.75
4.12	Circuit Breaker de 60 A / 2 P, 208/120 V	2	U	\$ 15.25		\$ 15.25	\$ 30.50
4.13	Supresor en AC, 208/120 voltios, 200 KA, con protección 15/3P, 18 KA, conexión a Tablero General, cable de tierra de 1/0	1	U	\$ 1,115.00		\$ 1,115.00	\$ 1,115.00
						<b>TOTAL</b>	<b>\$ 35,942.48</b>

#### 1.4.10.6 Resumen del Diseño Fotovoltaico

El Diseño Fotovoltaico queda de 72 MFV de 350 W los cuales requieren 2 Inversores de 9,000 W manejando 36 MFV por unidad, del cual cada uno llevará 3 Strings de 12 MFV. Todos los inversores serán conectados al Tablero General del Edificio de Usos Múltiples el cual se encuentra conectado a 208 V de la red. De igual manera se tiene al final una Potencia DC generada de 21,000 Wp y Potencia AC generada de 17,640 W.

### 1.4.11 Edificio Administrativo de Ciencias Agronómicas

El área del edificio es de 631 m<sup>2</sup> aproximadamente (sin tomar en cuenta los obstáculos de la azotea). El edificio se encuentra rodeado de algunos árboles y palmeras los cuales obstruyen el techo por lo cual se recomendaría una poda. Por la forma del edificio se realizará una estructura especial sobre los muros de concreto.



Ilustración 68: Imagen de vista superior del edificio Administrativo de Ciencias Agronómicas.

A continuación, se muestra las medidas del Edificio Administrativo de Ciencias Agronómicas dadas en metros. De igual manera se presentan la inclinación del techo en grados.

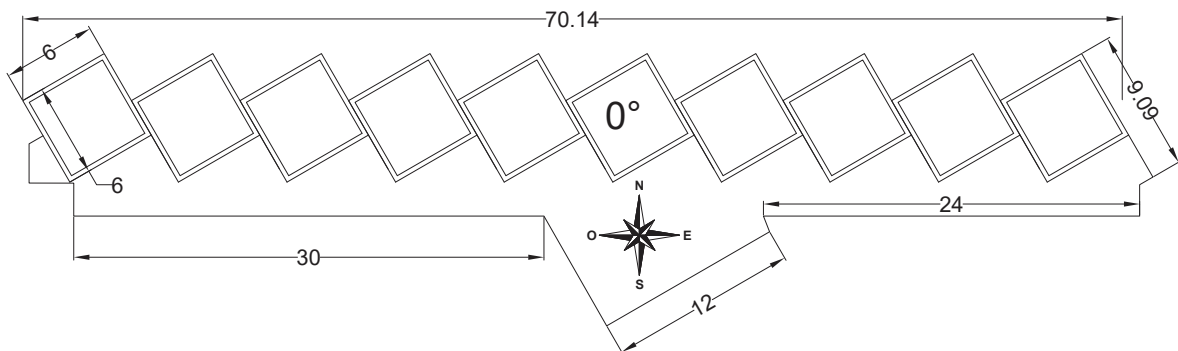
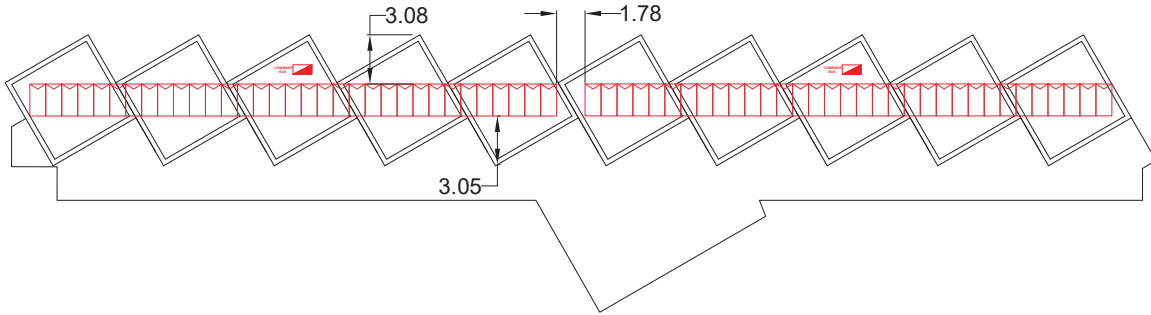


Ilustración 69: Medidas e inclinación del techo del edificio.

Teniendo el área y las dimensiones del edificio se realizó un diseño el cual utilizara 66 MFV cuya distribución se presenta a continuación.



*Ilustración 70: Distribución del SFV a instalar en el edificio.*

Para este edificio se utilizará el Módulo de 330 W y el Inversor de 9,000 W.

#### **1.4.11.1 Cálculo de Inversores**

Tomando como base los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.1) se recalcularon los datos correspondientes al edificio actual.

Por tanto, el diseño queda de 66 MFV, con 2 Inversores manejando 33 MFV por unidad, del cual cada uno llevará 3 Strings de 11 MFV conectados a 208 V de la red, con Potencia DC generada de 21,780 Wp y Potencia AC generada de 17,640 W.

#### **1.4.11.2 Cálculo de Protecciones**

En base a los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.2) se recalcularon los datos correspondientes al edificio actual.

Fusible por String = 15 A.

Fusible por MPP = 30 A.

Protección Termomagnética para INV. en AC = 60 A/ 2 P.

Debido a que se tienen solo 2 Inversores en este Edificio se consideró llevar las líneas directo al tablero general del edificio.

Para la parte de los Supresores de Transientes se tiene que para la caja de conexiones en DC se utilizará 2 supresores de transitorios Clase A de 60 kA por cada Combiner BOX (Terminal Positivo y Negativo) y para el Tablero General del Edificio Administrativo de Ciencias Agronómicas se instalarán 1 supresor de transitorios Clase C de 200 kA trifásico.

### 1.4.11.3 Diagrama Unifilar

A continuación, se muestra el Diagrama Unifilar del Edificio Administrativo de Ciencias Agronómicas.

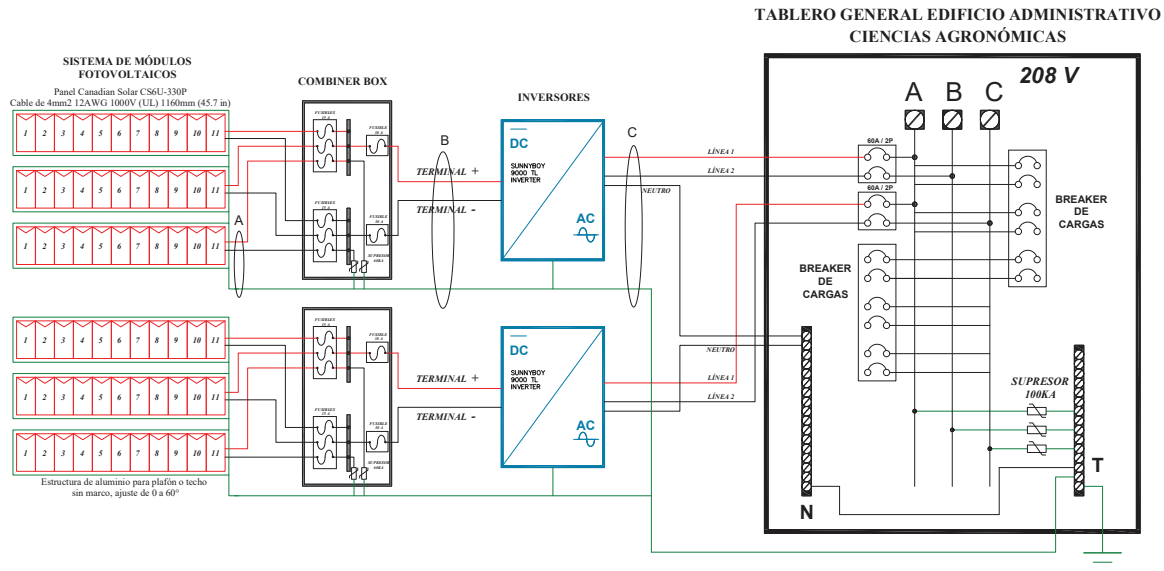


Ilustración 71: Diagrama unifilar del SFV a instalar.

### 1.4.11.4 Cálculo de Conductores

Tomando como base los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.4) se recalcularon los datos correspondientes, los cuales se muestran en la siguiente tabla, las letras corresponden a la ubicación de cada tramo en base al Diagrama Unifilar.

TRAMO DE CONDUCTORES	
A	Conductor fotovoltaico AWG 2 #12 (ROJO, NEGRO) + 1 #14 (VERDE)
B	Conductor fotovoltaico AWG 2 #10 (ROJO, NEGRO) + 1 #12 (VERDE)
C	Conductor THHN 2 #6 (ROJO, NEGRO) + 2 #8 (BLANCO, VERDE)

Tabla 31: Conductores calculados para cada tramo del SFV a instalar.

#### 1.4.11.5 Presupuesto

Edificio Administrativo de Agronomía							
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	P. U	P. U. M. O.	P. U (\$)	P. T (\$)
<b>1</b>	<b>Instalación de Estructura Metálica para 66 PFV y los PFV</b>	1	SG		\$ 2,000.00	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00
	Para Estructura						
1.1	Riel para sujeción IronRidge XR-10- 204B 17' (5 m)	28	U	\$ 68.50		\$ 68.50	\$ 1,918.00
1.2	Tubería EMT de 1/2'' (3 m)	25	U	\$ 3.75		\$ 3.75	\$ 93.75
1.3	Tuerca de 3/8''	300	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 225.00
1.4	Arandela Plana de 3/8''	300	U	\$ 0.15		\$ 0.15	\$ 45.00
1.5	Arandela de presión de 3/8''	300	U	\$ 0.20		\$ 0.20	\$ 60.00
1.6	Varilla roscada Zincada de 3/8" (3 m)	25	U	\$ 3.85		\$ 3.85	\$ 96.25
1.7	End Clamp	140	U	\$ 8.75		\$ 8.75	\$ 1,225.00
1.8	Inter Clamp	135	U	\$ 9.75		\$ 9.75	\$ 1,316.25
	Paneles Fotovoltaicos						
1.9	Panel Solar Canadian Solar CS6U-350P	66	U	\$ 175.00		\$ 175.00	\$ 11,550.00
<b>2</b>	<b>Instalación eléctrica de MFV con Sistema de Tierra a Combiner Box</b>	1	SG		\$ 2,000.00	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00
	Transporte de líneas de alimentación PFV a CBX						
2.1	Tubería EMT de 1'' (3 m)	22	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 188.10
2.2	Unión para Tubería EMT de 1''	22	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 16.50
2.3	Cuerpo LB de EMT de 1''	6	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 28.50
2.4	Cuerpo LT de EMT de 1''	6	U	\$ 8.25		\$ 8.25	\$ 49.50

2.5	Grapa para Tubería EMT de 1''	132	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 33.00
	<b>Conductores de MFV a Combiner Box</b>						
2.6	Carrete de conductor fotovoltaico #12 AWG 1000 VDC 1000' BLACK PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
2.7	Carrete de conductor fotovoltaico #12 AWG 1000 VDC 1000' RED PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
2.8	Carrete de Conductor THHN #14 AWG VERDE (500 m)	1	U	\$ 133.63		\$ 133.63	\$ 133.63
2.9	Conector Adaptador T4 Hembra para conductor #12 AWG	15	U	\$ 7.43		\$ 7.43	\$ 111.45
2.10	Conector Adaptador T4 Macho para conductor #12 AWG	15	U	\$ 5.78		\$ 5.78	\$ 86.70
2.11	Terminal de Ojo 16-14 AWG	75	U	\$ 0.20		\$ 0.20	\$ 15.00
	<b>Combiner Box</b>						
2.12	Combiner Box con Riel DIN para 8 portafusibles y 2 supresores de Transientes	2	U	\$ 150.00		\$ 150.00	\$ 300.00
2.13	Supresores de transientes de 600 V, 60 KA	4	U	\$ 300.00		\$ 300.00	\$ 1,200.00
2.14	Portafusibles Midnite Solar MNTS 1000 VDC Cilíndrico para Riel DIN y Aplicaciones Fotovoltaicas	20	U	\$ 7.75		\$ 7.75	\$ 155.00
2.15	Fusible 10 x 38 mm de 15 A 1000 VDC	16	U	\$ 6.45		\$ 6.45	\$ 103.20
2.16	Fusible 10 x 38 mm de 30 A 1000 VDC	8	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 68.40
<b>3</b>	<b>Conexión de Combiner Box a Inversores</b>	1	SG		\$ 1,800.00	\$ 1,800.00	\$ 1,800.00
	<b>Transporte de líneas de alimentación de CBX a Inversores</b>						
3.1	Tubería EMT de 1'' (3 m)	50	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 427.50
3.2	Unión para Tubería EMT de 1''	50	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 37.50

3.3	Cuerpo LB de EMT de 1''	15	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 71.25
3.4	Cuerpo LL de EMT de 1''	15	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 71.25
3.5	Cuerpo LR de EMT de 1''	15	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 71.25
3.6	Grapa para Tubería EMT de 1''	300	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 75.00
	<b>Combiner Box a Inversores</b>						
3.7	Carrete de conductor fotovoltaico #10 AWG 1000 VDC 1000' BLACK PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
3.8	Carrete de conductor fotovoltaico #10 AWG 1000 VDC 1000' RED PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
3.9	Carrete de Conductor THHN #12 AWG VERDE (500 m)	1	U	\$ 133.63		\$ 133.63	\$ 133.63
3.10	Conector Adaptador T4 Hembra para conductor #12 AWG	10	U	\$ 7.43		\$ 7.43	\$ 74.30
3.11	Conector Adaptador T4 Macho para conductor #12 AWG	10	U	\$ 5.78		\$ 5.78	\$ 57.80
	<b>Inversor</b>						
3.12	Inversor SMA SUNNY-BOY 9000TL-US de 9000 W a 208 V	2	U	\$ 2,750.00		\$ 2,750.00	\$ 5,500.00
<b>4</b>	<b>Conexión de Inversores a Tablero General</b>	1	SG		\$ 1,800.00	\$ 1,800.00	\$ 1,800.00
	<b>Transporte de Inversores a Tablero Principal</b>						
4.1	Tubería EMT de 1 1/2'' (3 m)	4	U	\$ 15.65		\$ 15.65	\$ 62.60
4.2	Unión para Tubería EMT de 1 1/2''	4	U	\$ 1.50		\$ 1.50	\$ 6.00
4.3	Cuerpo LB de EMT de 1 1/2''	4	U	\$ 10.25		\$ 10.25	\$ 41.00
4.4	Cuerpo LL de EMT de 1 1/2''	4	U	\$ 10.25		\$ 10.25	\$ 41.00
4.5	Cuerpo LR de EMT de 1 1/2''	4	U	\$ 10.25		\$ 10.25	\$ 41.00
4.6	Conector Recto para Tubería EMT de 1 1/2''	8	U	\$ 2.75		\$ 2.75	\$ 22.00

4.7	Grapa para Tubería EMT de 1 1/2''	25	U	\$ 0.50		\$ 0.50	\$ 12.50
	<b>Cableado de Inversores a Tablero General</b>						
4.8	Carrete de conductor THHN #2 AWG NEGRO (1 m)	25	U	\$ 5.25		\$ 5.25	\$ 131.25
4.9	Carrete de conductor THHN #2 AWG ROJO (1 m)	25	U	\$ 5.25		\$ 5.25	\$ 131.25
4.11	Carrete de Conductor THHN #4 AWG VERDE (1 m)	25	U	\$ 3.75		\$ 3.75	\$ 93.75
4.12	Circuit Breaker de 60 A / 2 P, 208/120 V	2	U	\$ 15.25		\$ 15.25	\$ 30.50
4.13	Supresor en AC, 208/120 voltios, 200 KA, con protección 15/3P, 18 KA, conexión a Tablero General, cable de tierra de 1/0	1	U	\$ 1,115.00		\$ 1,115.00	\$ 1,115.00
						<b>TOTAL</b>	<b>\$ 37,102.08</b>

#### 1.4.11.6 Resumen del Diseño Fotovoltaico

El Diseño Fotovoltaico queda de 66 MFV de 330 W los cuales requieren 2 Inversores de 9,000 W manejando 33 MFV por unidad, del cual cada uno llevará 3 Strings de 11 MFV. Todos los inversores serán conectados al Tablero General del Edificio de Administrativo de Agronomía el cual se encuentra conectado a 208 V de la red. De igual manera se tiene al final una Potencia DC generada de 21,780 Wp y Potencia AC generada de 17,640 W.



### 1.4.12 Edificio de CENSALUD

El área del edificio es de 1090 m<sup>2</sup> aproximadamente (sin tomar en cuenta los obstáculos de la azotea). Este edificio no requiere de ninguna intervención para dejarlo apto para la instalación Fotovoltaica (FV).



Ilustración 72: Imagen de vista superior del edificio de CENSALUD.

A continuación, se muestra las medidas del Edificio de CENSALUD dadas en metros. De igual manera se presentan la inclinación del techo en grados y su orientación.

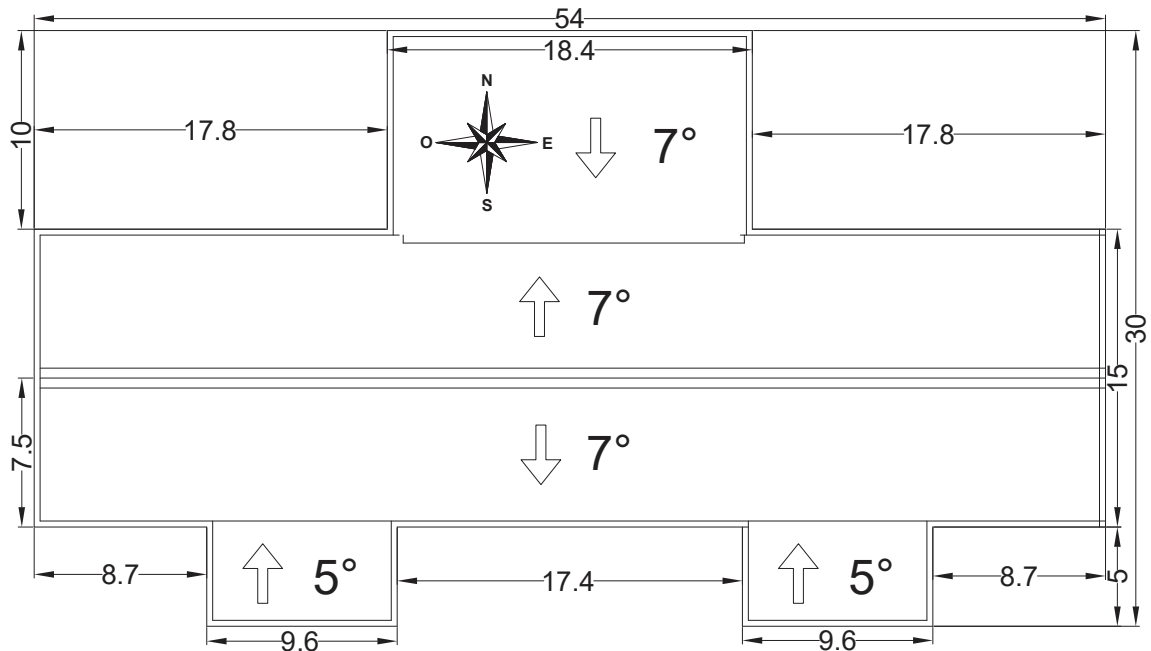


Ilustración 73: Medidas e inclinaciones del techo del edificio.

Teniendo el área y las dimensiones del edificio se realizó un diseño el cual utilizara 231 MFV cuya distribución se presenta a continuación.

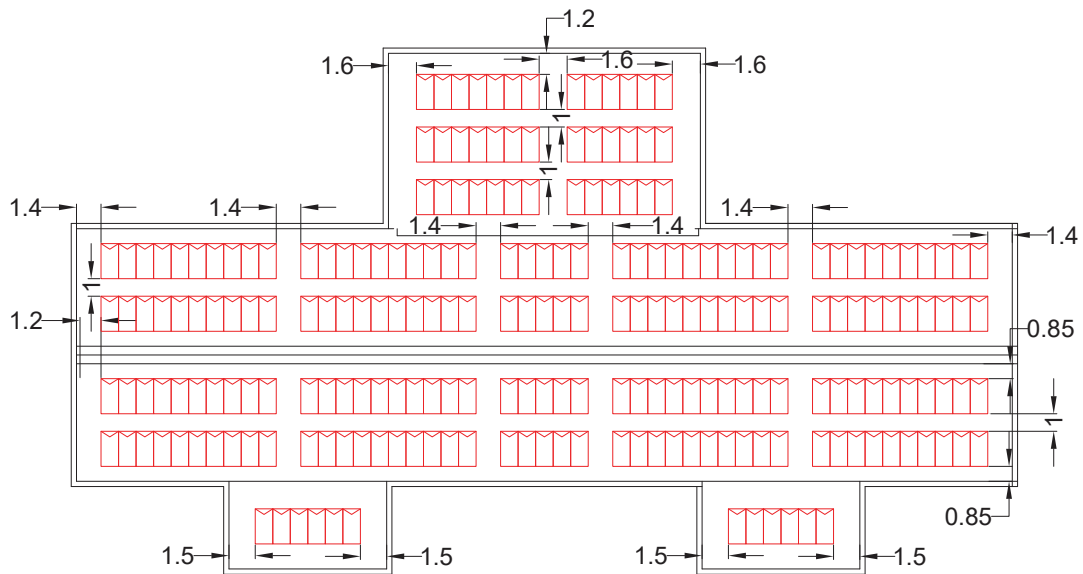


Ilustración 74: Distribución del SFV a instalar en el edificio.

Para este edificio se utilizará el Módulo de 330 W y el Inversor de 9,000 W.

#### 1.4.12.1 Cálculo de Inversores

Tomando como base los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.1) se recalcularon los datos correspondientes al edificio actual.

Por tanto, el diseño queda de 231 MFV, con 7 Inversores manejando 33 MFV por unidad, del cual cada uno llevará 3 Strings de 11 MFV conectados a 208 V de la red, con Potencia DC generada de 76,230 Wp y Potencia AC generada de 61,740 W.

#### 1.4.12.2 Cálculo de Protecciones

En base a los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.2) se recalcularon los datos correspondientes al edificio actual.

Fusible por String = 15 A.

Fusible por MPP = 30 A.

Protección Termomagnética para INV. en AC = 60 A/ 2 P.

Protección Termomagnética para Tablero de Inversores y General en AC = 225 A/ 3 P.

Para la parte de los Supresores de Transientes se tiene que para la caja de conexiones en DC se utilizará 2 supresores de transitorios Clase A de 60 kA por cada Combiner BOX (Terminal Positivo y Negativo), para el Tablero de Inversores se utilizarán 1 supresores de transitorios Clase B de 100 kA trifásico y para el Tablero General del Edificio de CENSALUD se instalarán 1 supresor de transitorios Clase C de 200 kA trifásico.

### 1.4.12.3 Diagrama Unifilar

A continuación, se muestra el Diagrama Unifilar del Edificio de CENSALUD.

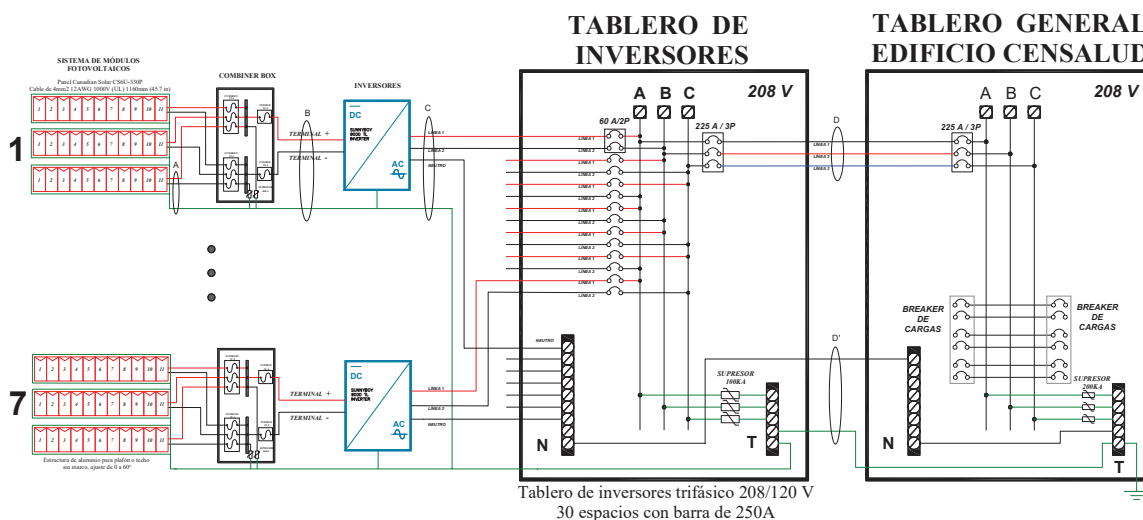


Ilustración 75: Diagrama unifilar del SFV a instalar en el edificio.

### 1.4.12.4 Cálculo de Conductores

Tomando como base los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.4) se recalcularon los datos correspondientes, los cuales se muestran en la siguiente tabla, las letras corresponden a la ubicación de cada tramo en base al Diagrama Unifilar.

TRAMO DE CONDUCTORES	
A	Conductor fotovoltaico AWG 2 #12 (ROJO, NEGRO) + 1 #14 (VERDE)
B	Conductor fotovoltaico AWG 2 #10 (ROJO, NEGRO) + 1 #12 (VERDE)
C	Conductor THHN 2 #6 (ROJO, NEGRO) + 2 #8 (BLANCO, VERDE)
D	Conductor THHN 3 #3/0 (NEGRO, ROJO, AZUL)
D'	Conductor THHN 2 #2/0 (BLANCO, VERDE)

Tabla 32: Conductores calculados para cada tramo del SFV a instalar.

### 1.4.12.5 Presupuesto

Edificio de CENSALUD							
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	P. U	P. U. M. O.	P. U (\$)	P. T (\$)
<b>1</b>	<b>Instalación de Estructura Metálica para 231 PFV y los PFV</b>	1	SG		\$ 5,200.00	\$ 5,200.00	\$ 5,200.00
	Para Estructura						
1.1	Riel para sujeción IronRidge XR-10- 204B 17' (5 m)	105	U	\$ 68.50		\$ 68.50	\$ 7,192.50
1.2	Tubería EMT de 1/2'' (3 m)	185	U	\$ 3.75		\$ 3.75	\$ 693.75
1.3	Tuerca de 3/8''	1,150	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 862.50
1.4	Arandela Plana de 3/8''	1,150	U	\$ 0.15		\$ 0.15	\$ 172.50
1.5	Arandela de presión de 3/8''	1,150	U	\$ 0.20		\$ 0.20	\$ 230.00
1.6	Varilla roscada Zincada de 3/8" (3 m)	290	U	\$ 3.85		\$ 3.85	\$ 1,116.50
1.7	End Clamp	575	U	\$ 8.75		\$ 8.75	\$ 5,031.25
1.8	Inter Clamp	520	U	\$ 9.75		\$ 9.75	\$ 5,070.00
	Paneles Fotovoltaicos						
1.9	Panel Solar Canadian Solar MAX POWER CS6U-330P	231	U	\$ 165.00		\$ 165.00	\$ 38,115.00
<b>2</b>	<b>Instalación eléctrica de MFV con Sistema de Tierra a Combiner Box</b>	1	SG		\$ 5,200.00	\$ 5,200.00	\$ 5,200.00
	Transporte de líneas de alimentación PFV a CBX						
2.1	Tubería EMT de 1'' (3 m)	135	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 1,154.25
2.2	Unión para Tubería EMT de 1''	135	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 101.25
2.3	Cuerpo LB de EMT de 1''	25	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 118.75
2.4	Cuerpo LT de EMT de 1''	25	U	\$ 8.25		\$ 8.25	\$ 206.25

2.5	Grapa para Tubería EMT de 1''	810	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 202.50
	<b>Conductores de MFV a Combiner Box</b>						
2.6	Carrete de conductor fotovoltaico #12 AWG 1000 VDC 2000' BLACK PV WIRE (600 m)	1	U	\$ 913.50		\$ 913.50	\$ 913.50
2.7	Carrete de conductor fotovoltaico #12 AWG 2000 VDC 1000' RED PV WIRE (600 m)	1	U	\$ 913.50		\$ 913.50	\$ 913.50
2.8	Carrete de Conductor THHN #14 AWG VERDE (500 m)	1	U	\$ 133.63		\$ 133.63	\$ 133.63
2.9	Conector Adaptador T4 Hembra para conductor #12 AWG	50	U	\$ 7.43		\$ 7.43	\$ 371.50
2.10	Conector Adaptador T4 Macho para conductor #12 AWG	50	U	\$ 5.78		\$ 5.78	\$ 289.00
2.11	Terminal de Ojo 16-14 AWG	270	U	\$ 0.20		\$ 0.20	\$ 54.00
	<b>Combiner Box</b>						
2.12	Combiner Box con Riel DIN para 8 portafusibles y 2 supresores de Transientes	7	U	\$ 150.00		\$ 150.00	\$ 1,050.00
2.13	Supresores de transientes de 600 V, 60 KA	14	U	\$ 300.00		\$ 300.00	\$ 4,200.00
2.14	Portafusibles Midnite Solar MNTS 1000 VDC Cilíndrico para Riel DIN y Aplicaciones Fotovoltaicas	60	U	\$ 7.75		\$ 7.75	\$ 465.00
2.15	Fusible 10 x 38 mm de 15 A 1000 VDC	46	U	\$ 6.45		\$ 6.45	\$ 296.70
2.16	Fusible 10 x 38 mm de 30 A 1000 VDC	18	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 153.90
<b>3</b>	<b>Conexión de Combiner Box a Inversores, de Inversores a Tablero de Inversores y la Instalación del Tablero de Inversores</b>	1	SG		\$ 4,200.00	\$ 4,200.00	\$ 4,200.00
	<b>Transporte de líneas de alimentación de CBX a Inversores</b>						
3.1	Tubería EMT de 1'' (3 m)	150	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 1,282.50

3.2	Unión para Tubería EMT de 1''	150	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 112.50
3.3	Cuerpo LB de EMT de 1''	30	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 142.50
3.4	Cuerpo LL de EMT de 1''	30	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 142.50
3.5	Cuerpo LR de EMT de 1''	30	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 142.50
3.6	Grapa para Tubería EMT de 1''	900	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 225.00
	<b>Combiner Box a Inversores</b>						
3.7	Carrete de conductor fotovoltaico #10 AWG 1000 VDC 2000' BLACK PV WIRE (600 m)	1	U	\$ 913.50		\$ 913.50	\$ 913.50
3.8	Carrete de conductor fotovoltaico #10 AWG 1000 VDC 2000' RED PV WIRE (600 m)	1	U	\$ 913.50		\$ 913.50	\$ 913.50
3.9	Carrete de Conductor THHN #12 AWG VERDE (1000 m)	1	U	\$ 315.25		\$ 315.25	\$ 315.25
3.10	Conector Adaptador T4 Hembra para conductor #12 AWG	30	U	\$ 7.43		\$ 7.43	\$ 222.90
3.11	Conector Adaptador T4 Macho para conductor #12 AWG	30	U	\$ 5.78		\$ 5.78	\$ 173.40
	<b>Inversor</b>						
3.12	Inversor SMA SUNNY-BOY 9000TL-US de 9000 W a 208 V	7	U	\$ 2,750.00		\$ 2,750.00	\$ 19,250.00
	<b>Inversores a Tablero de Inversores</b>						
3.13	Tubería EMT de 1'' (3 m)	50	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 427.50
3.14	Conector Recto para Tubería EMT de 1''	30	U	\$ 1.25		\$ 1.25	\$ 37.50
3.15	Grapa para Tubería EMT de 1''	300	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 75.00
3.16	Carrete de conductor THHN #6 AWG NEGRO (1 m)	150	U	\$ 1.95		\$ 1.95	\$ 292.50
3.17	Carrete de conductor THHN #6 AWG ROJO (1 m)	150	U	\$ 1.95		\$ 1.95	\$ 292.50

3.18	Carrete de Conductor THHN #8 AWG VERDE (1 m)	150	U	\$ 1.50		\$ 1.50	\$ 225.00
3.19	Tablero trifásico 208/120 V - 30 espacios con barra de 250 A - Main 225 A	1	U	\$ 450.00		\$ 450.00	\$ 450.00
3.20	Circuit Breaker de 60 A / 2P, 208/120 V	7	U	\$ 15.25		\$ 15.25	\$ 106.75
3.21	Supresor en AC, 208/120 voltios, 100 KA Trifásico	1	U	\$ 600.00		\$ 600.00	\$ 600.00
<b>4</b>	<b>Conexión de Tablero de Inversores a Tablero General</b>	1	SG		\$ 3,700.00	\$ 3,700.00	\$ 3,700.00
	Transporte de Líneas de Tablero de Inversores a Tablero Principal						
4.1	Tubería EMT de 2'' (3 m)	15	U	\$ 24.50		\$ 24.50	\$ 367.50
4.2	Unión para Tubería EMT de 2''	15	U	\$ 1.95		\$ 1.95	\$ 29.25
4.3	Cuerpo LB de EMT de 2''	10	U	\$ 15.50		\$ 15.50	\$ 155.00
4.4	Cuerpo LL de EMT de 2''	10	U	\$ 15.50		\$ 15.50	\$ 155.00
4.5	Cuerpo LR de EMT de 2''	10	U	\$ 15.50		\$ 15.50	\$ 155.00
4.6	Conector Recto para Tubería EMT de 2''	5	U	\$ 2.50		\$ 2.50	\$ 12.50
4.7	Grapa para Tubería EMT de 2''	90	U	\$ 0.35		\$ 0.35	\$ 31.50
	Cableado Tablero de Inversores a Tablero General						
4.8	Carrete de conductor THHN #3/0 AWG NEGRO (1 m)	45	U	\$ 12.50		\$ 12.50	\$ 562.50
4.9	Carrete de conductor THHN #3/0 AWG ROJO (1 m)	45	U	\$ 12.50		\$ 12.50	\$ 562.50
4.10	Carrete de conductor THHN #3/0 AWG AZUL (1 m)	45	U	\$ 12.50		\$ 12.50	\$ 562.50
4.11	Carrete de Conductor THHN #2/0 AWG VERDE (1 m)	45	U	\$ 11.50		\$ 11.50	\$ 517.50

4.12	Circuit Breaker de 225 A / 3P, 208/120 V	1	U	\$ 230.00		\$ 230.00	\$ 230.00
4.13	Supresor en AC, 208/120 voltios, 200 KA, con protección 15/3P, 18 KA, conexión a Tablero General, cable de tierra de 1/0	1	U	\$ 1,115.00		\$ 1,115.00	\$ 1,115.00
						<b>TOTAL</b>	<b>\$ 118,206.28</b>

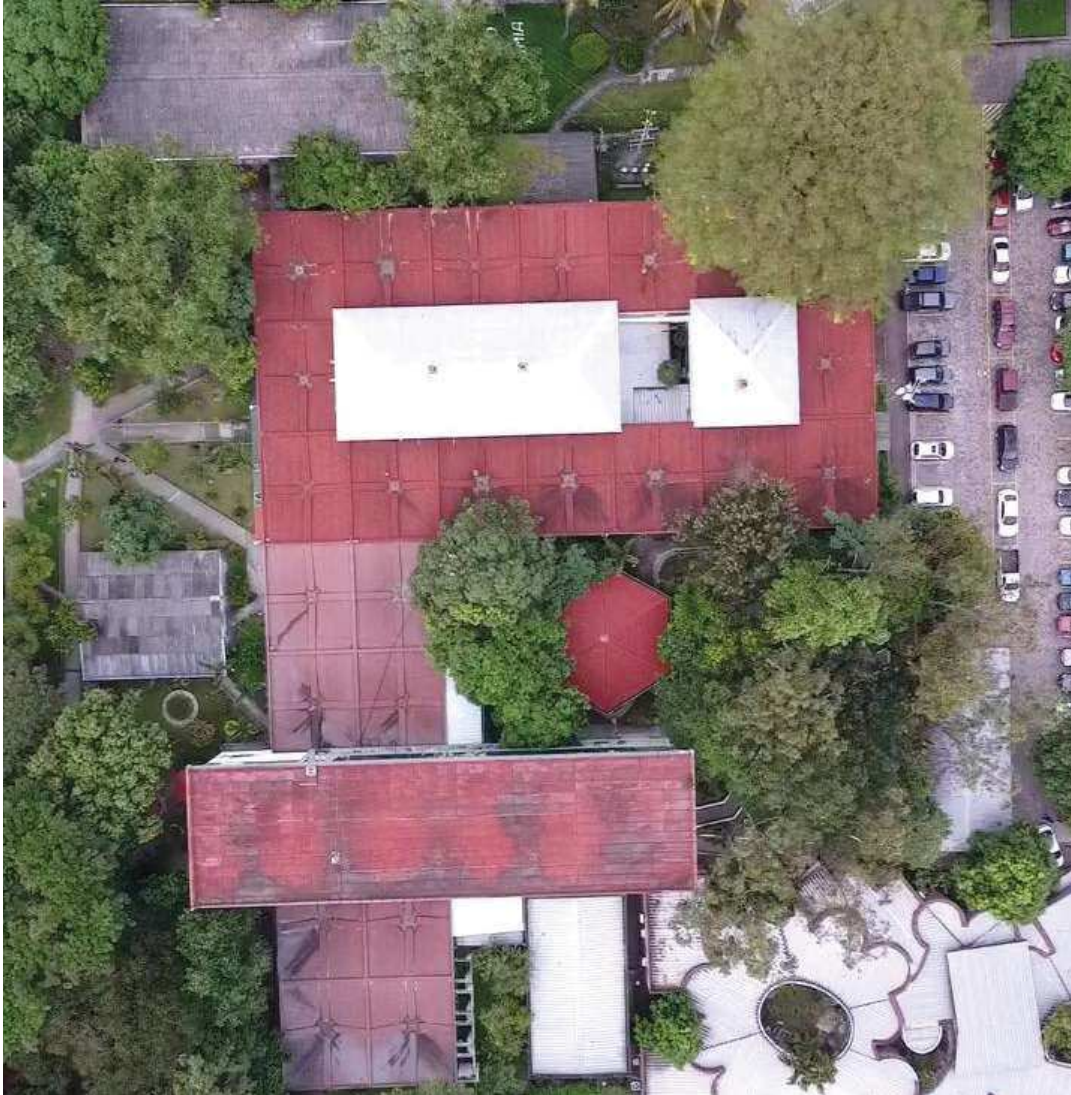
#### 1.4.12.6 Resumen del Diseño Fotovoltaico

El Diseño Fotovoltaico queda de 231 MFV de 330 W los cuales requieren 7 Inversores de 9,000 W manejando 33 MFV por unidad, del cual cada uno llevará 3 Strings de 11 MFV. Todos los inversores serán conectados a un Tableros de Inversores el cual se conectarán con el Tablero General del Edificio de CENSALUD el cual se encuentra conectado a 208 V de la red. De igual manera se tiene al final una Potencia DC generada de 76,230 Wp y Potencia AC generada de 61,740 W.



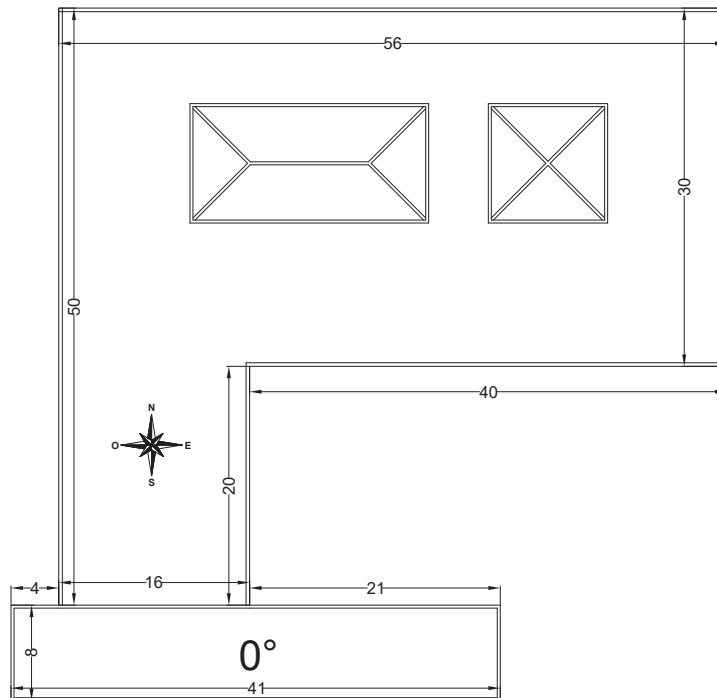
### 1.4.13 Edificio Central de la Facultad de Química y Farmacia

El área del edificio es de 2328 m<sup>2</sup> aproximadamente (sin tomar en cuenta los obstáculos de la azotea). El edificio se encuentra rodeado de algunos árboles los cuales obstruyen el techo, el cual sería el área donde se colocarían los paneles. La única área apta para diseñar es donde se encuentra el plafón que tiene 328 m<sup>2</sup> aproximadamente.



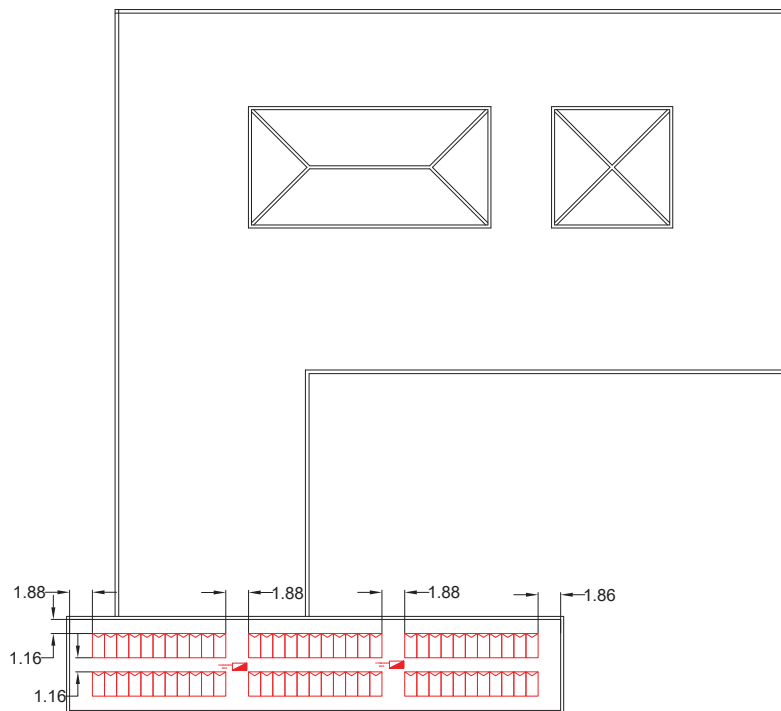
*Ilustración 76: Imagen de vista superior del edificio de la facultad de Química y Farmacia.*

A continuación, se muestra las medidas del Central de la Facultad de Química y Farmacia dadas en metros. De igual manera se presentan la inclinación del techo en grados y su orientación.



*Ilustración 77: Medidas e inclinaciones del techo para el edificio.*

Teniendo el área y las dimensiones correspondientes del edificio, se realizó un diseño el cual utilizara 66 MFV cuya distribución se presenta a continuación.



*Ilustración 78: Distribución del SFV a instalar en el techo.*

Para este edificio se utilizará el Módulo de 330 W y el Inversor de 9,000 W.

#### **1.4.13.1 Cálculo de Inversores**

Tomando como base los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.1) se recalcularon los datos correspondientes al edificio actual.

Por tanto, el diseño queda de 66 MFV, con 2 Inversores manejando 33 MFV por unidad, del cual cada uno llevará 3 Strings de 11 MFV conectados a 208 V de la red, con Potencia DC generada de 21,780 Wp y Potencia AC generada de 17,640 W.

#### **1.4.13.2 Cálculo de Protecciones**

En base a los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.2) se recalcularon los datos correspondientes al edificio actual.

Fusible por String = 15 A.

Fusible por MPP = 30 A.

Protección Termomagnética para INV. en AC = 60 A/ 2 P.

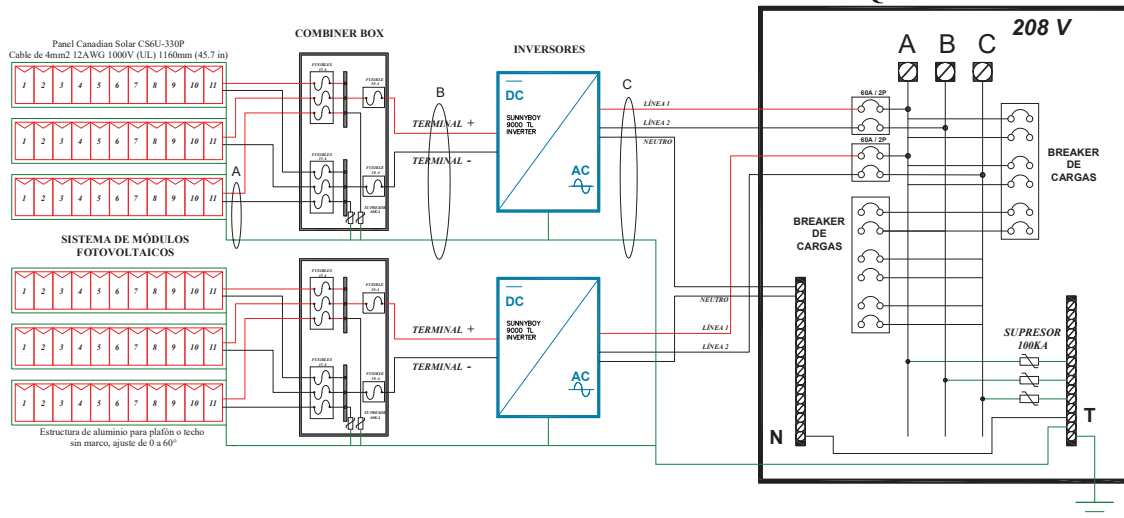
Debido a que se tienen solo 2 Inversores en este Edificio se consideró llevar las líneas directo al tablero general del edificio.

Para la parte de los Supresores de Transientes se tiene que para la caja de conexiones en DC se utilizará 2 supresores de transitorios Clase A de 60 kA por cada Combiner BOX (Terminal Positivo y Negativo) y para el Tablero General del Edificio Central de la Facultad de Química y Farmacia se instalarán 1 supresor de transitorios Clase C de 200 kA trifásico.

#### **1.4.13.3 Diagrama Unifilar**

A continuación, se muestra el Diagrama Unifilar del Edificio Central de la Facultad de Química y Farmacia.

## TABLERO GENERAL EDIFICIO QUÍMICA Y FARMACIA



*Ilustración 79: Diagrama Unifilar del SFV a instalar.*

### 1.4.13.4 Cálculo de Conductores

Tomando como base los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.4) se recalcularon los datos correspondientes, los cuales se muestran en la siguiente tabla, las letras corresponden a la ubicación de cada tramo en base al Diagrama Unifilar.

TRAMO DE CONDUCTORES	
A	Conductor fotovoltaico AWG 2 #12 (ROJO, NEGRO) + 1 #14 (VERDE)
B	Conductor fotovoltaico AWG 2 #10 (ROJO, NEGRO) + 1 #12 (VERDE)
C	Conductor THHN 2 #6 (ROJO, NEGRO) + 2 #8 (BLANCO, VERDE)

*Tabla 33: Cálculos de los conductores para cada tramo del Diagrama Unifilar.*

### 1.4.13.5 Presupuesto

Edificio Central de la Facultad de Química y Farmacia							
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	P. U	P. U. M. O.	P. U (\$)	P. T (\$)
<b>1</b>	<b>Instalación de Estructura Metálica para 66 PFV y los PFV</b>	1	SG		\$ 2,000.00	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00
	Para Estructura						
1.1	Riel para sujeción IronRidge XR-10- 204B 17' (5 m)	40	U	\$ 68.50		\$ 68.50	\$ 2,740.00
1.2	Tubería EMT de 1/2'' (3 m)	50	U	\$ 3.75		\$ 3.75	\$ 187.50
1.3	Tuerca de 3/8''	160	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 120.00
1.4	Arandela Plana de 3/8''	160	U	\$ 0.15		\$ 0.15	\$ 24.00
1.5	Arandela de presión de 3/8''	160	U	\$ 0.20		\$ 0.20	\$ 32.00
1.6	Varilla roscada Zincada de 3/8" (3 m)	50	U	\$ 3.85		\$ 3.85	\$ 192.50
1.7	End Clamp	156	U	\$ 8.75		\$ 8.75	\$ 1,365.00
1.8	Inter Clamp	140	U	\$ 9.75		\$ 9.75	\$ 1,365.00
	Paneles Fotovoltaicos						
1.9	Panel Solar Canadian Solar CS6U-350P	66	U	\$ 175.00		\$ 175.00	\$ 11,550.00
<b>2</b>	<b>Instalación eléctrica de MFV con Sistema de Tierra a Combiner Box</b>	1	SG		\$ 2,000.00	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00
	Transporte de líneas de alimentación PFV a CBX						
2.1	Tubería EMT de 1'' (3 m)	15	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 128.25
2.2	Unión para Tubería EMT de 1''	15	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 11.25
2.3	Cuerpo LB de EMT de 1''	6	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 28.50
2.4	Cuerpo LT de EMT de 1''	6	U	\$ 8.25		\$ 8.25	\$ 49.50

2.5	Grapa para Tubería EMT de 1''	90	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 22.50
	<b>Conductores de MFV a Combiner Box</b>						
2.6	Carrete de conductor fotovoltaico #12 AWG 1000 VDC 1000' BLACK PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
2.7	Carrete de conductor fotovoltaico #12 AWG 1000 VDC 1000' RED PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
2.8	Carrete de Conductor THHN #14 AWG VERDE (500 m)	1	U	\$ 133.63		\$ 133.63	\$ 133.63
2.9	Conector Adaptador T4 Hembra para conductor #12 AWG	15	U	\$ 7.43		\$ 7.43	\$ 111.45
2.10	Conector Adaptador T4 Macho para conductor #12 AWG	15	U	\$ 5.78		\$ 5.78	\$ 86.70
2.11	Terminal de Ojo 16-14 AWG	75	U	\$ 0.20		\$ 0.20	\$ 15.00
	<b>Combiner Box</b>						
2.12	Combiner Box con Riel DIN para 8 portafusibles y 2 supresores de Transientes	2	U	\$ 150.00		\$ 150.00	\$ 300.00
2.13	Supresores de transientes de 600 V, 60 KA	4	U	\$ 300.00		\$ 300.00	\$ 1,200.00
2.14	Portafusibles Midnite Solar MNTS 1000 VDC Cilíndrico para Riel DIN y Aplicaciones Fotovoltaicas	20	U	\$ 7.75		\$ 7.75	\$ 155.00
2.15	Fusible 10 x 38 mm de 15 A 1000 VDC	16	U	\$ 6.45		\$ 6.45	\$ 103.20
2.16	Fusible 10 x 38 mm de 30 A 1000 VDC	8	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 68.40
<b>3</b>	<b>Conexión de Combiner Box a Inversores</b>	1	SG		\$ 1,800.00	\$ 1,800.00	\$ 1,800.00
	<b>Transporte de líneas de alimentación de CBX a Inversores</b>						
3.1	Tubería EMT de 1'' (3 m)	50	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 427.50
3.2	Unión para Tubería EMT de 1''	50	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 37.50

3.3	Cuerpo LB de EMT de 1''	15	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 71.25
3.4	Cuerpo LL de EMT de 1''	15	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 71.25
3.5	Cuerpo LR de EMT de 1''	15	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 71.25
3.6	Grapa para Tubería EMT de 1''	300	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 75.00
	<b>Combiner Box a Inversores</b>						
3.7	Carrete de conductor fotovoltaico #10 AWG 1000 VDC 1000' BLACK PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
3.8	Carrete de conductor fotovoltaico #10 AWG 1000 VDC 1000' RED PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
3.9	Carrete de Conductor THHN #12 AWG VERDE (500 m)	1	U	\$ 133.63		\$ 133.63	\$ 133.63
3.10	Conector Adaptador T4 Hembra para conductor #12 AWG	10	U	\$ 7.43		\$ 7.43	\$ 74.30
3.11	Conector Adaptador T4 Macho para conductor #12 AWG	10	U	\$ 5.78		\$ 5.78	\$ 57.80
	<b>Inversor</b>						
3.12	Inversor SMA SUNNY-BOY 9000TL-US de 9000 W a 208 V	2	U	\$ 2,750.00		\$ 2,750.00	\$ 5,500.00
<b>4</b>	<b>Conexión de Inversores a Tablero General</b>	1	SG		\$ 1,800.00	\$ 1,800.00	\$ 1,800.00
	<b>Transporte de Inversores a Tablero Principal</b>						
4.1	Tubería EMT de 1 1/2'' (3 m)	4	U	\$ 15.65		\$ 15.65	\$ 62.60
4.2	Unión para Tubería EMT de 1 1/2''	4	U	\$ 1.50		\$ 1.50	\$ 6.00
4.3	Cuerpo LB de EMT de 1 1/2''	4	U	\$ 10.25		\$ 10.25	\$ 41.00
4.4	Cuerpo LL de EMT de 1 1/2''	4	U	\$ 10.25		\$ 10.25	\$ 41.00
4.5	Cuerpo LR de EMT de 1 1/2''	4	U	\$ 10.25		\$ 10.25	\$ 41.00
4.6	Conector Recto para Tubería EMT de 1 1/2''	8	U	\$ 2.75		\$ 2.75	\$ 22.00

4.7	Grapa para Tubería EMT de 1 1/2''	25	U	\$ 0.50		\$ 0.50	\$ 12.50
	<b>Cableado de Inversores a Tablero General</b>						
4.8	Carrete de conductor THHN #2 AWG NEGRO (1 m)	25	U	\$ 5.25		\$ 5.25	\$ 131.25
4.9	Carrete de conductor THHN #2 AWG ROJO (1 m)	25	U	\$ 5.25		\$ 5.25	\$ 131.25
4.11	Carrete de Conductor THHN #4 AWG VERDE (1 m)	25	U	\$ 3.75		\$ 3.75	\$ 93.75
4.12	Circuit Breaker de 60 A / 2 P, 208/120 V	2	U	\$ 15.25		\$ 15.25	\$ 30.50
4.13	Supresor en AC, 208/120 voltios, 200 KA, con protección 15/3P, 18 KA, conexión a Tablero General, cable de tierra de 1/0	1	U	\$ 1,115.00		\$ 1,115.00	\$ 1,115.00
						<b>TOTAL</b>	<b>\$ 38,073.23</b>

#### 1.4.13.6 Resumen del Diseño Fotovoltaico

El Diseño Fotovoltaico queda de 66 MFV de 330 W los cuales requieren 2 Inversores de 9,000 W manejando 33 MFV por unidad, del cual cada uno llevará 3 Strings de 11 MFV. Todos los inversores serán conectados al Tablero General del Edificio Central de la Facultad de Química y Farmacia el cual se encuentra conectado a 208 V de la red. De igual manera se tiene al final una Potencia DC generada de 21,780 Wp y Potencia AC generada de 17,640 W.



### 1.4.14 Edificio de Ciencias de la salud

El área del edificio es de 1117 m<sup>2</sup> aproximadamente (sin tomar en cuenta los obstáculos de la azotea). El edificio se encuentra a la par de un árbol que obstruyen levemente el techo, por lo cual se recomendaría una poda y limpieza del mismo. Este cuenta con una pequeña planta fotovoltaica.



Ilustración 80: Edificio de Ciencias de la Salud, imagen de vista superior.

A continuación, se muestra las medidas del Edificio de Ciencias de la Salud dadas en metros. De igual manera se presentan la inclinación del techo en grados y su orientación.

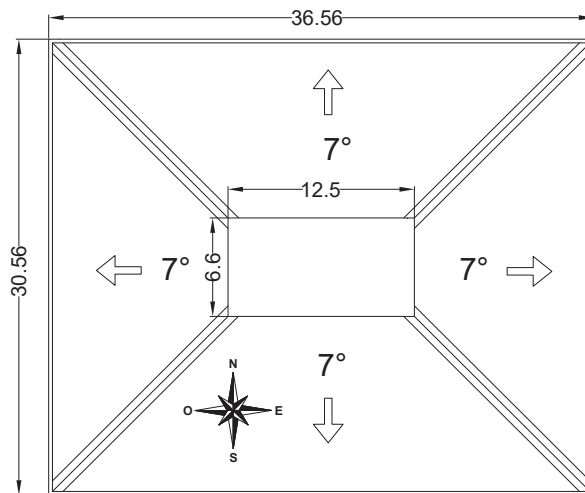


Ilustración 81: Medidas e inclinaciones del techo del edificio.

Teniendo el área y las dimensiones correspondientes del edificio, se realizó un diseño el cual utilizara 210 MFV cuya distribución se presenta a continuación.

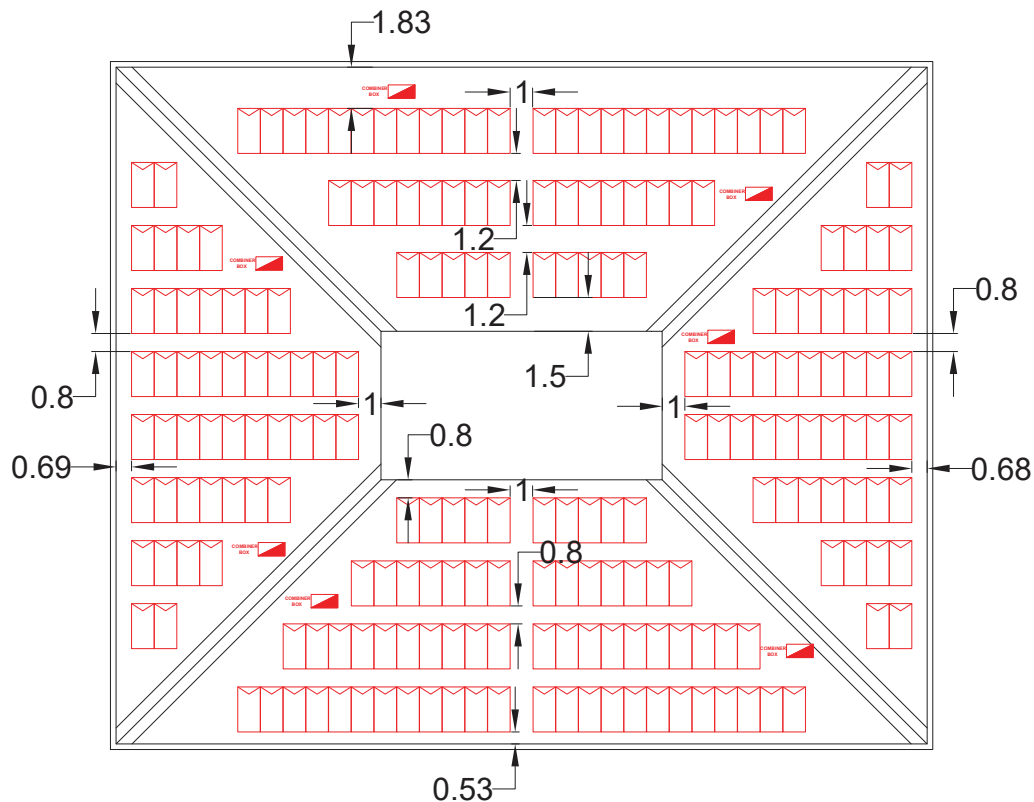


Ilustración 82: Distribución del SFV a instalar en el techo del edificio.

Para este edificio se utilizará el Módulo de 330 W y el Inversor de 8,000 W.

#### 1.4.14.1 Cálculo de inversores

Tomando como base los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.1) se recalcaron los datos correspondientes al edificio actual.

Por tanto, el diseño queda de 210 MFV, con 7 Inversores manejando 30 MFV por unidad, del cual cada uno llevará 3 Strings de 10 MFV conectados a 240 V de la red, con Potencia DC generada de 69,300 Wp y Potencia AC generada de 51,609.6 W.

#### 1.4.14.2 Cálculo de Protecciones

En base a los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.2) se recalcaron los datos correspondientes al edificio actual.

Fusible por String = 15 A.

Fusible por MPP = 30 A.

Protección Termomagnética para INV. en AC = 60 A/ 2 P.

## Protección Termomagnética para Tablero de Inversores y General en AC = 300 A/ 3 P.

Para la parte de los Supresores de Transientes se tiene que para la caja de conexiones en DC se utilizará 2 supresores de transitorios Clase A de 60 kA por cada Combiner BOX (Terminal Positivo y Negativo), para el Tablero de Inversores se utilizarán 1 supresores de transitorios Clase B de 100 kA trifásico y para el Tablero General del Edificio de Ciencias de la Salud se instalarán 1 supresor de transitorios Clase C de 200 kA trifásico.

### 1.4.14.3 Diagrama Unifilar

A continuación, se muestra el Diagrama Unifilar del Edificio de Ciencias de la Salud.

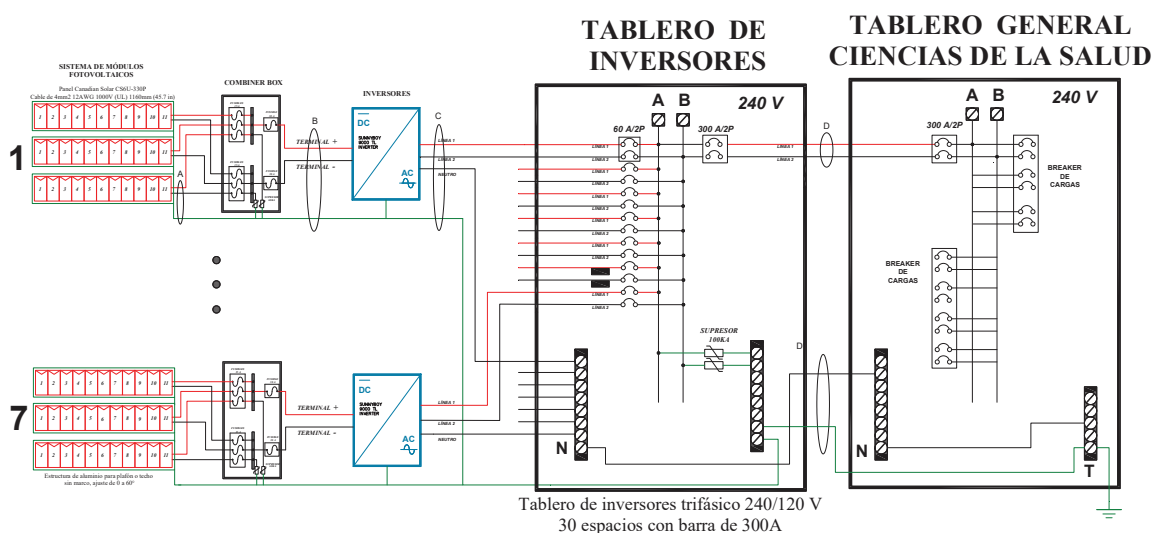


Ilustración 83: Diagrama unifilar del SFV a instalar.

### 1.4.14.4 Cálculo de Conductores

Tomando como base los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.4) se recalcularon los datos correspondientes, los cuales se muestran en la siguiente tabla, las letras corresponden a la ubicación de cada tramo en base al Diagrama Unifilar.

TRAMO DE CONDUCTORES	
A	Conductor fotovoltaico AWG 2 #12 (ROJO, NEGRO) + 1 #14 (VERDE)
B	Conductor fotovoltaico AWG 2 #10 (ROJO, NEGRO) + 1 #12 (VERDE)
C	Conductor THHN 2 #6 (ROJO, NEGRO) + 2 #8 (BLANCO, VERDE)
D	Conductor 2 MCM 250 (NEGRO, ROJO)
D'	Conductor THHN 2 #4/0 (BLANCO, VERDE)

Tabla 34: Conductores calculados para cada tramo del diagrama unifilar.

#### 1.4.14.5 Presupuesto

Edificio de Ciencias de la Salud							
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	P. U	P. U. M. O.	P. U (\$)	P. T (\$)
<b>1</b>	<b>Instalación de Estructura Metálica para 210 PFV y los PFV</b>	1	SG		\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00
	Para Estructura						
1.1	Riel para sujeción IronRidge XR-10- 204B 17' (5 m)	106	U	\$ 68.50		\$ 68.50	\$ 7,261.00
1.2	Tubería EMT de 1/2'' (3 m)	160	U	\$ 3.75		\$ 3.75	\$ 600.00
1.3	Varilla roscada Zincada de 3/8" (3 m)	160	U	\$ 3.85		\$ 3.85	\$ 616.00
1.4	Tuerca de 3/8''	975	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 731.25
1.5	Arandela Plana de 3/8''	975	U	\$ 0.15		\$ 0.15	\$ 146.25
1.6	Arandela de presión de 3/8''	975	U	\$ 0.20		\$ 0.20	\$ 195.00
1.7	End Clamp	485	U	\$ 8.75		\$ 8.75	\$ 4,243.75
1.8	Inter Clamp	455	U	\$ 9.75		\$ 9.75	\$ 4,436.25
	Paneles Fotovoltaicos						
1.9	Panel Solar Canadian Solar MAX POWER CS6U-330P	210	U	\$ 165.00		\$ 165.00	\$ 34,650.00
<b>2</b>	<b>Instalación eléctrica de MFV con Sistema de Tierra a Combiner Box</b>	1	SG		\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00
	Transporte de líneas de alimentación PFV a CBX						
2.1	Tubería EMT de 1'' (3 m)	100	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 855.00
2.2	Unión para Tubería EMT de 1''	100	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 75.00
2.3	Cuerpo LB de EMT de 1''	25	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 118.75
2.4	Cuerpo LT de EMT de 1''	25	U	\$ 8.25		\$ 8.25	\$ 206.25

2.5	Grapa para Tubería EMT de 1''	600	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 150.00
	<b>Conductores de MFV a Combiner Box</b>						
2.6	Carrete de conductor fotovoltaico #12 AWG 1000 VDC 1000' BLACK PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
2.7	Carrete de conductor fotovoltaico #12 AWG 1000 VDC 1000' RED PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
2.8	Carrete de Conductor THHN #14 AWG VERDE (500 m)	1	U	\$ 133.63		\$ 133.63	\$ 133.63
2.9	Conector Adaptador T4 Hembra para conductor #12 AWG	50	U	\$ 7.43		\$ 7.43	\$ 371.50
2.10	Conector Adaptador T4 Macho para conductor #12 AWG	50	U	\$ 5.78		\$ 5.78	\$ 289.00
2.11	Terminal de Ojo 16-14 AWG	225	U	\$ 0.20		\$ 0.20	\$ 45.00
	<b>Combiner Box</b>						
2.12	Combiner Box con Riel DIN para 8 portafusibles y 2 supresores de Transientes	7	U	\$ 150.00		\$ 150.00	\$ 1,050.00
2.13	Supresores de transientes de 600 V, 60 KA	14	U	\$ 300.00		\$ 300.00	\$ 4,200.00
2.14	Portafusibles Midnite Solar MNTS 1000 VDC Cilíndrico para Riel DIN y Aplicaciones Fotovoltaicas	60	U	\$ 7.75		\$ 7.75	\$ 465.00
2.15	Fusible 10 x 38 mm de 15 A 1000 VDC	46	U	\$ 6.45		\$ 6.45	\$ 296.70
2.16	Fusible 10 x 38 mm de 30 A 1000 VDC	18	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 153.90
<b>3</b>	<b>Conexión de Combiner Box a Inversores, de Inversores a Tablero de Inversores y la Instalación del Tablero de Inversores</b>	1	SG		\$ 4,000.00	\$ 4,000.00	\$ 4,000.00
	<b>Transporte de líneas de alimentación de CBX a Inversores</b>						
3.1	Tubería EMT de 1'' (3 m)	120	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 1,026.00

3.2	Unión para Tubería EMT de 1''	120	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 90.00
3.3	Cuerpo LB de EMT de 1''	22	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 104.50
3.4	Cuerpo LL de EMT de 1''	22	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 104.50
3.5	Cuerpo LR de EMT de 1''	22	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 104.50
3.6	Grapa para Tubería EMT de 1''	720	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 180.00
	<b>Combiner Box a Inversores</b>						
3.7	Carrete de conductor fotovoltaico #10 AWG 1000 VDC 2000' BLACK PV WIRE (600 m)	1	U	\$ 913.50		\$ 913.50	\$ 913.50
3.8	Carrete de conductor fotovoltaico #10 AWG 1000 VDC 2000' RED PV WIRE (600 m)	1	U	\$ 913.50		\$ 913.50	\$ 913.50
3.9	Carrete de Conductor THHN #12 AWG VERDE (1000 m)	1	U	\$ 315.25		\$ 315.25	\$ 315.25
3.10	Conector Adaptador T4 Hembra para conductor #12 AWG	35	U	\$ 7.43		\$ 7.43	\$ 260.05
3.11	Conector Adaptador T4 Macho para conductor #12 AWG	35	U	\$ 5.78		\$ 5.78	\$ 202.30
	<b>Inversor</b>						
3.12	Inversor SMA SUNNY-BOY 8000-US de 8000 W a 240 V	7	U	\$ 2,550.00		\$ 2,550.00	\$ 17,850.00
	<b>Inversores a Tablero de Inversores</b>						
3.13	Tubería EMT de 1'' (3 m)	30	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 256.50
3.14	Conector Recto para Tubería EMT de 1''	15	U	\$ 1.25		\$ 1.25	\$ 18.75
3.15	Grapa para Tubería EMT de 1''	180	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 45.00
3.16	Carrete de conductor THHN #6 AWG NEGRO (1 m)	90	U	\$ 1.95		\$ 1.95	\$ 175.50
3.17	Carrete de conductor THHN #6 AWG ROJO (1 m)	90	U	\$ 1.95		\$ 1.95	\$ 175.50

3.18	Carrete de Conductor THHN #8 AWG VERDE (1 m)	90	U	\$ 1.50		\$ 1.50	\$ 135.00
3.19	Tablero trifásico 240/120 V - 30 espacios con barra de 300 A - Main 300 A	1	U	\$ 500.00		\$ 500.00	\$ 500.00
3.20	Circuit Breaker de 60 A / 2P, 240/120 V	6	U	\$ 15.25		\$ 15.25	\$ 91.50
3.22	Supresor en AC, 240/120 voltios, 100 KA Trifásico	1	U	\$ 600.00		\$ 600.00	\$ 600.00
<b>4</b>	<b>Conexión de Tablero de Inversores a Tablero General</b>	1	SG		\$ 3,500.00	\$ 3,500.00	\$ 3,500.00
	Transporte de Líneas de Tablero de Inversores a Tablero Principal						
4.1	Tubería EMT de 2'' (3 m)	20	U	\$ 24.50		\$ 24.50	\$ 490.00
4.2	Unión para Tubería EMT de 2''	20	U	\$ 1.95		\$ 1.95	\$ 39.00
4.3	Cuerpo LB de EMT de 2''	5	U	\$ 15.50		\$ 15.50	\$ 77.50
4.4	Cuerpo LL de EMT de 2''	5	U	\$ 15.50		\$ 15.50	\$ 77.50
4.5	Cuerpo LR de EMT de 2''	5	U	\$ 15.50		\$ 15.50	\$ 77.50
4.6	Conector Recto para Tubería EMT de 2''	5	U	\$ 2.50		\$ 2.50	\$ 12.50
4.7	Grapa para Tubería EMT de 2''	120	U	\$ 0.35		\$ 0.35	\$ 42.00
	Cableado Tablero de Inversores a Tablero General						
4.8	Carrete de conductor MCM 250 NEGRO (1 m)	60	U	\$ 21.25		\$ 21.25	\$ 1,275.00
4.9	Carrete de conductor MCM 250 ROJO (1 m)	60	U	\$ 21.25		\$ 21.25	\$ 1,275.00
4.10	Carrete de conductor MCM 250 AZUL (1 m)	60	U	\$ 21.25		\$ 21.25	\$ 1,275.00
4.11	Carrete de Conductor THHN #4/0 AWG VERDE (1 m)	60	U	\$ 13.50		\$ 13.50	\$ 810.00
4.12	Circuit Breaker de 300 A / 3P, 240/120 V	1	U	\$ 325.00		\$ 325.00	\$ 325.00

4.13	Supresor en AC, 240/120 voltios, 200 KA, con protección 15/3P, 18 KA, conexión a Tablero General, cable de tierra de 1/0	1	U	\$ 1,115.00		\$ 1,115.00	\$ 1,115.00
						<b>TOTAL</b>	<b>\$ 110,860.34</b>

#### 1.4.14.6 Resumen del Diseño Fotovoltaico

El Diseño Fotovoltaico queda de 210 MFV de 330 W los cuales requieren 7 Inversores de 8,000 W manejando 30 MFV por unidad, del cual cada uno llevará 3 Strings de 10 MFV. Todos los inversores serán conectados a un Tableros de Inversores el cual se conectarán con el Tablero General del Edificio de Ciencias de la Salud el cual se encuentra conectado a 240 V de la red. De igual manera se tiene al final una Potencia DC generada de 69,300 Wp y Potencia AC generada de 51,609.6 W.



### 1.4.15 Edificio de la Imprenta

El área del edificio es de 1357 m<sup>2</sup> aproximadamente (sin tomar en cuenta los obstáculos de la azotea). El edificio se encuentra a la par de árboles que obstruyen el techo se recomendaría una poda y limpieza del mismo.



Ilustración 84: Vista de planta del edificio de la imprenta.

A continuación, se muestra las medidas del Edificio de la Imprenta dadas en metros. De igual manera se presentan la inclinación del techo en grados y su orientación.

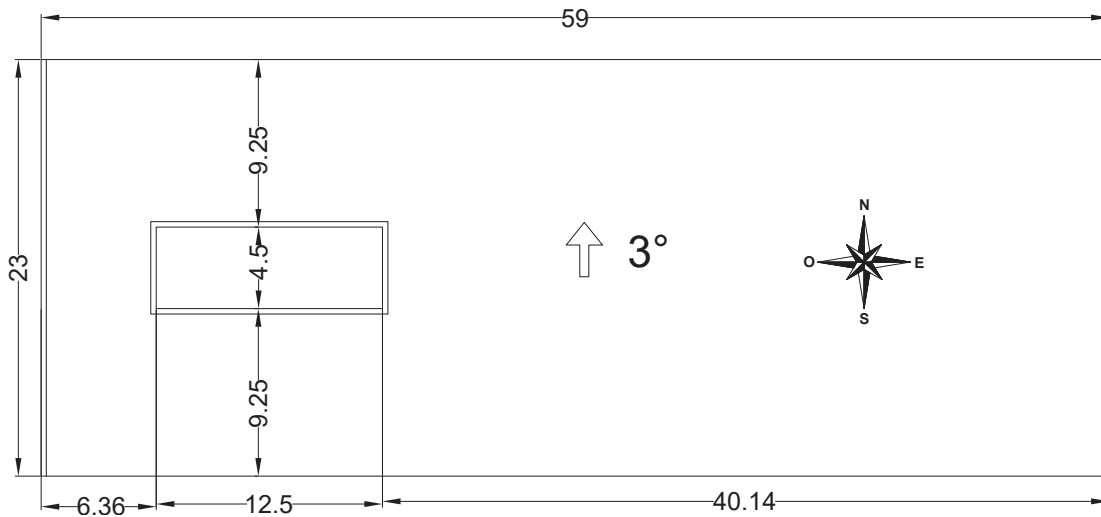


Ilustración 85: Medidas e inclinaciones del techo de la imprenta.

Teniendo el área y las dimensiones correspondientes del edificio, se realizó un diseño el cual utilizara 300 MFV cuya distribución se presenta a continuación.

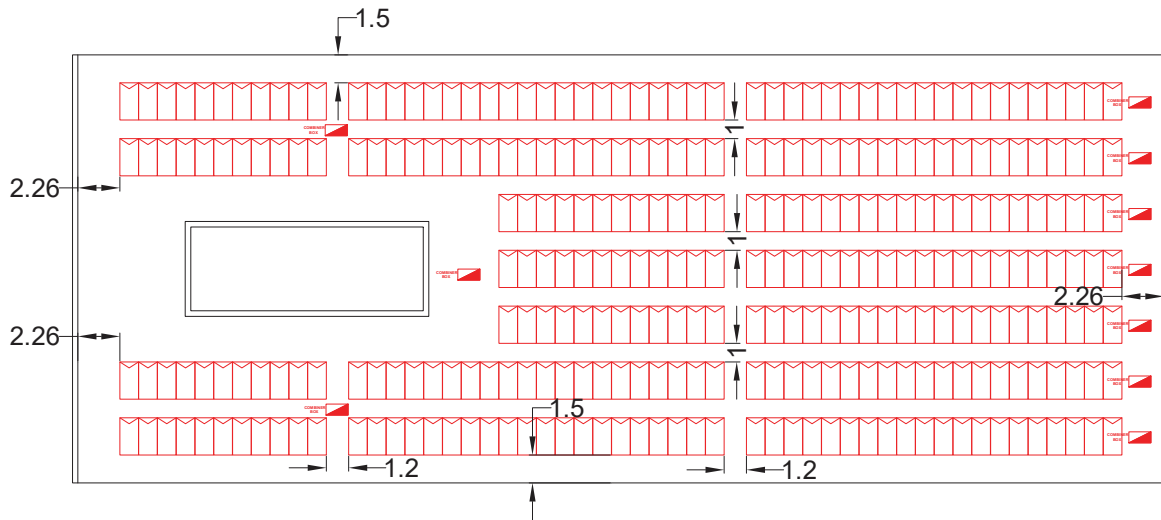


Ilustración 86: Distribución del SFV a instalar en el techo del edificio.

Para este edificio se utilizará el Módulo de 330 W y el Inversor de 8,000 W.

#### 1.4.15.1 Cálculo de inversores

Tomando como base los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.1) se recalcularon los datos correspondientes al edificio actual.

Por tanto, el diseño queda de 300 MFV, con 10 Inversores manejando 30 MFV por unidad, del cual cada uno llevará 3 Strings de 10 MFV conectados a 240 V de la red, con Potencia DC generada de 99,000 Wp y Potencia AC generada de 73,728 W.

#### 1.4.15.2 Cálculo de Protecciones

En base a los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.2) se recalcularon los datos correspondientes al edificio actual.

Fusible por String = 15 A.

Fusible por MPP = 30 A.

Protección Termomagnética para INV. en AC = 60 A / 2 P.

Debido a que se tienen un sistema trifásico en el tablero principal y la corriente es muy alta para poner un solo conductor la corriente se dividirá para poder mandarla en 3 juegos de protecciones termomagnéticas de 150 A / 3 P.

Para la parte de los Supresores de Transientes se tiene que para la caja de conexiones en DC se utilizará 2 supresores de transitorios Clase A de 60 kA por cada Combiner BOX (Terminal Positivo y Negativo), para el Tablero de Inversores se utilizarán 1 supresores de transitorios Clase B de 100 kA trifásico y para el Tablero General del Edificio de la Imprenta se instalarán 1 supresor de transitorios Clase C de 200 kA trifásico.

### 1.4.15.3 Diagrama Unifilar

A continuación, se muestra el Diagrama Unifilar del Edificio de la Imprenta.

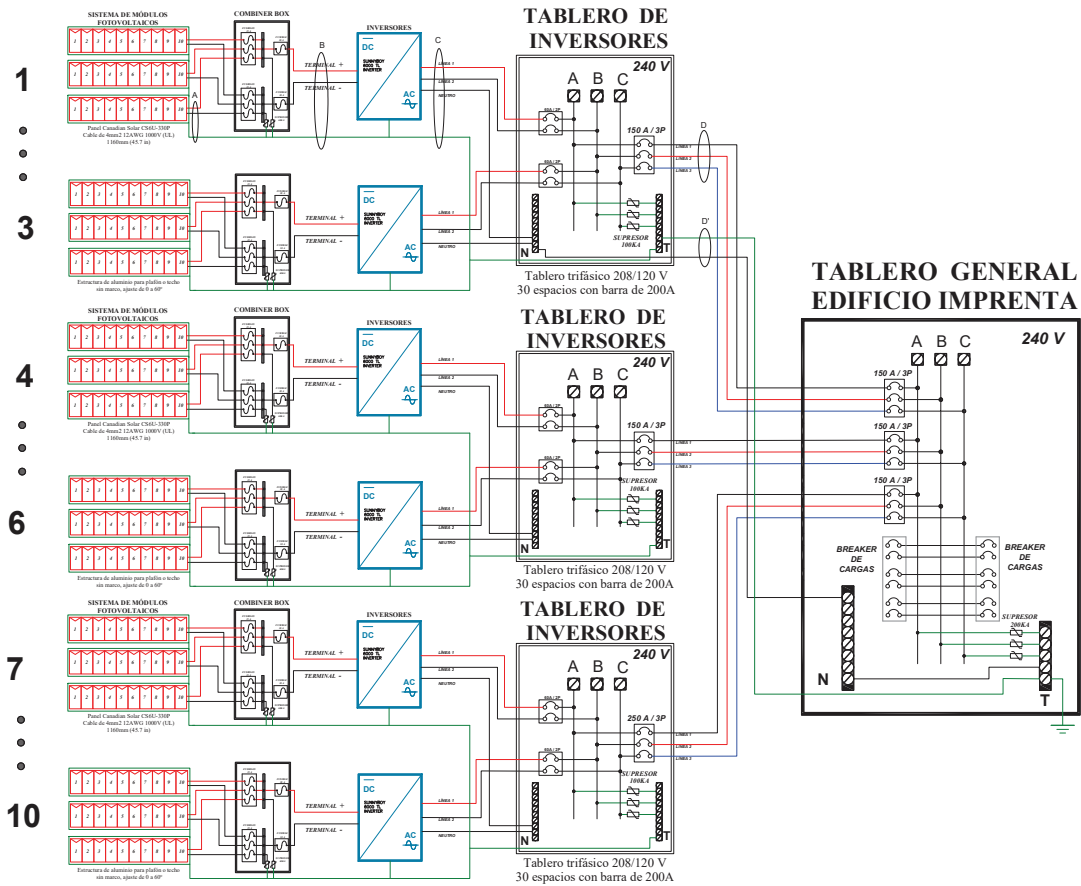


Ilustración 87: Diagrama unifilar del SFV a instalar en el techo.

### 1.4.15.4 Cálculo de Conductores

Tomando como base los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.4) se recalcularon los datos correspondientes, los cuales se muestran en la siguiente tabla, las letras corresponden a la ubicación de cada tramo en base al Diagrama Unifilar.

TRAMO DE CONDUCTORES	
A	Conductor fotovoltaico AWG 2 #12 (ROJO, NEGRO) + 1 #14 (VERDE)
B	Conductor fotovoltaico AWG 2 #10 (ROJO, NEGRO) + 1 #12 (VERDE)
C	Conductor THHN 2 #6 (ROJO, NEGRO) + 2 #8 (BLANCO, VERDE)
D	Conductor THHN 3 #1/0 (NEGRO, ROJO, AZUL)
D'	Conductor THHN 2 #2 (BLANCO, VERDE)

Tabla 35: Conductores calculados para cada tramo del diagrama unifilar.

#### 1.4.15.5 Presupuesto

Edificio de la Imprenta							
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	P. U	P. U. M. O.	P. U (\$)	P. T (\$)
<b>1</b>	<b>Instalación de Estructura Metálica para 300 PFV y los PFV</b>	1	SG		\$ 6,200.00	\$ 6,200.00	\$ 6,200.00
	Para Estructura						
1.1	Riel para sujeción IronRidge XR-10- 204B 17' (5 m)	130	U	\$ 68.50		\$ 68.50	\$ 8,905.00
1.2	Tubería EMT de 1/2'' (3 m)	220	U	\$ 3.75		\$ 3.75	\$ 825.00
1.3	Tuerca de 3/8''	1,325	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 993.75
1.4	Arandela Plana de 3/8''	1,325	U	\$ 0.15		\$ 0.15	\$ 198.75
1.5	Arandela de presión de 3/8''	1,325	U	\$ 0.20		\$ 0.20	\$ 265.00
1.6	Varilla roscada Zincada de 3/8" (3 m)	220	U	\$ 3.85		\$ 3.85	\$ 847.00
1.7	End Clamp	675	U	\$ 8.75		\$ 8.75	\$ 5,906.25
1.8	Inter Clamp	630	U	\$ 9.75		\$ 9.75	\$ 6,142.50
	Paneles Fotovoltaicos						
1.9	Panel Solar Canadian Solar MAX POWER CS6U-330P	300	U	\$ 165.00		\$ 165.00	\$ 49,500.00
<b>2</b>	<b>Instalación eléctrica de MFV con Sistema de Tierra a Combiner Box</b>	1	SG		\$ 6,200.00	\$ 6,200.00	\$ 6,200.00
	Transporte de líneas de alimentación PFV a CBX						
2.1	Tubería EMT de 1'' (3 m)	200	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 1,710.00
2.2	Unión para Tubería EMT de 1''	200	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 150.00
2.3	Cuerpo LB de EMT de 1''	30	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 142.50
2.4	Cuerpo LT de EMT de 1''	30	U	\$ 8.25		\$ 8.25	\$ 247.50

2.5	Grapa para Tubería EMT de 1''	1200	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 300.00
	<b>Conductores de MFV a Combiner Box</b>						
2.6	Carrete de conductor fotovoltaico #12 AWG 1000 VDC 2000' BLACK PV WIRE (600 m)	1	U	\$ 913.50		\$ 913.50	\$ 913.50
2.7	Carrete de conductor fotovoltaico #12 AWG 2000 VDC 1000' RED PV WIRE (600 m)	1	U	\$ 913.50		\$ 913.50	\$ 913.50
2.8	Carrete de Conductor THHN #14 AWG VERDE (500 m)	1	U	\$ 133.63		\$ 133.63	\$ 133.63
2.9	Conector Adaptador T4 Hembra para conductor #12 AWG	50	U	\$ 7.43		\$ 7.43	\$ 371.50
2.10	Conector Adaptador T4 Macho para conductor #12 AWG	50	U	\$ 5.78		\$ 5.78	\$ 289.00
2.11	Terminal de Ojo 16-14 AWG	330	U	\$ 0.20		\$ 0.20	\$ 66.00
	<b>Combiner Box</b>						
2.12	Combiner Box con Riel DIN para 8 portafusibles y 2 supresores de Transientes	10	U	\$ 150.00		\$ 150.00	\$ 1,500.00
2.13	Supresores de transientes de 600 V, 60 KA	20	U	\$ 300.00		\$ 300.00	\$ 6,000.00
2.14	Portafusibles Midnite Solar MNTS 1000 VDC Cilíndrico para Riel DIN y Aplicaciones Fotovoltaicas	84	U	\$ 7.75		\$ 7.75	\$ 651.00
2.15	Fusible 10 x 38 mm de 15 A 1000 VDC	64	U	\$ 6.45		\$ 6.45	\$ 412.80
2.16	Fusible 10 x 38 mm de 30 A 1000 VDC	24	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 205.20
<b>3</b>	<b>Conexión de Combiner Box a Inversores, de Inversores a Tablero de Inversores y la Instalación del Tablero de Inversores</b>	1	SG		\$ 4,700.00	\$ 4,700.00	\$ 4,700.00
	<b>Transporte de líneas de alimentación de CBX a Inversores</b>						
3.1	Tubería EMT de 1'' (3 m)	140	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 1,197.00

3.2	Unión para Tubería EMT de 1''	140	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 105.00
3.3	Cuerpo LB de EMT de 1''	40	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 190.00
3.4	Cuerpo LL de EMT de 1''	40	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 190.00
3.5	Cuerpo LR de EMT de 1''	40	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 190.00
3.6	Grapa para Tubería EMT de 1''	840	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 210.00
	<b>Combiner Box a Inversores</b>						
3.7	Carrete de conductor fotovoltaico #10 AWG 1000 VDC 2000' BLACK PV WIRE (600 m)	1	U	\$ 913.50		\$ 913.50	\$ 913.50
3.8	Carrete de conductor fotovoltaico #10 AWG 1000 VDC 2000' RED PV WIRE (600 m)	1	U	\$ 913.50		\$ 913.50	\$ 913.50
3.9	Carrete de Conductor THHN #12 AWG VERDE (1000 m)	1	U	\$ 315.25		\$ 315.25	\$ 315.25
3.10	Conector Adaptador T4 Hembra para conductor #12 AWG	40	U	\$ 7.43		\$ 7.43	\$ 297.20
3.11	Conector Adaptador T4 Macho para conductor #12 AWG	40	U	\$ 5.78		\$ 5.78	\$ 231.20
	<b>Inversor</b>						
3.12	Inversor SMA SUNNY-BOY 8000-US de 8000 W a 240 V	7	U	\$ 2,550.00		\$ 2,550.00	\$ 17,850.00
	<b>Inversores a Tablero de Inversores</b>						
3.13	Tubería EMT de 1'' (3 m)	50	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 427.50
3.14	Conector Recto para Tubería EMT de 1''	30	U	\$ 1.25		\$ 1.25	\$ 37.50
3.15	Grapa para Tubería EMT de 1''	300	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 75.00
3.16	Carrete de conductor THHN #6 AWG NEGRO (1 m)	150	U	\$ 1.95		\$ 1.95	\$ 292.50
3.17	Carrete de conductor THHN #6 AWG ROJO (1 m)	150	U	\$ 1.95		\$ 1.95	\$ 292.50

3.18	Carrete de Conductor THHN #8 AWG VERDE (1 m)	150	U	\$ 1.50		\$ 1.50	\$ 225.00
3.19	Tablero trifásico 240/120 V - 30 espacios con barra de 200 A - Main 150 A	3	U	\$ 375.00		\$ 375.00	\$ 1,125.00
3.20	Circuit Breaker de 60 A / 2P, 240/120 V	10	U	\$ 15.25		\$ 15.25	\$ 152.50
3.21	Supresor en AC, 240/120 voltios, 100 KA Trifásico	1	U	\$ 600.00		\$ 600.00	\$ 600.00
<b>4</b>	<b>Conexión de Tablero de Inversores a Tablero General</b>	1	SG		\$ 4,200.00	\$ 4,200.00	\$ 4,200.00
	Transporte de Líneas de Tablero de Inversores a Tablero Principal						
4.1	Tubería EMT de 2'' (3 m)	6	U	\$ 24.50		\$ 24.50	\$ 147.00
4.2	Unión para Tubería EMT de 2''	6	U	\$ 1.95		\$ 1.95	\$ 11.70
4.3	Cuerpo LB de EMT de 2''	4	U	\$ 15.50		\$ 15.50	\$ 62.00
4.4	Cuerpo LL de EMT de 2''	4	U	\$ 15.50		\$ 15.50	\$ 62.00
4.5	Cuerpo LR de EMT de 2''	4	U	\$ 15.50		\$ 15.50	\$ 62.00
4.6	Conector Recto para Tubería EMT de 2''	10	U	\$ 2.50		\$ 2.50	\$ 25.00
4.7	Grapa para Tubería EMT de 2''	36	U	\$ 0.35		\$ 0.35	\$ 12.60
	<b>Cableado Tablero de Inversores a Tablero General</b>						
4.8	Carrete de conductor THHN #1/0 AWG NEGRO (1 m)	20	U	\$ 9.50		\$ 9.50	\$ 190.00
4.9	Carrete de conductor THHN #1/0 AWG ROJO (1 m)	20	U	\$ 9.50		\$ 9.50	\$ 190.00
4.10	Carrete de conductor THHN #1/0 AWG AZUL (1 m)	20	U	\$ 9.50		\$ 9.50	\$ 190.00
4.11	Carrete de Conductor THHN #2 AWG VERDE (1 m)	20	U	\$ 4.50		\$ 4.50	\$ 90.00

4.12	Circuit Breaker de 150 A / 3P, 240/120 V	3	U	\$ 200.00		\$ 200.00	\$ 600.00
4.13	Supresor en AC, 240/120 voltios, 200 KA, con protección 15/3P, 18 KA, conexión a Tablero General, cable de tierra de 1/0	1	U	\$ 1,115.00		\$ 1,115.00	\$ 1,115.00
						<b>TOTAL</b>	<b>\$ 137,476.83</b>

#### 1.4.15.6 Resumen del Diseño Fotovoltaico

El Diseño Fotovoltaico queda de 300 MFV de 330 W los cuales requieren 10 Inversores de 8,000 W manejando 30 MFV por unidad, del cual cada uno llevará 3 Strings de 10 MFV. Todos los inversores serán conectados a un Tableros de Inversores el cual se conectarán con el Tablero General del Edificio de la Imprenta el cual se encuentra conectado a 240 V de la red. De igual manera se tiene al final una Potencia DC generada de 99,000 Wp y Potencia AC generada de 73,728 W.



### 1.4.16 Edificio de Clínicas Odontológicas

El área del edificio es de 1050 m<sup>2</sup> aproximadamente (sin tomar en cuenta los obstáculos de la azotea). Este edificio no requiere de ninguna intervención para dejarlo apto para la instalación Fotovoltaica (FV).



Ilustración 88: Vista de planta del edificio de clínicas odontológicas.

A continuación, se muestra las medidas del Edificio de Clínicas Odontológicas dadas en metros. De igual manera se presentan la inclinación del techo en grados y su orientación.

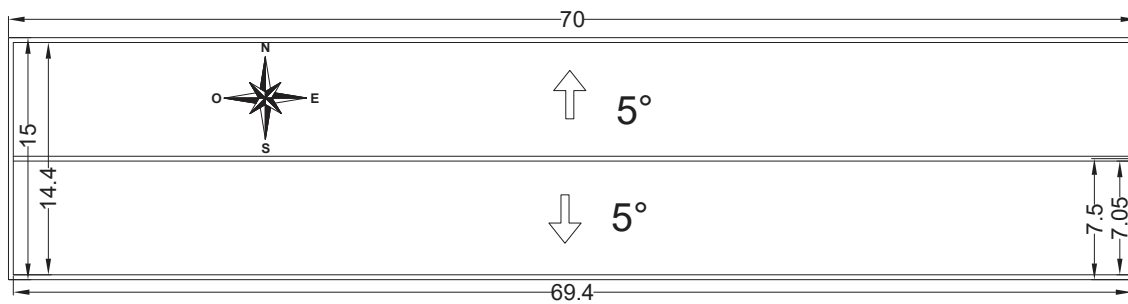


Ilustración 89: Medidas e inclinaciones del techo.

Teniendo el área y las dimensiones del edificio se realizó un diseño el cual utilizara 231 MFV cuya distribución se presenta a continuación.

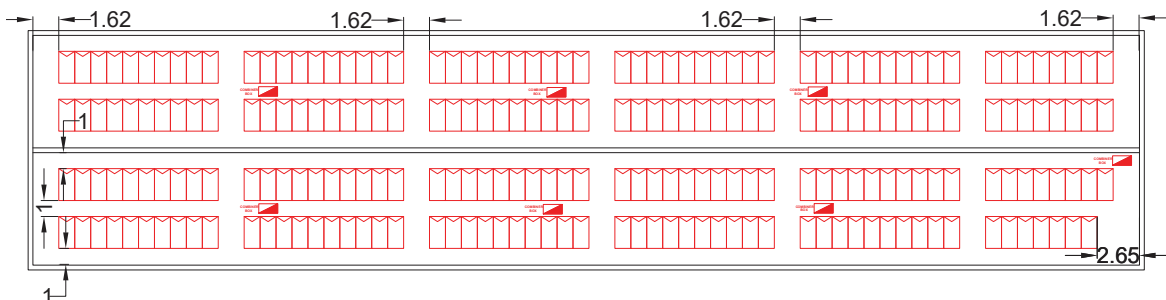


Ilustración 90: Distribución del SFV a instalar en el techo.

Para este edificio se utilizará el Módulo de 330 W y el Inversor de 9,000 W.

#### **1.4.16.1 Cálculo de inversores**

Tomando como base los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.1) se recalcularon los datos correspondientes al edificio actual.

Por tanto, el diseño queda de 231 MFV, con 7 Inversores manejando 33 MFV por unidad, del cual cada uno llevará 3 Strings de 11 MFV conectados a 208 V de la red, con Potencia DC generada de 76,230 Wp y Potencia AC generada de 61,740 W.

#### **1.4.16.2 Cálculo de Protecciones**

En base a los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.2) se recalcularon los datos correspondientes al edificio actual.

Fusible por String = 15 A.

Fusible por MPP = 30 A.

Protección Termomagnética para INV. en AC = 60 A/ 2 P.

Protección Termomagnética para Tablero de Inversores y General en AC = 225 A/ 3 P.

Para la parte de los Supresores de Transientes se tiene que para la caja de conexiones en DC se utilizará 2 supresores de transitorios Clase A de 60 kA por cada Combiner BOX (Terminal Positivo y Negativo), para el Tablero de Inversores se utilizarán 1 supresores de transitorios Clase B de 100 kA trifásico y para el Tablero General del Edificio de Clínicas Odontológicas se instalarán 1 supresor de transitorios Clase C de 200 kA trifásico.

#### **1.4.16.3 Diagrama Unifilar**

A continuación, se muestra el Diagrama Unifilar del Edificio de Clínicas Odontológicas.

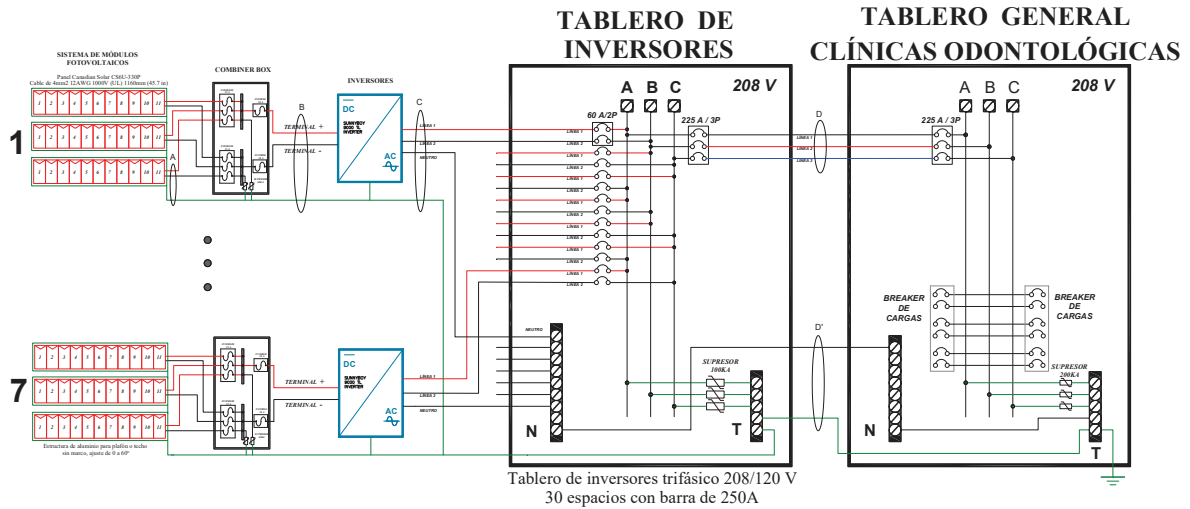


Ilustración 91: Diagrama Unifilar del SFV a instalar en el techo.

#### 1.4.16.4 Cálculo de Conductores

Tomando como base los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.4) se recalcularon los datos correspondientes, los cuales se muestran en la siguiente tabla, las letras corresponden a la ubicación de cada tramo en base al Diagrama Unifilar.

TRAMO DE CONDUCTORES	
A	Conductor fotovoltaico AWG 2 #12 (ROJO, NEGRO) + 1 #14 (VERDE)
B	Conductor fotovoltaico AWG 2 #10 (ROJO, NEGRO) + 1 #12 (VERDE)
C	Conductor THHN 2 #6 (ROJO, NEGRO) + 2 #8 (BLANCO, VERDE)
D	Conductor THHN 3 #3/0 (NEGRO, ROJO, AZUL)
D'	Conductor THHN 2 #2/0 (BLANCO, VERDE)

Tabla 36: Conductores calculados para cada tramo del diagrama unifilar.

#### 1.4.16.5 Presupuesto

Edificio de Clínicas Odontológicas							
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	P. U	P. U. M. O.	P. U (\$)	P. T (\$)
<b>1</b>	<b>Instalación de Estructura Metálica para 231 PFV y los PFV</b>	1	SG		\$ 5,200.00	\$ 5,200.00	\$ 5,200.00
	Para Estructura						
1.1	Riel para sujeción IronRidge XR-10- 204B 17' (5 m)	98	U	\$ 68.50		\$ 68.50	\$ 6,713.00
1.2	Tubería EMT de 1/2'' (3 m)	90	U	\$ 3.75		\$ 3.75	\$ 337.50
1.3	Tuerca de 3/8''	1,150	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 862.50
1.4	Arandela Plana de 3/8''	1,150	U	\$ 0.15		\$ 0.15	\$ 172.50
1.5	Arandela de presión de 3/8''	1,150	U	\$ 0.20		\$ 0.20	\$ 230.00
1.6	Varilla roscada Zincada de 3/8" (3 m)	90	U	\$ 3.85		\$ 3.85	\$ 346.50
1.7	End Clamp	500	U	\$ 8.75		\$ 8.75	\$ 4,375.00
1.8	Inter Clamp	480	U	\$ 9.75		\$ 9.75	\$ 4,680.00
	Paneles Fotovoltaicos						
1.9	Panel Solar Canadian Solar MAX POWER CS6U-330P	231	U	\$ 165.00		\$ 165.00	\$ 38,115.00
<b>2</b>	<b>Instalación eléctrica de MFV con Sistema de Tierra a Combiner Box</b>	1	SG		\$ 5,200.00	\$ 5,200.00	\$ 5,200.00
	Transporte de líneas de alimentación PFV a CBX						
2.1	Tubería EMT de 1'' (3 m)	140	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 1,197.00
2.2	Unión para Tubería EMT de 1''	140	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 105.00
2.3	Cuerpo LB de EMT de 1''	30	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 142.50
2.4	Cuerpo LT de EMT de 1''	25	U	\$ 8.25		\$ 8.25	\$ 206.25

2.5	Grapa para Tubería EMT de 1''	840	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 210.00
	<b>Conductores de MFV a Combiner Box</b>						
2.6	Carrete de conductor fotovoltaico #12 AWG 1000 VDC 2000' BLACK PV WIRE (600 m)	1	U	\$ 913.50		\$ 913.50	\$ 913.50
2.7	Carrete de conductor fotovoltaico #12 AWG 2000 VDC 1000' RED PV WIRE (600 m)	1	U	\$ 913.50		\$ 913.50	\$ 913.50
2.8	Carrete de Conductor THHN #14 AWG VERDE (500 m)	1	U	\$ 133.63		\$ 133.63	\$ 133.63
2.9	Conector Adaptador T4 Hembra para conductor #12 AWG	45	U	\$ 7.43		\$ 7.43	\$ 334.35
2.10	Conector Adaptador T4 Macho para conductor #12 AWG	45	U	\$ 5.78		\$ 5.78	\$ 260.10
2.11	Terminal de Ojo 16-14 AWG	250	U	\$ 0.20		\$ 0.20	\$ 50.00
	<b>Combiner Box</b>						
2.12	Combiner Box con Riel DIN para 8 portafusibles y 2 supresores de Transientes	7	U	\$ 150.00		\$ 150.00	\$ 1,050.00
2.13	Supresores de transientes de 600 V, 60 KA	14	U	\$ 300.00		\$ 300.00	\$ 4,200.00
2.14	Portafusibles Midnite Solar MNTS 1000 VDC Cilíndrico para Riel DIN y Aplicaciones Fotovoltaicas	60	U	\$ 7.75		\$ 7.75	\$ 465.00
2.15	Fusible 10 x 38 mm de 15 A 1000 VDC	46	U	\$ 6.45		\$ 6.45	\$ 296.70
2.16	Fusible 10 x 38 mm de 30 A 1000 VDC	18	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 153.90
<b>3</b>	<b>Conexión de Combiner Box a Inversores, de Inversores a Tablero de Inversores y la Instalación del Tablero de Inversores</b>	1	SG		\$ 4,200.00	\$ 4,200.00	\$ 4,200.00
	<b>Transporte de líneas de alimentación de CBX a Inversores</b>						
3.1	Tubería EMT de 1'' (3 m)	150	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 1,282.50

3.2	Unión para Tubería EMT de 1''	150	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 112.50
3.3	Cuerpo LB de EMT de 1''	30	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 142.50
3.4	Cuerpo LL de EMT de 1''	30	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 142.50
3.5	Cuerpo LR de EMT de 1''	30	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 142.50
3.6	Grapa para Tubería EMT de 1''	900	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 225.00
	<b>Combiner Box a Inversores</b>						
3.7	Carrete de conductor fotovoltaico #10 AWG 1000 VDC 2000' BLACK PV WIRE (600 m)	1	U	\$ 913.50		\$ 913.50	\$ 913.50
3.8	Carrete de conductor fotovoltaico #10 AWG 1000 VDC 2000' RED PV WIRE (600 m)	1	U	\$ 913.50		\$ 913.50	\$ 913.50
3.9	Carrete de Conductor THHN #12 AWG VERDE (1000 m)	1	U	\$ 315.25		\$ 315.25	\$ 315.25
3.10	Conector Adaptador T4 Hembra para conductor #12 AWG	30	U	\$ 7.43		\$ 7.43	\$ 222.90
3.11	Conector Adaptador T4 Macho para conductor #12 AWG	30	U	\$ 5.78		\$ 5.78	\$ 173.40
	<b>Inversor</b>						
3.12	Inversor SMA SUNNY-BOY 9000TL-US de 9000 W a 208 V	7	U	\$ 2,750.00		\$ 2,750.00	\$ 19,250.00
	<b>Inversores a Tablero de Inversores</b>						
3.13	Tubería EMT de 1'' (3 m)	50	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 427.50
3.14	Conector Recto para Tubería EMT de 1''	30	U	\$ 1.25		\$ 1.25	\$ 37.50
3.15	Grapa para Tubería EMT de 1''	300	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 75.00
3.16	Carrete de conductor THHN #6 AWG NEGRO (1 m)	150	U	\$ 1.95		\$ 1.95	\$ 292.50
3.17	Carrete de conductor THHN #6 AWG ROJO (1 m)	150	U	\$ 1.95		\$ 1.95	\$ 292.50

3.18	Carrete de Conductor THHN #8 AWG VERDE (1 m)	150	U	\$ 1.50		\$ 1.50	\$ 225.00
3.19	Tablero trifásico 208/120 V - 30 espacios con barra de 250 A - Main 225 A	1	U	\$ 450.00		\$ 450.00	\$ 450.00
3.20	Circuit Breaker de 60 A / 2P, 208/120 V	7	U	\$ 15.25		\$ 15.25	\$ 106.75
3.21	Supresor en AC, 208/120 voltios, 100 KA Trifásico	1	U	\$ 600.00		\$ 600.00	\$ 600.00
<b>4</b>	<b>Conexión de Tablero de Inversores a Tablero General</b>	1	SG		\$ 3,700.00	\$ 3,700.00	\$ 3,700.00
	Transporte de Líneas de Tablero de Inversores a Tablero Principal						
4.1	Tubería EMT de 2'' (3 m)	8	U	\$ 24.50		\$ 24.50	\$ 196.00
4.2	Unión para Tubería EMT de 2''	8	U	\$ 1.95		\$ 1.95	\$ 15.60
4.3	Cuerpo LB de EMT de 2''	5	U	\$ 15.50		\$ 15.50	\$ 77.50
4.4	Cuerpo LL de EMT de 2''	5	U	\$ 15.50		\$ 15.50	\$ 77.50
4.5	Cuerpo LR de EMT de 2''	5	U	\$ 15.50		\$ 15.50	\$ 77.50
4.6	Conector Recto para Tubería EMT de 2''	5	U	\$ 2.50		\$ 2.50	\$ 12.50
4.7	Grapa para Tubería EMT de 2''	48	U	\$ 0.35		\$ 0.35	\$ 16.80
	Cableado Tablero de Inversores a Tablero General						
4.8	Carrete de conductor THHN #3/0 AWG NEGRO (1 m)	25	U	\$ 12.50		\$ 12.50	\$ 312.50
4.9	Carrete de conductor THHN #3/0 AWG ROJO (1 m)	25	U	\$ 12.50		\$ 12.50	\$ 312.50
4.10	Carrete de conductor THHN #3/0 AWG AZUL (1 m)	25	U	\$ 12.50		\$ 12.50	\$ 312.50
4.11	Carrete de Conductor THHN #2/0 AWG VERDE (1 m)	25	U	\$ 11.50		\$ 11.50	\$ 287.50

4.12	Circuit Breaker de 225 A / 3P, 208/120 V	1	U	\$ 230.00		\$ 230.00	\$ 230.00
4.13	Supresor en AC, 208/120 voltios, 200 KA, con protección 15/3P, 18 KA, conexión a Tablero General, cable de tierra de 1/0	1	U	\$ 1,115.00		\$ 1,115.00	\$ 1,115.00
						<b>TOTAL</b>	<b>\$ 114,149.63</b>

#### 1.4.16.6 Resumen del Diseño Fotovoltaico

El Diseño Fotovoltaico queda de 231 MFV de 330 W los cuales requieren 7 Inversores de 9,000 W manejando 33 MFV por unidad, del cual cada uno llevará 3 Strings de 11 MFV. Todos los inversores serán conectados a un Tableros de Inversores el cual se conectarán con el Tablero General del Edificio de Clínicas Odontológicas el cual se encuentra conectado a 208 V de la red. De igual manera se tiene al final una Potencia DC generada de 76,230 Wp y Potencia AC generada de 61,740 W.



### 1.4.17 Edificio Administrativo de la Facultad de Odontología

El área del edificio es de 1224 m<sup>2</sup> aproximadamente (sin tomar en cuenta los obstáculos de la azotea). El edificio se encuentra con algunas palmeras que obstruyan por tanto se recomienda una poda.



Ilustración 92: Vista de planta del edificio de la facultad de odontología.

A continuación, se muestra las medidas del Edificio Administrativo de la Facultad de Odontología dadas en metros. De igual manera se presentan la inclinación del techo en grados y su orientación.

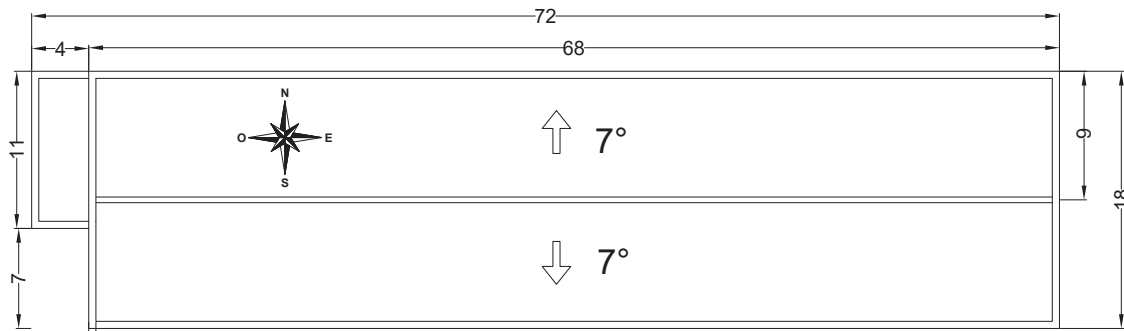
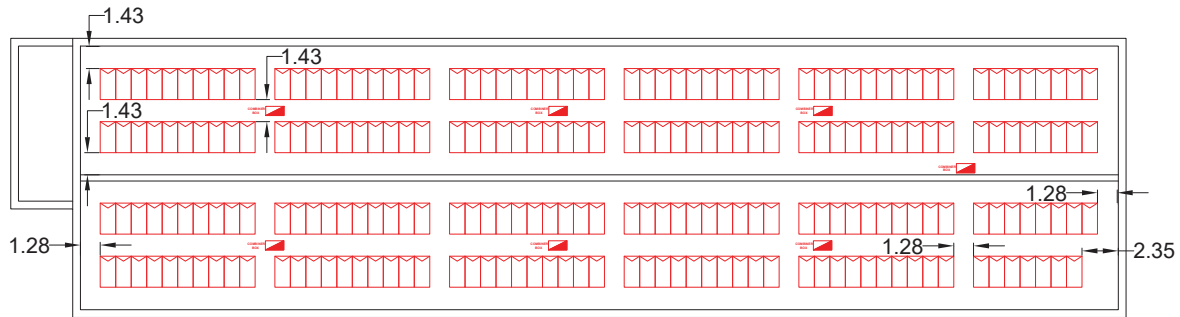


Ilustración 93: Medidas e inclinaciones del techo.

Teniendo el área y las dimensiones del edificio se realizó un diseño el cual utilizara 231 MFV cuya distribución se presenta a continuación.



*Ilustración 94: Distribución del SFV en el techo del edificio.*

Para este edificio se utilizará el Módulo de 330 W y el Inversor de 9,000 W.

#### **1.4.17.1 Cálculo de inversores**

Tomando como base los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.1) se recalcularon los datos correspondientes al edificio actual.

Por tanto, el diseño queda de 231 MFV, con 7 Inversores manejando 33 MFV por unidad, del cual cada uno llevará 3 Strings de 11 MFV conectados a 208 V de la red, con Potencia DC generada de 76,230 Wp y Potencia AC generada de 61,740 W.

#### **1.4.17.2 Cálculo de Protecciones**

En base a los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.2) se recalcularon los datos correspondientes al edificio actual.

Fusible por String = 15 A.

Fusible por MPP = 30 A.

Protección Termomagnética para INV. en AC = 60 A/ 2 P.

Protección Termomagnética para Tablero de Inversores y General en AC = 225 A/ 3 P.

Para la parte de los Supresores de Transientes se tiene que para la caja de conexiones en DC se utilizará 2 supresores de transitorios Clase A de 60 kA por cada Combiner BOX (Terminal Positivo y Negativo), para el Tablero de Inversores se utilizarán 1 supresores de transitorios Clase B de 100 kA trifásico y para el Tablero General del Edificio Administrativo de la Facultad de Odontología se instalarán 1 supresor de transitorios Clase C de 200 kA trifásico.

### 1.4.17.3 Diagrama Unifilar

A continuación, se muestra el Diagrama Unifilar del Edificio Administrativo de la Facultad de Odontología.

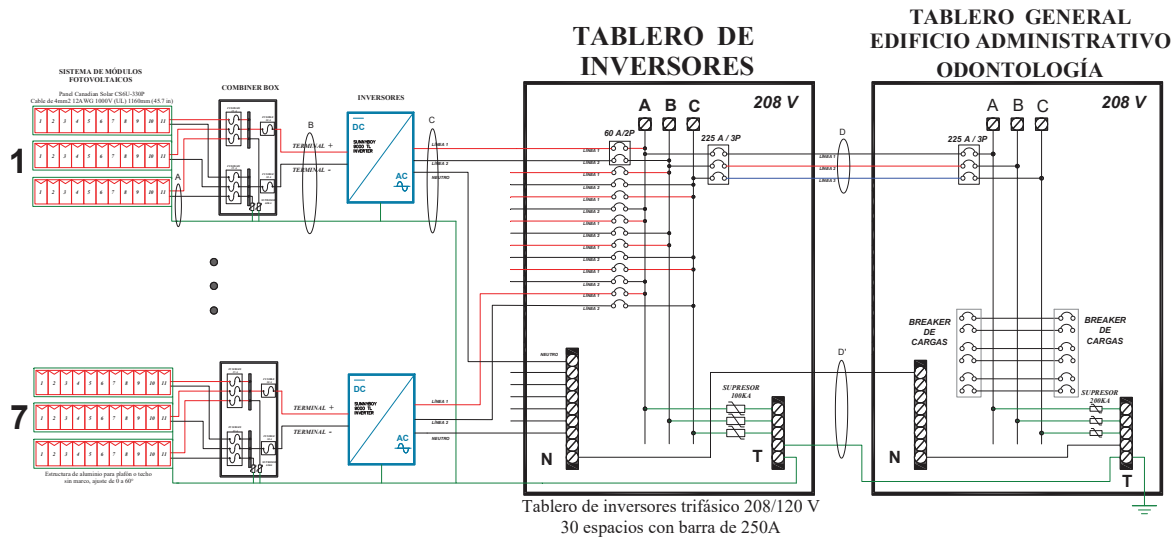


Ilustración 95: Diagrama unifilar del SFV a instalar.

### 1.4.17.4 Cálculo de Conductores

Tomando como base los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.4) se recalcularon los datos correspondientes, los cuales se muestran en la siguiente tabla, las letras corresponden a la ubicación de cada tramo en base al Diagrama Unifilar.

TRAMO DE CONDUCTORES	
A	Conductor fotovoltaico AWG 2 #12 (ROJO, NEGRO) + 1 #14 (VERDE)
B	Conductor fotovoltaico AWG 2 #10 (ROJO, NEGRO) + 1 #12 (VERDE)
C	Conductor THHN 2 #6 (ROJO, NEGRO) + 2 #8 (BLANCO, VERDE)
D	Conductor THHN 3 #3/0 (NEGRO, ROJO, AZUL)
D'	Conductor THHN 2 #2/0 (BLANCO, VERDE)

Tabla 37: Conductores calculados para cada tramo del diagrama unifilar.

#### 1.4.17.5 Presupuesto

Edificio de Administrativo Odontología							
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	P. U	P. U. M. O.	P. U (\$)	P. T (\$)
<b>1</b>	<b>Instalación de Estructura Metálica para 231 PFV y los PFV</b>	1	SG		\$ 5,200.00	\$ 5,200.00	\$ 5,200.00
	Para Estructura						
1.1	Riel para sujeción IronRidge XR-10- 204B 17' (5 m)	98	U	\$ 68.50		\$ 68.50	\$ 6,713.00
1.2	Tubería EMT de 1/2'' (3 m)	90	U	\$ 3.75		\$ 3.75	\$ 337.50
1.3	Tuerca de 3/8''	1,150	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 862.50
1.4	Arandela Plana de 3/8''	1,150	U	\$ 0.15		\$ 0.15	\$ 172.50
1.5	Arandela de presión de 3/8''	1,150	U	\$ 0.20		\$ 0.20	\$ 230.00
1.6	Varilla roscada Zincada de 3/8" (3 m)	90	U	\$ 3.85		\$ 3.85	\$ 346.50
1.7	End Clamp	500	U	\$ 8.75		\$ 8.75	\$ 4,375.00
1.8	Inter Clamp	480	U	\$ 9.75		\$ 9.75	\$ 4,680.00
	Paneles Fotovoltaicos						
1.9	Panel Solar Canadian Solar MAX POWER CS6U-330P	231	U	\$ 165.00		\$ 165.00	\$ 38,115.00
<b>2</b>	<b>Instalación eléctrica de MFV con Sistema de Tierra a Combiner Box</b>	1	SG		\$ 5,200.00	\$ 5,200.00	\$ 5,200.00
	Transporte de líneas de alimentación PFV a CBX						
2.1	Tubería EMT de 1'' (3 m)	140	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 1,197.00
2.2	Unión para Tubería EMT de 1''	140	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 105.00
2.3	Cuerpo LB de EMT de 1''	30	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 142.50
2.4	Cuerpo LT de EMT de 1''	25	U	\$ 8.25		\$ 8.25	\$ 206.25

2.5	Grapa para Tubería EMT de 1''	840	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 210.00
	<b>Conductores de MFV a Combiner Box</b>						
2.6	Carrete de conductor fotovoltaico #12 AWG 1000 VDC 2000' BLACK PV WIRE (600 m)	1	U	\$ 913.50		\$ 913.50	\$ 913.50
2.7	Carrete de conductor fotovoltaico #12 AWG 2000 VDC 1000' RED PV WIRE (600 m)	1	U	\$ 913.50		\$ 913.50	\$ 913.50
2.8	Carrete de Conductor THHN #14 AWG VERDE (500 m)	1	U	\$ 133.63		\$ 133.63	\$ 133.63
2.9	Conector Adaptador T4 Hembra para conductor #12 AWG	45	U	\$ 7.43		\$ 7.43	\$ 334.35
2.10	Conector Adaptador T4 Macho para conductor #12 AWG	45	U	\$ 5.78		\$ 5.78	\$ 260.10
2.11	Terminal de Ojo 16-14 AWG	250	U	\$ 0.20		\$ 0.20	\$ 50.00
	<b>Combiner Box</b>						
2.12	Combiner Box con Riel DIN para 8 portafusibles y 2 supresores de Transientes	7	U	\$ 150.00		\$ 150.00	\$ 1,050.00
2.13	Supresores de transientes de 600 V, 60 KA	14	U	\$ 300.00		\$ 300.00	\$ 4,200.00
2.14	Portafusibles Midnite Solar MNTS 1000 VDC Cilíndrico para Riel DIN y Aplicaciones Fotovoltaicas	60	U	\$ 7.75		\$ 7.75	\$ 465.00
2.15	Fusible 10 x 38 mm de 15 A 1000 VDC	46	U	\$ 6.45		\$ 6.45	\$ 296.70
2.16	Fusible 10 x 38 mm de 30 A 1000 VDC	18	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 153.90
<b>3</b>	<b>Conexión de Combiner Box a Inversores, de Inversores a Tablero de Inversores y la Instalación del Tablero de Inversores</b>	1	SG		\$ 4,200.00	\$ 4,200.00	\$ 4,200.00
	<b>Transporte de líneas de alimentación de CBX a Inversores</b>						
3.1	Tubería EMT de 1'' (3 m)	150	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 1,282.50

3.2	Unión para Tubería EMT de 1''	150	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 112.50
3.3	Cuerpo LB de EMT de 1''	30	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 142.50
3.4	Cuerpo LL de EMT de 1''	30	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 142.50
3.5	Cuerpo LR de EMT de 1''	30	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 142.50
3.6	Grapa para Tubería EMT de 1''	900	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 225.00
	<b>Combiner Box a Inversores</b>						
3.7	Carrete de conductor fotovoltaico #10 AWG 1000 VDC 2000' BLACK PV WIRE (600 m)	1	U	\$ 913.50		\$ 913.50	\$ 913.50
3.8	Carrete de conductor fotovoltaico #10 AWG 1000 VDC 2000' RED PV WIRE (600 m)	1	U	\$ 913.50		\$ 913.50	\$ 913.50
3.9	Carrete de Conductor THHN #12 AWG VERDE (1000 m)	1	U	\$ 315.25		\$ 315.25	\$ 315.25
3.10	Conector Adaptador T4 Hembra para conductor #12 AWG	30	U	\$ 7.43		\$ 7.43	\$ 222.90
3.11	Conector Adaptador T4 Macho para conductor #12 AWG	30	U	\$ 5.78		\$ 5.78	\$ 173.40
	<b>Inversor</b>						
3.12	Inversor SMA SUNNY-BOY 9000TL-US de 9000 W a 208 V	7	U	\$ 2,750.00		\$ 2,750.00	\$ 19,250.00
	<b>Inversores a Tablero de Inversores</b>						
3.13	Tubería EMT de 1'' (3 m)	50	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 427.50
3.14	Conector Recto para Tubería EMT de 1''	30	U	\$ 1.25		\$ 1.25	\$ 37.50
3.15	Grapa para Tubería EMT de 1''	300	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 75.00
3.16	Carrete de conductor THHN #6 AWG NEGRO (1 m)	150	U	\$ 1.95		\$ 1.95	\$ 292.50
3.17	Carrete de conductor THHN #6 AWG ROJO (1 m)	150	U	\$ 1.95		\$ 1.95	\$ 292.50

3.18	Carrete de Conductor THHN #8 AWG VERDE (1 m)	150	U	\$ 1.50		\$ 1.50	\$ 225.00
3.19	Tablero trifásico 208/120 V - 30 espacios con barra de 250 A - Main 225 A	1	U	\$ 450.00		\$ 450.00	\$ 450.00
3.20	Circuit Breaker de 60 A / 2P, 208/120 V	7	U	\$ 15.25		\$ 15.25	\$ 106.75
3.21	Supresor en AC, 208/120 voltios, 100 KA Trifásico	1	U	\$ 600.00		\$ 600.00	\$ 600.00
<b>4</b>	<b>Conexión de Tablero de Inversores a Tablero General</b>	1	SG		\$ 3,700.00	\$ 3,700.00	\$ 3,700.00
	Transporte de Líneas de Tablero de Inversores a Tablero Principal						
4.1	Tubería EMT de 2'' (3 m)	8	U	\$ 24.50		\$ 24.50	\$ 196.00
4.2	Unión para Tubería EMT de 2''	8	U	\$ 1.95		\$ 1.95	\$ 15.60
4.3	Cuerpo LB de EMT de 2''	5	U	\$ 15.50		\$ 15.50	\$ 77.50
4.4	Cuerpo LL de EMT de 2''	5	U	\$ 15.50		\$ 15.50	\$ 77.50
4.5	Cuerpo LR de EMT de 2''	5	U	\$ 15.50		\$ 15.50	\$ 77.50
4.6	Conector Recto para Tubería EMT de 2''	5	U	\$ 2.50		\$ 2.50	\$ 12.50
4.7	Grapa para Tubería EMT de 2''	48	U	\$ 0.35		\$ 0.35	\$ 16.80
	Cableado Tablero de Inversores a Tablero General						
4.8	Carrete de conductor THHN #3/0 AWG NEGRO (1 m)	25	U	\$ 12.50		\$ 12.50	\$ 312.50
4.9	Carrete de conductor THHN #3/0 AWG ROJO (1 m)	25	U	\$ 12.50		\$ 12.50	\$ 312.50
4.10	Carrete de conductor THHN #3/0 AWG AZUL (1 m)	25	U	\$ 12.50		\$ 12.50	\$ 312.50
4.11	Carrete de Conductor THHN #2/0 AWG VERDE (1 m)	25	U	\$ 11.50		\$ 11.50	\$ 287.50

4.12	Circuit Breaker de 225 A / 3P, 208/120 V	1	U	\$ 230.00		\$ 230.00	\$ 230.00
4.13	Supresor en AC, 208/120 voltios, 200 KA, con protección 15/3P, 18 KA, conexión a Tablero General, cable de tierra de 1/0	1	U	\$ 1,115.00		\$ 1,115.00	\$ 1,115.00
						<b>TOTAL</b>	<b>\$ 114,149.63</b>

#### 1.4.17.6 Resumen del Diseño Fotovoltaico

El Diseño Fotovoltaico queda de 231 MFV de 330 W los cuales requieren 7 Inversores de 9,000 W manejando 33 MFV por unidad, del cual cada uno llevará 3 Strings de 11 MFV. Todos los inversores serán conectados a un Tableros de Inversores el cual se conectarán con el Tablero General del Edificio de Administrativo de la Facultad de Odontología el cual se encuentra conectado a 208 V de la red. De igual manera se tiene al final una Potencia DC generada de 76,230 Wp y Potencia AC generada de 61,740 W.



### 1.4.18 Edificio de la Facultad de Odontología

El área del edificio es de 285 m<sup>2</sup> aproximadamente (sin tomar en cuenta los obstáculos de la azotea). Este edificio no requiere de ninguna intervención para dejarlo apto para la instalación Fotovoltaica (FV).



Ilustración 96: Edificio de la facultad de odontología.

A continuación, se muestra las medidas del Edificio de la Facultad de Odontología dadas en metros. De igual manera se presentan la inclinación del techo en grados y su orientación.

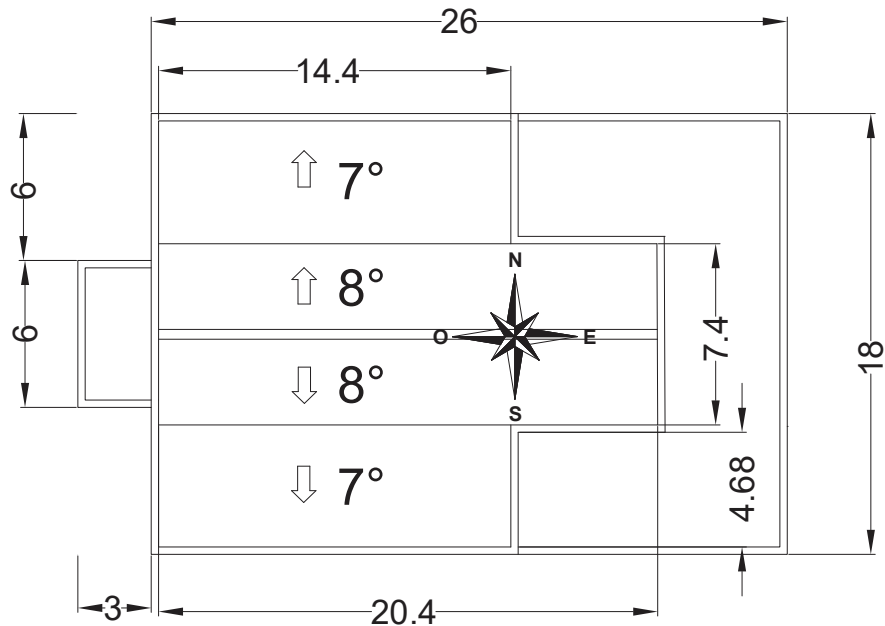


Ilustración 97: Inclinaciones del techo y medidas del edificio.

Teniendo el área y las dimensiones del edificio se realizó un diseño el cual utilizara 60 MFV cuya distribución se presenta a continuación.

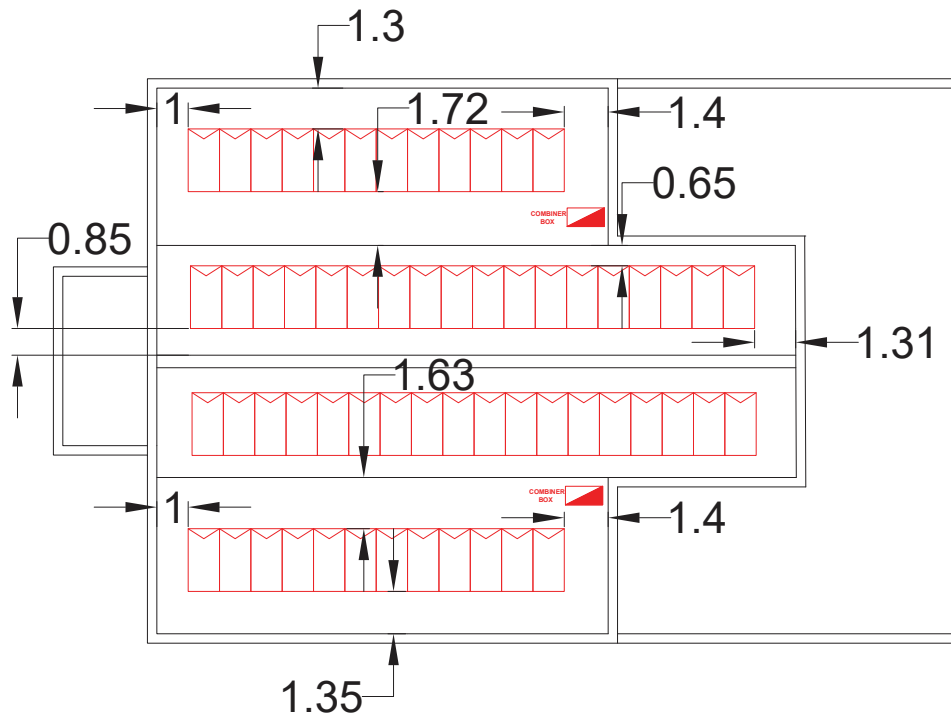


Ilustración 98: Distribución del SFV a instalar en el techo del edificio.

Para este edificio se utilizará el Módulo de 350 W y el Inversor de 9,000 W.

#### 1.4.18.1 Cálculo de Inversores

Tomando como base los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.1) se recalcularon los datos correspondientes al edificio actual.

Por tanto, el diseño queda de 60 MFV, con 2 Inversores manejando 30 MFV por unidad, del cual cada uno llevará 3 Strings de 10 MFV conectados a 208 V de la red, con Potencia DC generada de 21,000 Wp y Potencia AC generada de 17,640 W.

#### 1.4.18.2 Cálculo de Protecciones

En base a los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.2) se recalcularon los datos correspondientes al edificio actual.

Fusible por String = 15 A.

Fusible por MPP = 30 A.

Protección Termomagnética para INV. en AC = 60 A/ 2 P.

Debido a que se tienen solo 2 Inversores en este Edificio se consideró llevar las líneas directo al tablero general del edificio.

Para la parte de los Supresores de Transientes se tiene que para la caja de conexiones en DC se utilizará 2 supresores de transitorios Clase A de 60 kA por cada Combiner BOX (Terminal Positivo y Negativo) y para el Tablero General del Edificio de la Facultad Odontología se instalarán 1 supresor de transitorios Clase C de 200 kA trifásico.

### 1.4.18.3 Diagrama Unifilar

A continuación, se muestra el Diagrama Unifilar del Edificio de la Facultad de Odontología.

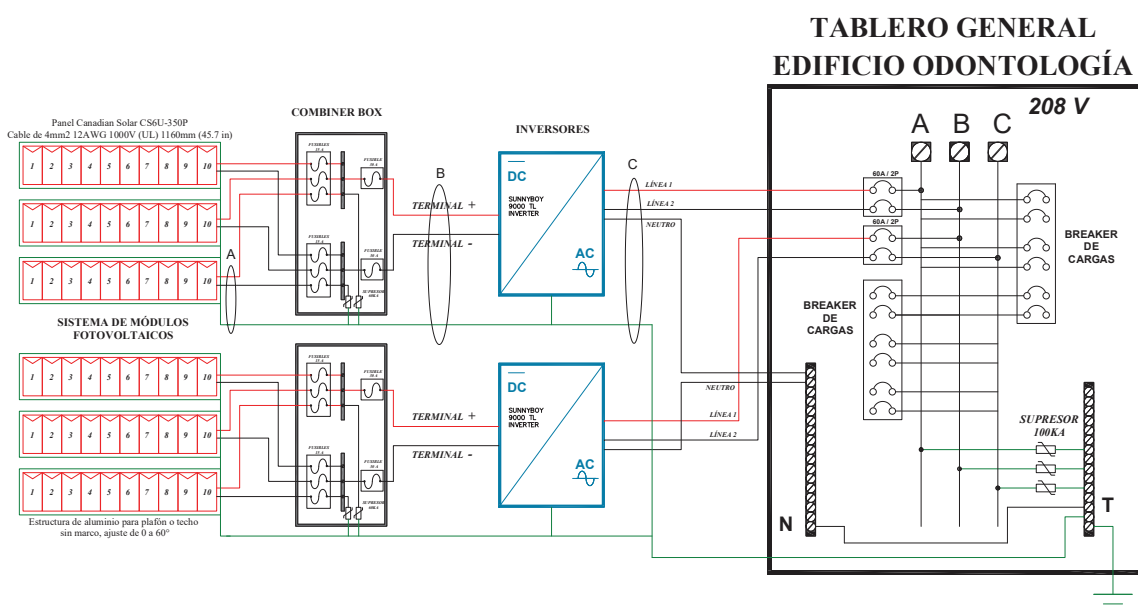


Ilustración 99: Diagrama unifilar del SFV a instalar.

### 1.4.18.4 Cálculo de Conductores

Tomando como base los cálculos realizados en el primer edificio (1.4.1.4) se recalcularon los datos correspondientes, los cuales se muestran en la siguiente tabla, las letras corresponden a la ubicación de cada tramo en base al Diagrama Unifilar.

TRAMO DE CONDUCTORES	
A	Conductor fotovoltaico AWG 2 #12 (ROJO, NEGRO) + 1 #14 (VERDE)
B	Conductor fotovoltaico AWG 2 #10 (ROJO, NEGRO) + 1 #12 (VERDE)
C	Conductor THHN 2 #6 (ROJO, NEGRO) + 2 #8 (BLANCO, VERDE)

Tabla 38: Conductores calculados para cada tramo del diagrama unifilar.

#### 1.4.18.5 Presupuesto

Edificio de Facultad de Odontología							
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	P. U	P. U. M. O.	P. U (\$)	P. T (\$)
<b>1</b>	<b>Instalación de Estructura Metálica para 60 PFV y los PFV</b>	1	SG		\$ 2,000.00	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00
	Para Estructura						
1.1	Riel para sujeción IronRidge XR-10- 204B 17' (5 m)	28	U	\$ 68.50		\$ 68.50	\$ 1,918.00
1.2	Tubería EMT de 1/2'' (3 m)	40	U	\$ 3.75		\$ 3.75	\$ 150.00
1.3	Tuerca de 3/8''	250	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 187.50
1.4	Arandela Plana de 3/8''	250	U	\$ 0.15		\$ 0.15	\$ 37.50
1.5	Arandela de presión de 3/8''	250	U	\$ 0.20		\$ 0.20	\$ 50.00
1.6	Varilla roscada Zincada de 3/8" (3 m)	40	U	\$ 3.85		\$ 3.85	\$ 154.00
1.7	End Clamp	125	U	\$ 8.75		\$ 8.75	\$ 1,093.75
1.8	Inter Clamp	120	U	\$ 9.75		\$ 9.75	\$ 1,170.00
	Paneles Fotovoltaicos						
1.9	Panel Solar Canadian Solar CS6U-350P	60	U	\$ 175.00		\$ 175.00	\$ 10,500.00
<b>2</b>	<b>Instalación eléctrica de MFV con Sistema de Tierra a Combiner Box</b>	1	SG		\$ 2,000.00	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00
	Transporte de líneas de alimentación PFV a CBX						
2.1	Tubería EMT de 1'' (3 m)	20	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 171.00
2.2	Unión para Tubería EMT de 1''	20	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 15.00
2.3	Cuerpo LB de EMT de 1''	5	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 23.75
2.4	Cuerpo LT de EMT de 1''	5	U	\$ 8.25		\$ 8.25	\$ 41.25

2.5	Grapa para Tubería EMT de 1''	120	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 30.00
	<b>Conductores de MFV a Combiner Box</b>						
2.6	Carrete de conductor fotovoltaico #12 AWG 1000 VDC 1000' BLACK PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
2.7	Carrete de conductor fotovoltaico #12 AWG 1000 VDC 1000' RED PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
2.8	Carrete de Conductor THHN #14 AWG VERDE (500 m)	1	U	\$ 133.63		\$ 133.63	\$ 133.63
2.9	Conector Adaptador T4 Hembra para conductor #12 AWG	15	U	\$ 7.43		\$ 7.43	\$ 111.45
2.10	Conector Adaptador T4 Macho para conductor #12 AWG	15	U	\$ 5.78		\$ 5.78	\$ 86.70
2.11	Terminal de Ojo 16-14 AWG	80	U	\$ 0.20		\$ 0.20	\$ 16.00
	<b>Combiner Box</b>						
2.12	Combiner Box con Riel DIN para 8 portafusibles y 2 supresores de Transientes	2	U	\$ 150.00		\$ 150.00	\$ 300.00
2.13	Supresores de transientes de 600 V, 60 KA	4	U	\$ 300.00		\$ 300.00	\$ 1,200.00
2.14	Portafusibles Midnite Solar MNTS 1000 VDC Cilíndrico para Riel DIN y Aplicaciones Fotovoltaicas	20	U	\$ 7.75		\$ 7.75	\$ 155.00
2.15	Fusible 10 x 38 mm de 15 A 1000 VDC	16	U	\$ 6.45		\$ 6.45	\$ 103.20
2.16	Fusible 10 x 38 mm de 30 A 1000 VDC	8	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 68.40
<b>3</b>	<b>Conexión de Combiner Box a Inversores</b>	1	SG		\$ 1,800.00	\$ 1,800.00	\$ 1,800.00
	<b>Transporte de líneas de alimentación de CBX a Inversores</b>						
3.1	Tubería EMT de 1'' (3 m)	25	U	\$ 8.55		\$ 8.55	\$ 213.75
3.2	Unión para Tubería EMT de 1''	25	U	\$ 0.75		\$ 0.75	\$ 18.75

3.3	Cuerpo LB de EMT de 1''	10	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 47.50
3.4	Cuerpo LL de EMT de 1''	10	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 47.50
3.5	Cuerpo LR de EMT de 1''	10	U	\$ 4.75		\$ 4.75	\$ 47.50
3.6	Grapa para Tubería EMT de 1''	150	U	\$ 0.25		\$ 0.25	\$ 37.50
	<b>Combiner Box a Inversores</b>						
3.7	Carrete de conductor fotovoltaico #10 AWG 1000 VDC 1000' BLACK PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
3.8	Carrete de conductor fotovoltaico #10 AWG 1000 VDC 1000' RED PV WIRE (300 m)	1	U	\$ 559.13		\$ 559.13	\$ 559.13
3.9	Carrete de Conductor THHN #12 AWG VERDE (500 m)	1	U	\$ 133.63		\$ 133.63	\$ 133.63
3.10	Conector Adaptador T4 Hembra para conductor #12 AWG	10	U	\$ 7.43		\$ 7.43	\$ 74.30
3.11	Conector Adaptador T4 Macho para conductor #12 AWG	10	U	\$ 5.78		\$ 5.78	\$ 57.80
	<b>Inversor</b>						
3.12	Inversor SMA SUNNY-BOY 9000TL-US de 9000 W a 208 V	2	U	\$ 2,750.00		\$ 2,750.00	\$ 5,500.00
<b>4</b>	<b>Conexión de Inversores a Tablero General</b>	1	SG		\$ 1,800.00	\$ 1,800.00	\$ 1,800.00
	<b>Transporte de Inversores a Tablero Principal</b>						
4.1	Tubería EMT de 1 1/2'' (3 m)	4	U	\$ 15.65		\$ 15.65	\$ 62.60
4.2	Unión para Tubería EMT de 1 1/2''	4	U	\$ 1.50		\$ 1.50	\$ 6.00
4.3	Cuerpo LB de EMT de 1 1/2''	4	U	\$ 10.25		\$ 10.25	\$ 41.00
4.4	Cuerpo LL de EMT de 1 1/2''	4	U	\$ 10.25		\$ 10.25	\$ 41.00
4.5	Cuerpo LR de EMT de 1 1/2''	4	U	\$ 10.25		\$ 10.25	\$ 41.00
4.6	Conector Recto para Tubería EMT de 1 1/2''	8	U	\$ 2.75		\$ 2.75	\$ 22.00

4.7	Grapa para Tubería EMT de 1 1/2''	25	U	\$ 0.50		\$ 0.50	\$ 12.50
	<b>Cableado de Inversores a Tablero General</b>						
4.8	Carrete de conductor THHN #2 AWG NEGRO (1 m)	25	U	\$ 5.25		\$ 5.25	\$ 131.25
4.9	Carrete de conductor THHN #2 AWG ROJO (1 m)	25	U	\$ 5.25		\$ 5.25	\$ 131.25
4.11	Carrete de Conductor THHN #4 AWG VERDE (1 m)	25	U	\$ 3.75		\$ 3.75	\$ 93.75
4.12	Circuit Breaker de 60 A / 2 P, 208/120 V	2	U	\$ 15.25		\$ 15.25	\$ 30.50
4.13	Supresor en AC, 208/120 voltios, 200 KA, con protección 15/3P, 18 KA, conexión a Tablero General, cable de tierra de 1/0	1	U	\$ 1,115.00		\$ 1,115.00	\$ 1,115.00
						<b>TOTAL</b>	<b>\$ 35,458.73</b>

#### 1.4.18.6 Resumen del Diseño Fotovoltaico

El Diseño Fotovoltaico queda de 60 MFV de 350 W los cuales requieren 2 Inversores de 9,000 W manejando 30 MFV por unidad, del cual cada uno llevará 3 Strings de 10 MFV. Todos los inversores serán conectados al Tablero General del Edificio de la Facultad de Odontología el cual se encuentra conectado a 208 V de la red. De igual manera se tiene al final una Potencia DC generada de 21,000 Wp y Potencia AC generada de 17,640 W.

## 1.5 Resumen de Instalación Fotovoltaica

<i>EDIFICIO</i>	<i>SUBESTACIÓN (kVA)</i>	<i>VOLTAJE (V)</i>	<i>INVERSOR (kW)</i>	<i># INV.</i>	<i>MFV (W)</i>	<i>#MFV</i>	<i>POTENCIA INSTALADA (kWp)</i>
<i>MEDICINA</i>	225	208	10	16	330	576	190.08
<i>VALENCIA</i>	225	208	10	7	330	252	83.16
<i>OFICINAS CENTRALES</i>	300	208	10	2	330	72	23.76
<i>PSICOLOGÍA</i>	150	208	10	6	330	216	71.28
<i>RECTORÍA</i>	300	208	10	4	330	144	47.52
<i>CINE TEATRO</i>	225	208	10	3	330	108	35.64
<i>ARTES</i>	225	208	10	4	330	144	47.52
<i>BIBLIOTECA CENTRAL</i>	150	208	10	3	330	108	35.64
<i>JURISPRUDENCIA Y CIENCIAS SOCIALES</i>	150	208	10	4	330	144	47.52
<i>EDIFICIO DE USOS MÚLTIPLES</i>	300	208	9	2	350	60	21.00
<i>CIENCIAS AGRONÓMICAS</i>	150	208	9	2	330	66	21.78
<i>CENSALUD</i>	501	208	9	7	330	231	76.23
<i>QUÍMICA Y FARMACIA</i>	112.5	208	9	2	330	66	21.78
<i>CIENCIAS DE LA SALUD</i>	100	240	8	7	330	210	69.30
<i>IMPRESA</i>	300	240	8	10	330	300	99.00
<i>CLÍNICAS ODONTOLÓGICAS</i>	225	208	9	7	330	231	76.23
<i>ADMINISTRATIVO</i>	225	208	9	7	330	231	76.23
<i>ODONTOLOGÍA</i>	300	208	9	2	350	60	21.00
<i>ODONTOLOGÍA</i>							
<b><i>TOTAL</i></b>				<b>95</b>		<b>3219</b>	<b>1064.67</b>

Tabla 39: Resumen de la instalación fotovoltaica total.



## 1.6 Costo Watt Instalado

A continuación, se detalla el costo por watts instalado general de las todas las instalaciones fotovoltaicas de los edificios.

<i>EDIFICIO</i>	<i>W<sub>p</sub> INSTALADOS</i>	<i>PRESUPUESTO</i>
<i>MEDICINA</i>	190,080	\$ 310,075.32
<i>VALENCIA</i>	83,160	\$ 124,633.83
<i>OFICINAS CENTRALES</i>	23,760	\$ 41,318.47
<i>PSICOLOGÍA</i>	71,280	\$ 105,438.15
<i>RECTORÍA</i>	47,520	\$ 74,759.71
<i>CINE TEATRO</i>	35,640	\$ 55,309.89
<i>ARTES</i>	47,520	\$ 75,376.21
<i>BIBLIOTECA CENTRAL</i>	35,640	\$ 55,309.89
<i>JURISPRUDENCIA</i>	47,520	\$ 73,996.01
<i>EDIFICIO DE USOS MÚLTIPLES</i>	21,000	\$ 35,942.48
<i>CIENCIAS AGRONÓMICAS</i>	21,780	\$ 37,102.08
<i>CENSALUD</i>	76,230	\$ 118,206.28
<i>QUÍMICA Y FARMACIA</i>	21,780	\$ 38,073.23
<i>CIENCIAS DE LA SALUD</i>	69,300	\$ 110,860.34
<i>IMPRESA</i>	99,000	\$ 137,476.83
<i>CLÍNICAS ODONTOLÓGICAS</i>	76,230	\$ 114,149.63
<i>ADMINISTRATIVO</i>	76,230	\$ 114,149.63
<i>ODONTOLOGÍA</i>	21,000	\$ 35,458.73
<i>ODONTOLOGÍA</i>	21,000	\$ 35,458.73
<b><i>TOTAL</i></b>	<b>1,064,670</b>	<b>\$ 1,657,636.71</b>

Tabla 40: Resumen de costo por Watts instalados en cada edificación.

$$\text{Costo Watt Instalado} = \frac{\text{Precio Total (\$)}}{\text{Potencia Total Instalada (kW}_p\text{)}}$$

$$\text{Costo Watt Instalado} = \frac{\$ 1,657,636.71}{1,064.67 \text{ kW}_p} = \$ 1.56$$

## 1.7 Tiempo de Recuperación

Para el cálculo del tiempo de recuperación se hará uso del Índice de Producción Final ( $Y_f$ ), este parámetro se basa en estudios estadísticos que se presentan en la tesis “Índices de Producción de Energía Fotovoltaica en el AMSS”, la cual relaciona la cantidad de energía que se ha producido durante un año y la capacidad instalada del sistema fotovoltaico. En esta se menciona que un Índice de 1537.71 en el peor de los casos y uno de 1610.2 en el mejor de los casos. Por lo cual el valor de  $Y_f$  en San Salvador es el siguiente:

$$Y_f = 1537.71 \text{ kWh/kWp}$$

Se tomo este valor para ser conservadores y estimar el peor de los casos.

Para obtener la producción anual que obtendrá este sistema fotovoltaico nos hacemos valer del siguiente parámetro de diseño:

$$Y_f = \frac{\text{Producción Anual}}{\text{kW}_p \text{ Instalados} * \text{Costo en \$ del kWh}}$$

Donde el  $Y_f$  es de 1537.71, los  $\text{kW}_p$  Instalados es la capacidad total del sistema fotovoltaico multiplicado por el valor en dólares que tiene cada Watt en el mercado eléctrico, cuyo valor se conoció que ronda los 0.14382 \$/kWh el cual incluye IVA, cuyo dato se reportó en la SIGET para el mes de Julio de 2019, por lo que la ecuación quedaría de la siguiente manera:

$$\text{Producción Anual} = Y_f * \text{kW}_p \text{ Instalados} * 0.14382 \frac{\$}{\text{kWh}}$$

Tomando en cuenta la Tabla 40 se tiene que los  $\text{kW}_p$  Instalados donde 1,064.67  $\text{kW}_p$ . Por lo tanto:

$$\text{Producción Anual} = 1,537.17 \frac{\text{kWh}}{\text{kW}_p} * 1,064.67 \text{ kW}_p * 0.14382 \frac{\$}{\text{kWh}}$$

$$\text{Producción Anual} = \$235,372.76$$

Por lo que la Producción Mensual será de \$19,614.39 aproximadamente. Tomando en cuenta los datos históricos de facturación que se muestra en la página web “Análisis de Consumo Electrico UES”, se tiene que en el mes de marzo se presentó un mayor consumo, con una factura de \$49,040.91 por lo cual se está ahorrando un 40% mensualmente.

$$\textit{Tiempo de Recuperación} = \frac{\textit{Monto Total de la Instalación}}{\textit{Producción Anual}}$$

$$\textit{Tiempo de Recuperación} = \frac{\$1,657,636.71}{\$235,372.76}$$

$$\textit{Tiempo de Recuperación} = 7 \text{ años}$$

## **CAPITULO II**

### **“DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA DE LA ACOMETIDA PRIMARIA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS”**

## 2.1 Planteamiento Teórico

El Campus Central de la Universidad de El Salvador en la actualidad cuenta con un sistema eléctrico de distribución aéreo, pero con el desarrollo del presente proyecto se tiene como objetivo principal cambiar este sistema de distribución aéreo, a un sistema de distribución subterráneo en las edificaciones comprendidas a lo largo de la Acometida de la Facultad de Agronomía.

Ahora bien, para la interconexión de los diferentes transformadores tipo Pad Mounted que suministraran la energía a cada una de las diferentes edificaciones comprendidas en dicha acometida, se utilizan conductores que deben estar debidamente aislados, dentro de tubería de protección, así sea PVC que cuente con graduación eléctrica, distribuidos a lo largo de la acometida contando con sus debidos pozos de registro.



*Ilustración 100: Imagen de un transformador tipo pedestal de una acometida subterránea.*

## 2.2 Factibilidad de Construcción del Sistema Subterráneo

Para iniciar con este punto, se abordarán las ventajas que ofrece un sistema subterráneo frente a un sistema de distribución aéreo.

En cuanto a seguridad, un sistema eléctrico subterráneo es mucho más seguro que un sistema de distribución aérea, dado que al estar bajo la superficie, se encuentra aislado del contacto directo con las personas que transitan sobre el área donde se encuentra una distribución de este tipo, además desde el punto de operación, representa una mayor garantía de continuidad en el servicio ante cualquier percance por condiciones meteorológicas (caída de una rama sobre una línea de tendido aéreo por fuertes vientos por ejemplo).

Estéticamente presenta una ventaja muy significativa y de las más importantes, un sistema subterráneo a comparación de un sistema aéreo, dado que al ir bajo tierra las líneas de distribución no se observan a simple vista, lo cual presenta una mejor imagen visual del entorno y reducción de riesgos.



*Ilustración 101: Como se puede observar el hecho de ser una distribución eléctrica subterránea mejora el entorno estético de gran manera.*

En cuanto al mantenimiento de las líneas subterráneas, presentan un requerimiento mínimo, ya que en el diseño estas se preparan para que sea muy poco el necesario, a diferencia de una línea aérea que requiere de mayor mantenimiento periódicamente (por ejemplo, la poda de maleza que pudiese obstruir el paso o hacer contacto con la línea y generar una falla).

Ahora en cuanto a las desventajas, se citan las siguientes:

Entre las desventajas de las distribuciones eléctricas subterráneas tenemos el coste de estas, en comparación a las distribuciones aéreas, además presentan un mayor grado de corrosión y la planificación debe de ser mayor.

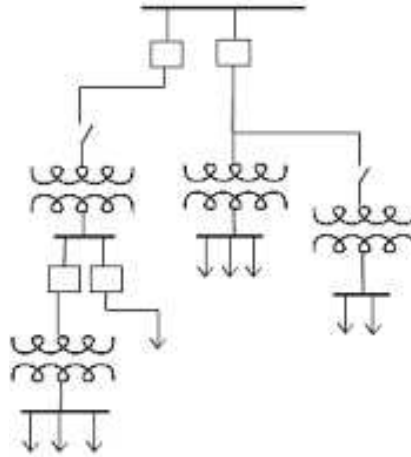
## **2.3 Tipos de Sistema de Eléctricos Utilizados en Redes Eléctricas Subterráneas**

En este apartado se tratan dos tipos de redes eléctricas subterráneas utilizadas en la actualidad, como lo son redes del tipo radial y redes del tipo anillo.

### **2.3.1 Sistemas Radiales**

Las redes con esta configuración se alimentan desde un solo extremo, teniendo como principal ventaja la facilidad de su instalación además del diseño de sus respectivas protecciones eléctricas, pero tienen la desventaja que, dado a su característica de

alimentación, ante un fallo en algún punto de la red, por ejemplo, en uno de sus transformadores, toda la red se quedaría sin energía eléctrica a partir de ese punto (aguas abajo del punto de falla). Aunque respecto a otros sistemas esta demanda un menor recurso económico.



*Ilustración 102: Esquema de un sistema radial.*

Hablando un poco a cerca de los transformadores utilizados en las distribuciones radiales, una forma de identificarlos y por la cual se caracterizan mayormente es que en el lado de media tensión tienen tres boquillas y únicamente un seccionador de operación con carga de dos posiciones, como se observa a continuación.



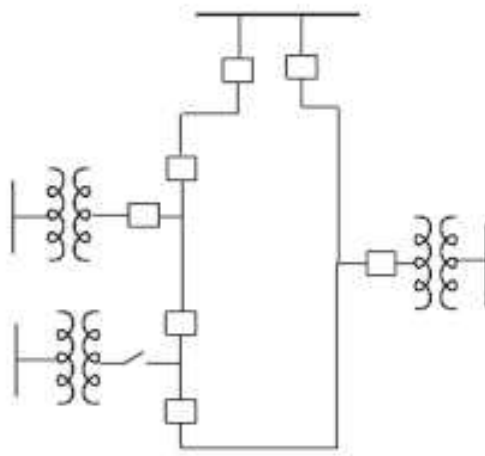
*Ilustración 103: Transformador tipo pedestal para configuración radial.*

### 2.3.2 Sistemas Tipo Anillo

Este tipo de topología se utiliza en situaciones en las que se requiere aumentar la confiabilidad del servicio, ya que, de ocurrir una falla o avería en algún punto de la red, se puede mantener el servicio mediante la alimentación desde otro punto, se pueden tener una

o dos fuentes de alimentación para aumentar la confiabilidad, si así se considera necesario en el diseño.

Es de mucha utilidad que, en algún punto de este anillo formado por la red, se encuentre algún mecanismo de seccionamiento de la red, normalmente abierto.



*Ilustración 104: Esquema de un sistema en anillo.*

Para este tipo de configuración, es decir en anillo, la forma de reconocer los transformadores tipo pedestal diseñados para ello, es que, a diferencia de los diseñados para redes radiales, estos en su lado de media tensión tienen seis boquillas y tienen un seccionador de operación con carga de cuatro posiciones.



*Ilustración 105: Imagen de un transformador tipo pedestal para configuración en anillo.*



## 2.4 Perfiles de Carga

En esta sección se analiza el consumo de las diferentes edificaciones intervenidas en el diseño del proyecto, esto con el objetivo de la obtención de datos verídicos acerca de la demanda para efectos de diseño. Este consumo es obtenido mediante la red de medidores instalados en la Universidad de El Salvador correspondientes a la acometida de Agronomía, de los cuales se tiene registro en la actualidad, accediendo a la página web disponible para dichos medidores. De igual manera se realizaron mediciones a través del equipo Dranetz PowerGuide 4400 el cual fue prestado por parte de la Escuela de Ingeniería Eléctrica.


ACERCA DE
VIDEO
HISTORIA
GITHUB
CONTACTO

Agronomía 03-10-2019 02:10 desde 09-10-2019 20:10 hasta Enviar consulta

Periodo graficado desde el 03 Oct 2019 02:10 al 09 Oct 2019 20:10							
Detalles del grafico		Tarifa aplicada		Lectura		Perd por transform.	
Desde:	550.19KW-hora	Energía en Punta US\$/kWh:	0.111354	Consumo en Punta	165 kW-h	1.50%	Cargo por energía en Punta \$ 18.64901115
Hasta:	552.02KW-hora	Energía en Resto US\$/kWh:	0.111193	Consumo en Resto	100001393 kW-h	1.50%	Cargo por energía en Resto \$ 11286246.7152
Total energía consumida:	1830 kW-h	Energía en Valle US\$/kWh:	0.108712	Consumo en Valle:	271 kW-h	1.50%	Cargo por energía en Valle \$ 29.90286628
Cargo energía consumida	\$ 11286295.2671	Cargo de Distribución US\$/kW-mes:	6.241701	Demanda máxima:	41.1636 kWatts	1.50%	Cargo de Distribución: \$ 260.784846533
		Cargo de Comercialización SS/Usuario-mes	12.896956	Factor de Potencia	0.998363338789		Recargo por bajo FP \$ 0.0
							Cargo de Comercialización \$12.896956
							Subtotal \$ 11286568.9489
							IVA: \$ 1467253.96336
							Total: \$ 12753822.9123

*Ilustración 106: Sitio donde se obtuvieron los cuadros de carga utilizando los medidores instalados actualmente.*



*Ilustración 107: Medidor Dranetz utilizado para elaborar el perfil de carga de los edificios los cuales no contaban con el medidor instalado.*

Para cada una de las mediciones se ha tomado un periodo de 3 días, registrando y tomando el pico más alto del registro para hacer las estimaciones y análisis de los datos.

## 2.4.1 Perfiles de Carga de Edificios Más Importantes

En este apartado se mostrará los perfiles de carga de los edificios que se consideraron más importantes, de igual manera en el apartado 2.4.2 se muestra un cuadro resumen de la potencia máxima consumida por las diferentes edificaciones que comprende la acometida en estudio.

### 2.4.1.1 Subestación del Edificio de Ciencias Agronómicas y Computo

Este edificio esta alimentado por un transformador de 25 kVA, el cual cómo podemos apreciar en el perfil de carga de la gráfica de consumo, el máximo pico en el periodo de tiempo de análisis ha sido de 17.89 kW, por lo cual observamos el transformador está cumpliendo su papel para este caso, aun así, considerando el 25% de carga a futuro.

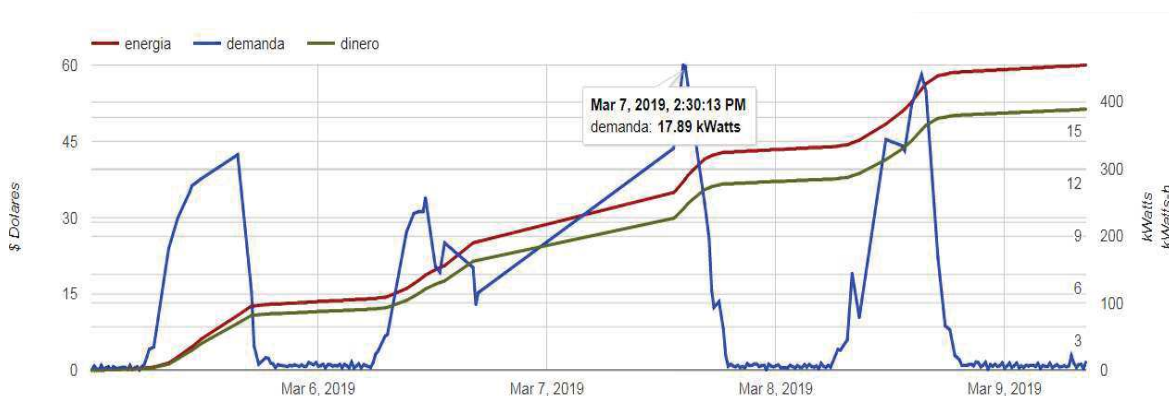


Ilustración 108: Grafica de consumo del perfil de carga del edificio de Ciencias Agronómicas.

### 2.4.1.2 Subestación del Edificio Administrativo de Agronomía y Planta Piloto

Como se puede apreciar en el perfil de carga, según registros se tuvo un pico de 78.80 kW de consumo, para una subestación actualmente dimensionada e instalada de 150 kVA. La subestación actualmente instalada está un poco sobredimensionada ya que aun con un sobredimensionamiento del 25% sigue un poco alto el tamaño de la subestación para la carga real consumida que rondaría por los 100 kW de consumo como máximo.

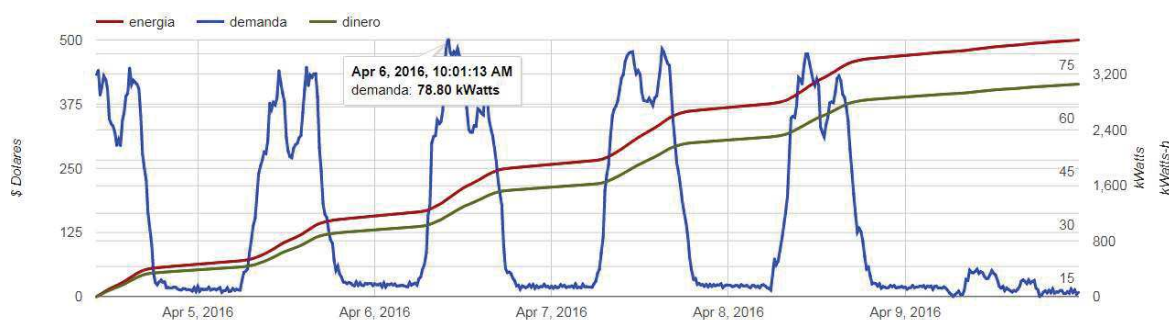


Ilustración 109: Perfil de carga obtenido en el sitio web disponible.

### 2.4.1.3 Subestación del Edificio de la Facultad de Química y Farmacia

Actualmente este edificio se encuentra alimentado por una pequeña subestación conformada por tres transformadores de 37.5 kVA haciendo un total de 112.5 kVA instalados para dicha edificación. Del perfil de carga obtenido del sitio de medición y facturación de la Universidad de El Salvador observamos que el mayor consumo registrado ha sido de 79.15 kW para el periodo de tiempo de medición, por lo cual tomando un 25% de capacidad a futuro tenemos un valor que ronda los 100 kW.

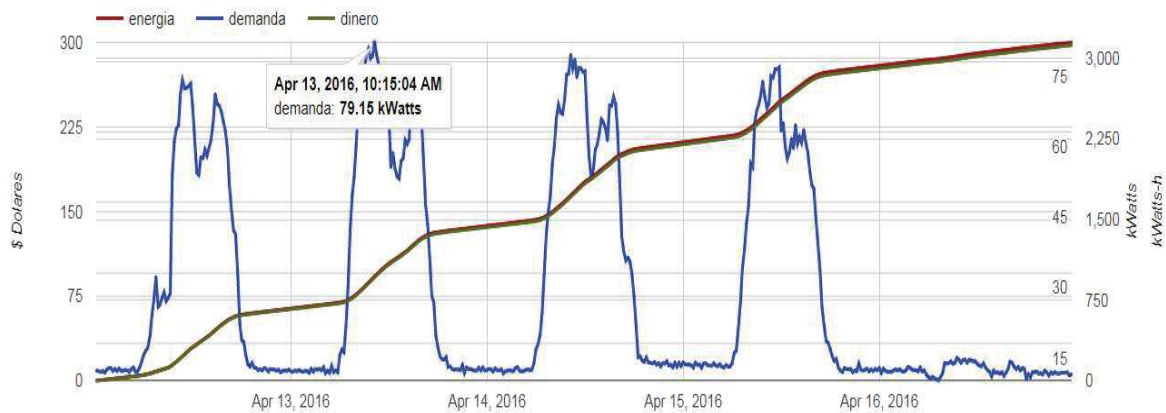


Ilustración 110: Como se puede observar en la gráfica, esta nos proporciona el máximo consumo que se produjo en un determinado rango de tiempo.

### 2.4.1.4 Subestación del Edificio de Ciencias de la Salud

Esta edificación corresponde al Edificio de Ciencias de la Salud, frente al edificio de la Facultad de Medicina, el cual como observamos en la siguiente ilustración, en registros más recientes el máximo pico de consumo fue de 19.25 kW, un valor muy por debajo de la capacidad instalada del transformador que alimenta dicha edificación el cual posee una capacidad de 100 kVA. Tomando en cuenta un 25% de carga futura se podría considerar que aún está muy arriba del valor reflejado en el consumo de dichas edificaciones.

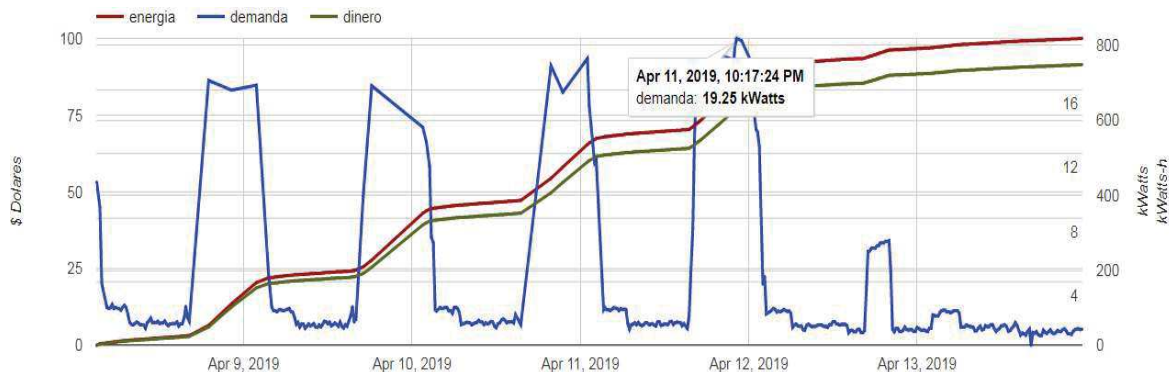


Ilustración 111: Perfil de carga para el edificio de Ciencias de la Salud.

### 2.4.1.5 Subestación del Edificio de las Clínicas Odontológicas

El perfil de carga de esta subestación muestra un consumo pico de 86.67 kW en el periodo de tiempo de medición, para una capacidad instalada de 225 kVA, dicha subestación esta sobrada por mucho para el consumo real que se tiene en las edificaciones que alimenta aun así considerando una carga a futuro del 25%.

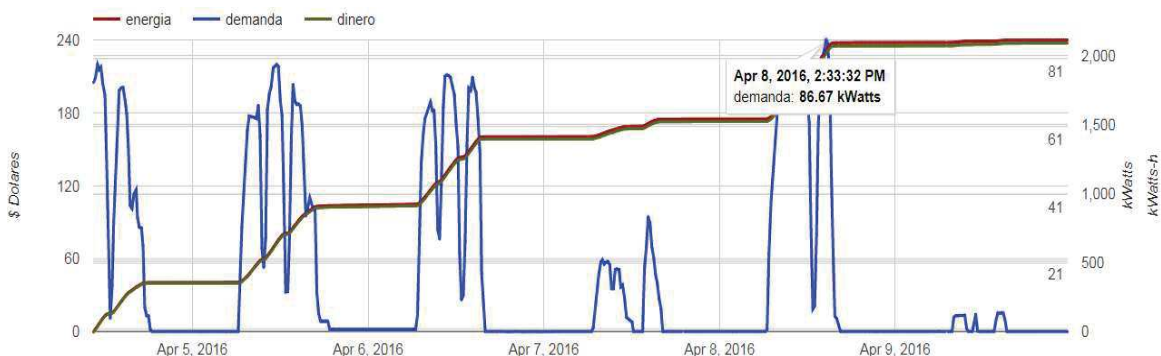


Ilustración 112: Perfil de carga del edificio de Clínicas Odontológicas.

### 2.4.1.6 Subestación del Edificio Administrativo de Odontología

Esta edificación se encuentra alimentada por tres transformadores que juntos forman una capacidad instalada de 225 kVA, y como se observa en el perfil de carga de dicho edificio el consumo pico que se ha registrado es de 47.48 kW, por lo cual se observa que está muy sobredimensionada dicha subestación para el consumo real que se tiene.

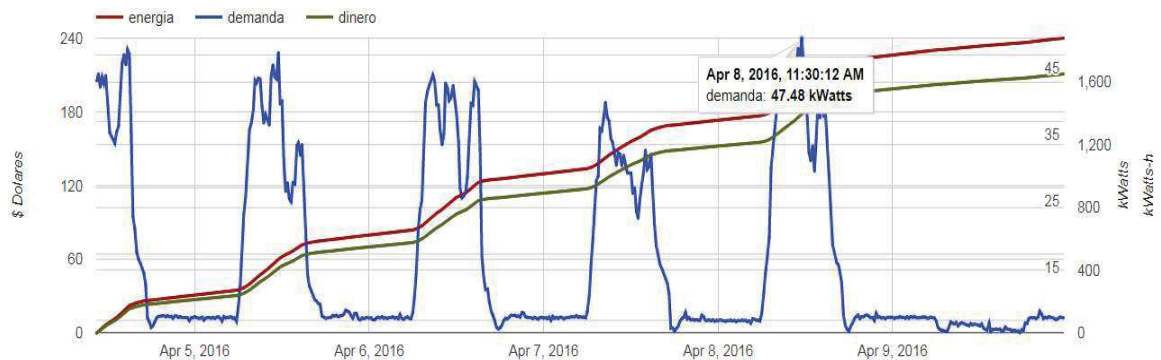


Ilustración 113: Perfil de carga obtenido para el edificio Administrativo de Odontología.

### 2.4.1.7 Subestación del Edificio de Odontología

Como observamos en la ilustración del perfil de carga para esta edificación, tenemos un consumo pico de 96.33 kW en el periodo de tiempo registrado, tomando en cuenta que la subestación que alimenta dicha edificación es de 300 kVA, se encuentra por debajo de lo proyectado el consumo, dado que la subestación está sobredimensionada.

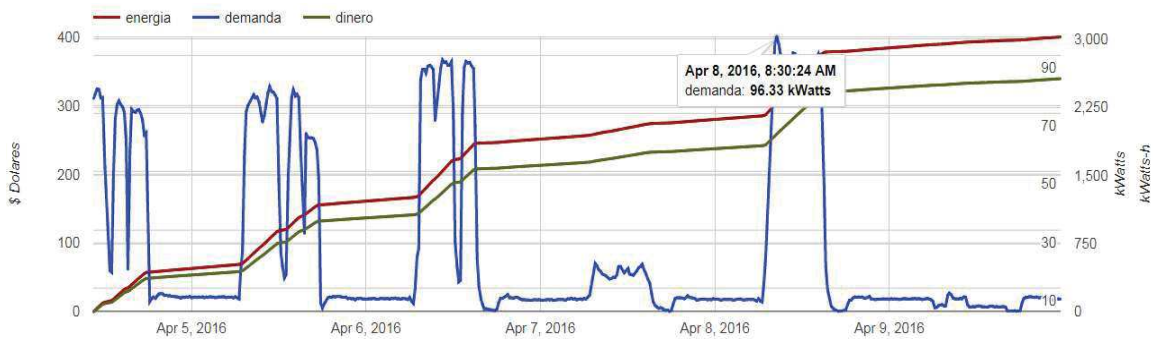


Ilustración 114: Perfil de carga del edificio de Odontología.

### 2.4.1.8 Subestación del Edificio de la Facultad de Medicina

El edificio de la facultad de medicina, es alimentado por un transformador tipo pedestal trifásico de 300 kVA. Según las mediciones de consumo registradas, el mayor pico de kW demandados ha sido de 113.65 kW, por lo cual haciendo una comparativa con la capacidad instalada observamos que al igual que muchos de los otros transformadores se encuentran sobredimensionados para el consumo real de cada edificación.

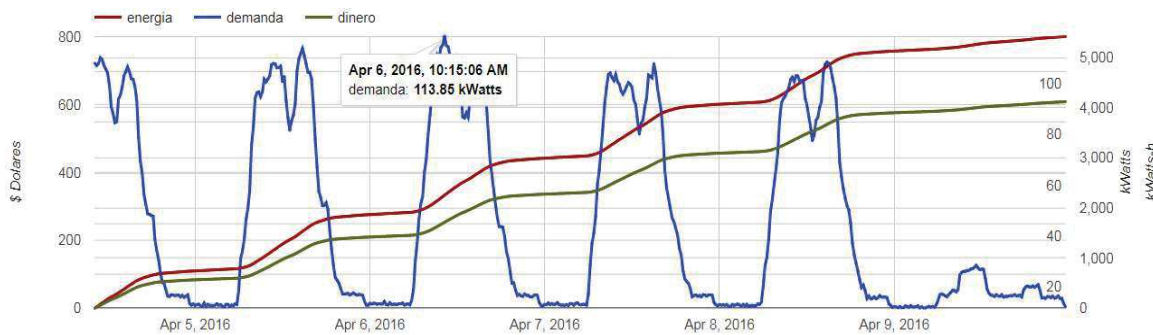


Ilustración 115: Perfil de carga del edificio de Medicina.



### 2.4.1.9 Subestación del Edificio de Psicología y Educación

La capacidad instalada para el banco de transformadores que alimentan esta edificación es de 150 kVA en conjunto (3 transformadores de 50 kVA cada uno), por lo que verificando el consumo pico registrado de 44.45 kW, este banco de transformadores se encuentra sobredimensionado para la cantidad consumida realmente.

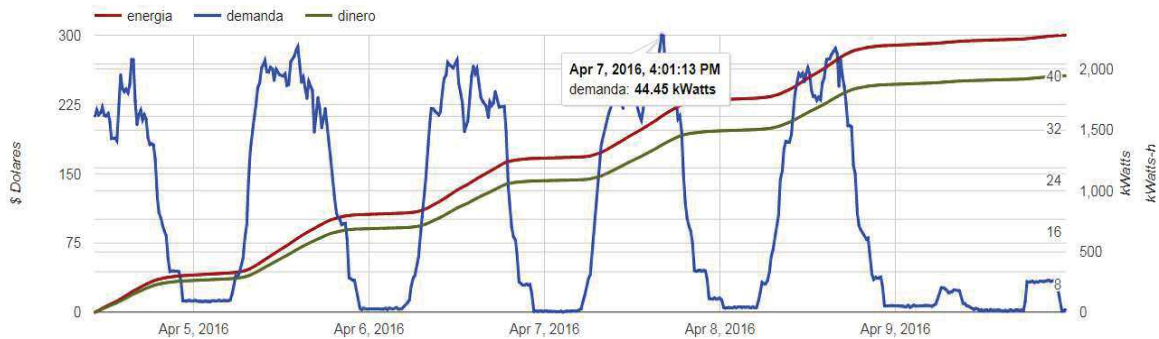


Ilustración 116: Perfil de carga de la subestación del edificio de Psicología y Educación.

### 2.4.2 Cuadro Resumen de Perfiles de Carga y Subestaciones Nuevas

#	Edificio	Subestación Actual (kVA)	Demanda (kW)	% Utilizado	% de Incremento de Carga (Diseño)	Carga Futura (kW)	Carga Total (kW)	Carga Total (kVA) con Fe de 0.8	Carga Final (kW)	Subestación Nueva (kVA)/ %Utilizado
1	Laboratorios Quimica y Farmacia	112.5	10.54	9.37%	25%	2.64	13.18	16.47	123.67	150 / 53%
2	Quimica y Farmacia		68.61	60.99%	25%	17.15	85.76	107.20		
3	Administrativo Agronomia	150	39.2	26.13%	25%	9.80	49.00	61.25	123.13	150 / 53%
4	Planta Piloto		21.4	14.27%	25%	5.35	26.75	33.44		
5	Laboratorio de Recursos Materiales		18.2	12.13%	25%	4.55	22.75	28.44		
6	Bodega	25	4.23	16.92%	25%	1.06	5.29	6.61	36.08	45 / 40%
7	Computo		9.51	38.04%	25%	2.38	11.89	14.86		
8	Ciencias Agronómicas		4.15	16.60%	25%	1.04	5.19	6.48		
9	Bomba Bosquecito	25	5.2	20.80%	25%	1.30	6.50	8.13		
10	CENSALUD	501	235.15	46.94%	25%	58.79	293.94	367.42	367.42	501 / 47%
11	Computo Unidad de Nuevo Ingreso 1	100	59.94	59.94%	25%	14.99	74.93	93.66	93.66	100 / 60%

12	<b>Computo Unidad de Nuevo Ingreso 2</b>	100	61.26	61.26%	25%	15.32	76.58	95.72	95.72	100 / 61%
13	<b>Unidad de Transporte</b>	37.5	8.43	22.48%	25%	2.11	10.54	13.17	23.09	50 / 30%
14	<b>Estacionamiento Techado Unidad de Transporte</b>		6.35	16.93%	25%	1.59	7.94	9.92		
15	<b>Oficinas Centrales</b>	300	191.65	63.88%	25%	47.91	239.56	299.45	299.45	300 / 64%
16	<b>Psicología</b>	150	44.45	29.63%	25%	11.11	55.56	69.45	69.45	75 / 59%
17	<b>Biblioteca Central</b>	150	91.47	60.98%	25%	22.87	114.34	142.92	142.92	150 / 61%
18	<b>Artes</b>	225	86.67	38.52%	25%	21.67	108.34	135.42	135.42	225 / 39%
19	<b>Rectoría</b>	300	182.53	60.84%	25%	45.63	228.16	285.20	285.20	300 / 61%
20	<b>Cine Teatro</b>	225	84.23	37.44%	25%	21.06	105.29	131.61	181.05	225 / 51%
21	<b>Locales para Capacitación</b>	50	31.64	63.28%	25%	7.91	39.55	49.44		
22	<b>Taller Obra de Banco</b>	50	12.58	25.16%	25%	3.15	15.73	19.66	86.75	100 / 56 %
23	<b>Taller de Mecánica</b>		14.95	29.90%	25%	3.74	18.69	23.36		
24	<b>Bodega Frente a Talleres</b>		4.35	8.70%	25%	1.09	5.44	6.80		
25	<b>Taller</b>		25	16.29	65.16%	25%	4.07	20.36		
26	<b>Luminarias</b>	25	7.35	29.40%	25%	1.84	9.19	11.48	123.09	225 / 35%
27	<b>Valencia</b>	225	78.78	35.01%	25%	19.70	98.48	123.09		
28	<b>Medicina</b>	300	113.65	37.88%	25%	28.41	142.06	177.58	177.58	300 / 38%



29	<b>Odontología</b>	300	96.33	32.11%	25%	24.08	120.41	150.52	150.52	150 / 64%
30	<b>Administrativo Odontología</b>	225	47.48	21.10%	25%	11.87	59.35	74.19	228.92	300 / 49%
31	<b>Auditorio Odontología</b>		12.36	5.49%	25%	3.09	15.45	19.31		
32	<b>Clínicas Odontológicas</b>	225	86.67	38.52%	25%	21.67	108.34	135.42	296.03	300 / 63%
33	<b>Imprenta</b>	300	81.57	27.19%	25%	20.39	101.96	127.45		
34	<b>Bienestar Universitario</b>	100	76.12	76.12%	25%	19.03	95.15	118.94		
35	<b>Biblioteca Química y Farmacia</b>	75	12.52	16.69%	25%	3.13	15.65	19.56		
36	<b>Ciencias de la Salud</b>	100	19.25	19.25%	25%	4.81	24.06	30.08		

Tabla 41: Resumen completo de los perfiles de carga para cada edificación y propuesta de subestación nueva.

En la siguiente tabla se muestra el resumen del consumo actual que tiene toda la acometida y la máxima potencia en kVA que se tendría con las nuevas Subestaciones.

<b>CONSUMO TOTAL ACTUAL (kW)</b>	<b>POTENCIA TOTAL DE SUBESTACIONES ACTUALES (kVA)</b>	<b>POTENCIA TOTAL DE NUEVAS SUBESTACIONES (kVA)</b>	<b>% DE REDUCCIÓN EN SUBESTACIONES</b>	<b>% UTILIZADO EN NUEVAS SUBESTACIONES</b>
1915.26	4401	3707.5	16%	30 - 64

Tabla 42: Cuadro resumen del consumo total y Porcentaje utilizado.

### 2.4.3 Perfil de Carga de la Acometida Primaria de Agronomía

Según datos recolectados del sitio de “Análisis del Consumo de Energía Eléctrica UES”



Ilustración 117: Sitio de recolección de datos de la acometida primaria de Agronomía.

Tomando el historial de las mediciones y los datos correspondientes a la acometida de Agronomía, las mediciones más recientes que fueron registradas en el sitio han sido del año 2017, cuyo mes que mayor consumo presentó fue en marzo con un total de 565,490 kW/h.

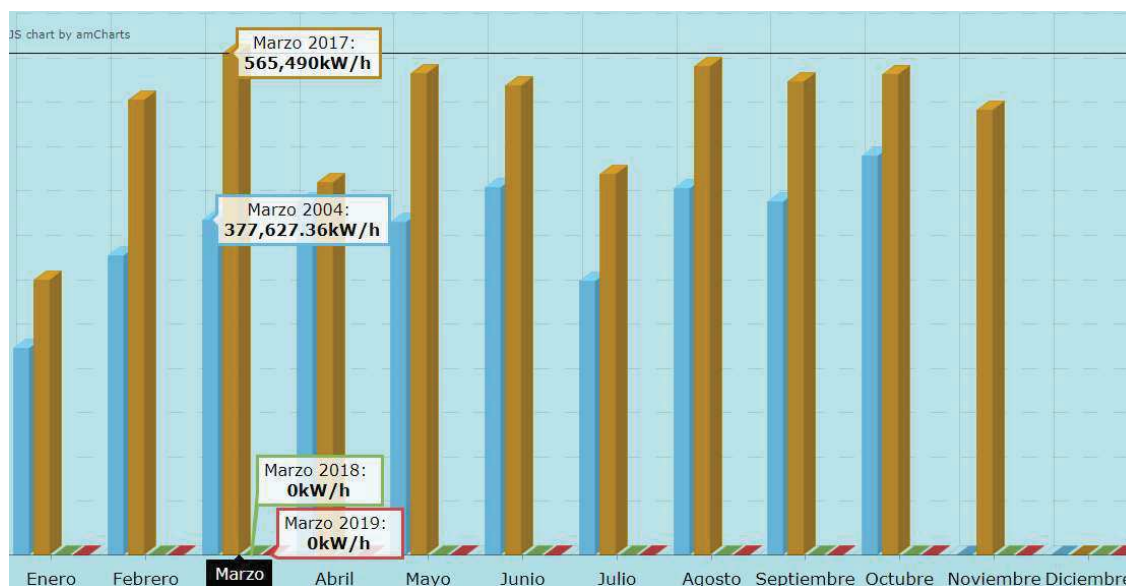
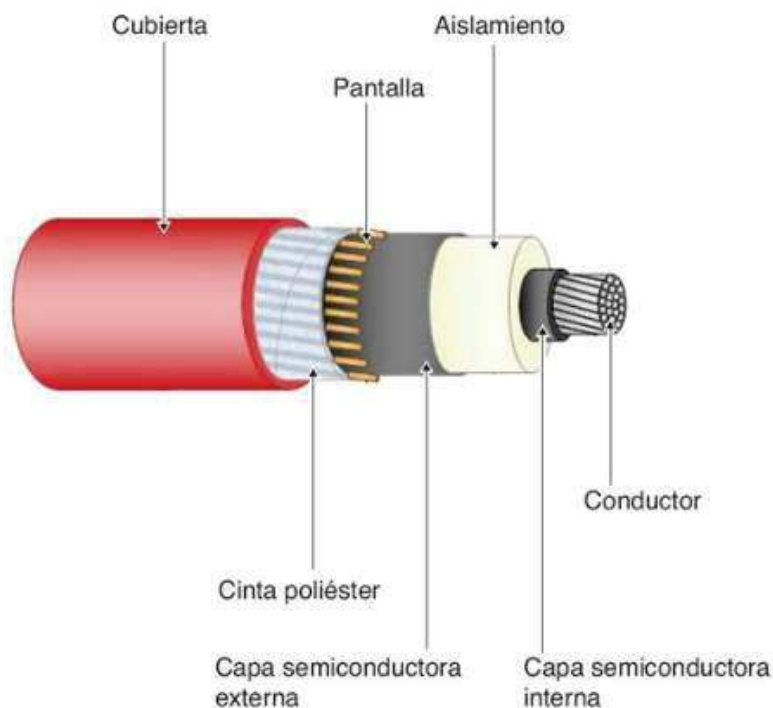


Ilustración 118: Gráfico de consumo energético para el año 2017 por mes.

El cual como se puede observar representa un consumo elevado en total para toda la Acometida Primaria de Agronomía de la Universidad de El Salvador.

## 2.5 Consideraciones del Calibre y Tipo Cable a Utilizar

Hablando un poco acerca de tipo de cable que se utiliza en instalaciones subterráneas, se encuentra que este puede ser de cobre o de aluminio, que además de ello cuenta con un recubrimiento aislante XLPE (Polietileno reticulado), para que los cambios de temperatura no afecten sus propiedades mecánicas, gracias al proceso de reticulación (también conocidos como materiales termoestables).



*Ilustración 119: Partes del cable a utilizar en la acometida subterránea.*

### 2.5.1 Partes que Conforman el Cable

**Pantalla Metálica:** Los cables de media tensión llevan una pantalla metálica en contacto con la semiconductora externa. Esta pantalla está constituida por fibras de cobre colocadas en hélice recubriendo uniformemente todo el perímetro del cable. Sobre estas fibras se coloca habitualmente una contra espira de fleje de cobre, en hélice abierta.

**Pantalla Semiconductor Externa:** Recubre totalmente el aislamiento. Se realiza con compuestos poliméricos con alta concentración de negro de humo para obtener la propiedad semiconductora. Este material está reticulado y en perfecto contacto con el aislamiento. Habitualmente se utilizan semiconductoras pelables, parcialmente adheridas al aislamiento, para facilitar al máximo la preparación de las conexiones.

**Aislamiento:** Es el componente crítico del cable, ya que ha de soportar el elevado campo eléctrico presente en el interior. La tensión máxima que puede soportar un cable depende del

material y del espesor del aislamiento, que aumenta con la tensión asignada del cable. Los materiales utilizados en los aislamientos de cables de Media Tensión son los siguientes:

- Polietileno reticulado (XLPE)
- Etileno-Propileno de alto módulo (HEPR)
- Etileno-Propileno (EPR)

**Pantalla Semiconductor Interna:** Recubre totalmente el conductor. Su función es mejorar la distribución del campo eléctrico en la superficie del conductor. Se realiza con compuestos poliméricos con alta concentración de negro de humo para obtener la propiedad semiconductor. Este material está reticulado y totalmente adherido al aislamiento.

**Conductor:** Transporta la corriente eléctrica. Es el elemento central del cable. Los conductores son de sección circular y están constituidos por alambres cableados en capas concéntricas. Se fabrican de cobre electrolítico recocido o aluminio electrolítico, de alta pureza.

## 2.5.2 Cálculo del Calibre del Cable a Utilizar

Como sabemos, los tramos subterráneos con los que contaría la acometida son trifásicos por lo cual para el cálculo del calibre del conductor se utilizara una ecuación para dicho propósito la cual es la siguiente:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V_{LL}}$$

En donde:

P: potencia en KW.

$V_{LL}$ : tensión línea a línea.

Pero considerando la carga a futuro de un 25% y un factor de potencia igual a 1, se tendrá un multiplicador adicional de 1.25:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V_{LL}} * 1.25$$

Ahora bien, para el dato de la potencia utilizaremos la máxima potencia demandada según los registros de medición en el sitio web de la Universidad de El Salvador.

Agronomía														
Fecha	Punta			Valle			Resto			Potencia			Fp	Trans
	Kw/h	\$	Calculo	Kw/h	\$	Calculo	Kw/h	\$	Calculo	Kw	\$	Calculo		
2016-04	27060.0	3094.89	3094.89	24860.0	2794.76	2794.75	246400.0	28139.79	28139.79	1331.0	9387.71	9387.7	93.5	0.0
2016-05	26840.0	2823.84	2823.8304952	24310.0	2539.88	2539.8764677	243980.0	25692.25	25692.240706	1265.0	8922.2	8922.19949445	92.9	0.0

Tabla 43: Máximo consumo percibido por el medidor de la acometida primaria de Agronomía.

Por lo tanto, el valor a tomar serán 1,331.0 kW como la potencia máxima, así mismo las redes de distribución en las acometidas de la Universidad de El Salvador son a 23 kV por lo cual será la tensión de línea a línea a utilizar en el cálculo.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V_{LL}} * 1.25 = \frac{1,331kW * 1.25}{\sqrt{3} * 23kV} = 41.76 A$$

Tomando en cuenta la Tabla 42, se tiene que el Consumo Total Actual de la Acometida es de 1915.26 kW y la Máxima Potencia que se requerirá al sistema por las nuevas subestaciones serán de 3707.5 kVA, por lo cual, se calculó la ampacidad para corroborar que el calibre a seleccionar soporte toda la potencia instalada que se tendrá del sistema en general, teniendo en cuenta que estas subestaciones ya llevan considerado un 25% de crecimiento de las cargas actuales.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V_{LL}} * 1.25 = \frac{3707.5 kW}{\sqrt{3} * 23kV} = 93.07 A$$

Ahora procedemos a aplicar un factor de corrección de corriente para efectos de diseño y se utilizara la Tabla 310.77 del NEC-NFPA 70-2008 para conductores de cobre de distribución subterránea.

**Tabla 310.77 Ampacidad de tres conductores de cobre, individualmente aislados, en ductos eléctricos subterráneos (tres conductores por cada ducto eléctrico), con base en una temperatura ambiente de la tierra de 20° C (68° F), el montaje de los ductos eléctricos según se indica en la Figura 310.60, factor de carga del 100%, resistencia térmica (RHO) de 90, temperaturas del conductor de 90° C (194° F) y 105° C (221° F)**

Temperatura nominal del conductor [Véase la Tabla 310.13(C)]				
Calibre del conductor (AWG o kcmil)	Ampacidad para 2001-5000 volts		Ampacidad para 5001-35,000 volts	
	90° C (194° F)	105° C (221° F)	90° C (194° F)	105° C (221° F)
	Tipo MV-90	Tipo MV-105	Tipo MV-90	Tipo MV-105
<b>Un circuito (Véase la Figura 310.60, Detalle 1)</b>				
8	64	69	—	—
6	85	92	90	97
4	110	120	115	125
2	145	155	155	165
1	170	180	175	185
1/0	195	210	200	215
2/0	220	235	230	245
3/0	250	270	260	275
4/0	290	310	295	315

Tabla 44: Tabla 310.77 del NEC 2008 utilizada para el cálculo del conductor de la acometida subterránea.

De la tabla 44 seleccionamos el valor de ampacidad para el cable 1/0 para un factor de carga del 100% y una resistividad térmica del terreno del 90% (FC y RHO respectivamente).

$$I_{\text{corregida}} = I * 0.8$$

$$I_{\text{corregida}} = 200 * 0.8 = 160 \text{ A}$$

De lo anterior, se selecciona el valor de ampacidad para cable calibre 1/0 dado que el NEC en sus normativas establece que para la tensión de 23 kV el calibre mínimo admisible es número 1, pero en El Salvador no se maneja ese calibre AWG por lo cual se procedió a tomar el siguiente calibre el cual es el 1/0.



**Tabla 310.5 Calibre mínimo de los conductores**

Tensión nominal del Conductor (Volts )	Calibre mínimo del conductor (AWG)	
	Cobre	Aluminio o aluminio recubierto de cobre
De 0 a 2,000	14	12
De 2,001 a 8,000	8	8
De 8,001 a 15,000	2	2
De 15,001 a 28,000	1	2
De 28,001 a 35,000	1/0	1/0

Tabla 45: Tabla 310.5 para calibres mínimos de los conductores para diferentes tensiones.

Ahora como se puede verificar en base a los resultados el cable calibre 1/0 cumple con los requerimientos de ampacidad del sistema.

### 2.5.3 Dimensionamiento del Cable de Neutro.

El calibre del cable de neutro que se utiliza en distribuciones subterráneas se puede verificar en la Norma IEEE Std. 835-1994.

<b>25 a 46 kV Conductor Blindado Monofásico de Potencia con aislamiento Extruido Banco de ductos subterráneo – Tres (3) conductores triplexados - Un circuito</b>							
Calibre del conductor	Calibre del neutro	25 °C Temperatura ambiente de la Tierra					
		90 °C - Conductor de cobre - Cableado concéntrico					
		60 Rho		90 Rho		120 Rho	
		75 FC	100 FC	75 FC	100 FC	75 FC	100 FC
2	Full	--	---	---	155	---	---
1/0	Full	230	219	220	206	211	195
4/0	Full	330	313	314	292	301	275
350	1/3	436	412	414	383	394	359

Tabla 46: Tabla utilizada para dimensionamiento del neutro del sistema de distribución.

Como se muestra en la tabla 46, el neutro del sistema tiene que ser del mismo calibre que el conductor de fase, también se observa que para 25 kV el calibre menor que se recomienda es número 2, pero la mayoría de fabricantes para el nivel de tensión de 25 KV, tienen como calibre mínimo el número 1/0.

## 2.6 Consideraciones y Parámetros en los Ductos o Tuberías.

En una instalación subterránea, es de suma importancia el diámetro a utilizar en los ductos donde se transportarán los alimentadores, dado que este debe garantizar el no sobrecalentamiento en las líneas transportadas, lo que provocaría una disminución de sus capacidades conductivas y poniendo en riesgo ante una posible falla, la instalación existente. Es por ello que el diámetro del conducto debe de ser seleccionado en base al número de cables que transportara y el diámetro exterior de los mismos.

### 2.6.1 Porcentaje de Utilización.

Ahora bien, dada la cantidad de cables que se conducen dentro de un ducto ya sea metálico o de PVC, tiene una estrecha relación con la máxima ocupación del espacio del ducto y la disipación o generación de calor que dichos cables ocasionan dentro del ducto, por esto se considera en la Tabla del NEC NFPA 70-2008, en la sección de “Porcentaje de la sección transversal en Conduit y en tubería para los conductores” como se ve a continuación:

<i>Número de Conductores</i>	<i>Porcentaje de área utilizada</i>
<i>1</i>	53
<i>2</i>	31
<i>3 o mas</i>	40

Tabla 47: Tabla de la sección 9 del NEC 2008.

Además, se citan diferentes criterios en esta misma sección del NEC importantes a considerar, que se pueden verificar en la lectura más a fondo de la norma que también serán consideradas en el diseño.

Para calcular el porcentaje de utilización del ducto utilizado se realiza mediante la siguiente ecuación:

$$Pa = \frac{N \frac{\pi}{4} d^2}{\frac{\pi}{4} D^2} * 100\% = \frac{Nd^2}{D^2}$$



Donde:

*Pa*: Porcentaje de utilización.

*d*: Diámetro del cable.

*D*: Diámetro de la tubería.

*N*: Número de conductores en el ducto.

Según la tesis “Estándar para la construcción de líneas subterráneas de distribución de energía eléctrica” del año 2009 de la carrera de Ingeniería Eléctrica, en la Universidad de El Salvador, el diámetro de la tubería en circuitos trifásicos como mínimo será de 4 pulgadas, pero dependerá del nivel de tensión y del número de cables a instalar, en todo caso la sección del tubo cubierta por los conductores no debe superar al sesenta por ciento (60%) del área de la sección transversal del conducto.

### 2.6.2 Acuñamiento.

Este fenómeno se presenta cuando tres cables se jalan en un ducto con curva o acuñado, uno de ellos se tuerce. Se debe observar la relación entre el diámetro interior del ducto “*D*”, y el diámetro exterior del cable “*d*” para evitar acuñamiento; debido a que un ducto con curva produce una sección oval, es aconsejable usar  $1.05 D$  para el diámetro interior del ducto.

Ahora se presentan las siguientes observaciones en cuanto al acuñamiento:

Acuñamiento no puede ocurrir cuando:  $1.05 * D / d > 3.2$

Acuñamiento no es posible cuando:  $1.05 * D / d < 2.8$ , pero se debe verificar el claro.

Acuñamiento es posible cuando:  $2.8 \leq 1.05 * D / d \leq 3.2$ .

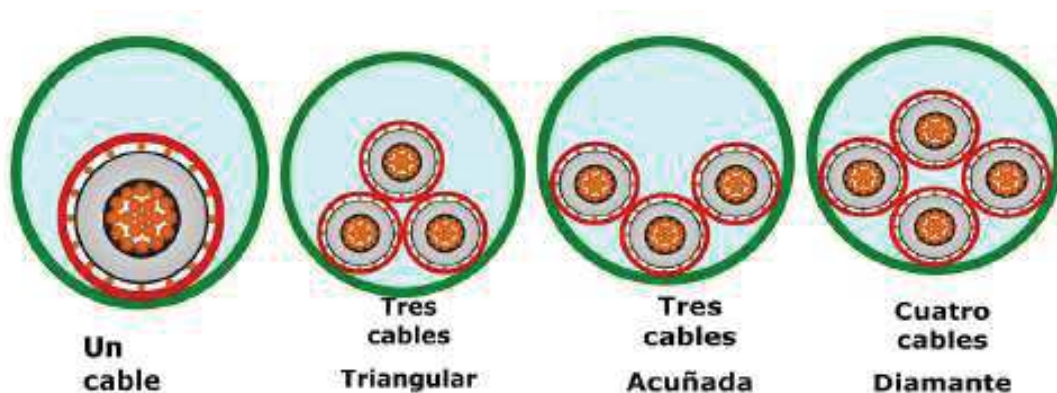


Ilustración 120: Acuñamiento en un ducto subterráneo.

**Para tres cables en tubería:**

Si  $D < 2.4*d$ : Se utiliza formación triangular.

Si  $D > 3.0*d$ : Se utiliza formación acuñada.

**Para tramos rectos:**

Si  $2.4*d < D < 3.0*d$ : Se utiliza formación triangular.

**En Curvas:**

Si  $D > 2.4*d$ : Se utiliza formación acuñada.

**Para cuatro cables en tubería:**

Si  $D < 3.0*d$ : Se utiliza formación diamante

Donde D: Diámetro interno de la tubería en mm.

d: Diámetro de cable en mm.

### 2.6.3 Tensiones y Longitud Máxima de Jalado.

La tensión máxima de un conductor individual no debe exceder la que se obtenga de la siguiente ecuación.

$$T_{\text{conductor}} = K * A$$

$T_{\text{conductor}}$  : Es la máxima tensión de jalado permisible en un conductor individual, en libras.

A: Es el área de sección transversal en mm circular en miles de cada conductor (kcmil)

K: Es igual a 8 lb/kcmil para cobre recocido y aluminio duro (en este caso se utiliza cobre).

Cuando se jalen juntos dos o tres conductores de igual tamaño, la tensión de jalado no debe exceder dos veces la tensión la máxima tensión de un conductor individual.

$$T_{\text{máx}} = 2 * T_{\text{conductor}}$$

Las ecuaciones que se utilizan para poder realizar los cálculos de la tensión necesaria para jalar el cable en diferentes puntos del terreno donde se implementa el sistema subterráneo, se presentan a continuación.

**Tramo recto:**

$$T = w * f * l * W$$

**Jalado inclinado:**

Hacia arriba  $T = W * l(\sin A + wf \cos A)$

Hacia abajo  $T = W * l(\sin A - wf \cos A)$

**Curva horizontal:**

$$T_S = T_e * \cosh wf\theta + \sinh wf\theta \sqrt{T_e^2 + WR^2}$$

**Curva vertical, jalado hacia arriba:**

Cóncava con ángulo hacia abajo:

$$T_S = T_e * e^{wf\theta} + \frac{WR}{1 + (wf)^2} [2wfe^{wf} \sin \theta + (1 - w^2f^2)(1 - e^{wf} \cos \theta)]$$

Cóncava con ángulo hacia arriba:

$$T_S = T_e * e^{wf\theta} - \frac{WR}{1 + (wf)^2} [2wfe^{wf} \sin \theta - (1 - w^2f^2)(e^{wf\theta} - \cos \theta)]$$

**Curva vertical, jalado hacia abajo:**

Cóncava con ángulo hacia abajo:

$$T_S = T_e * e^{wf\theta} + \frac{WR}{1 + (wf)^2} [2wf * \sin \theta - (1 - w^2f^2)(e^{wf} - \cos \theta)]$$

Cóncava con ángulo hacia arriba:

$$T_S = T_e * e^{wf\theta} + \frac{WR}{1 + (wf)^2} [2wfe^{wf} * \sin \theta + (1 - w^2f^2)(1 - e^{wf\theta} \cos \theta)]$$

### La longitud máxima de jalado:

$$T = \frac{T_{m\acute{a}x}}{wfW}$$

Descripción de parámetros:

T: tensión de jalado en kg.

$l$  : Longitud del ducto.

W: peso total del cable.

$T_{m\acute{a}x}$ : Tensión máxima en kg.

$w$ : Factor de corrección de peso.

A: Angulo con horizontal en radianes.

$f$ : Coeficiente de fricción (generalmente se toma como 0.5).

$T_s$ : Tensión de salida de la curva en kg

$\theta$ : Ángulo de la curva en radianes.

R: Radio de la curva en m.

### 2.6.4 Presión Lateral.

La presión lateral es la fuerza radial ejercida en el aislamiento y cubierta de un cable en una curva, cuando el cable está bajo tensión.

Excediendo la máxima presión lateral permisible, el cable puede dañarse por aplastamiento.

Para tres cables triplexados:

$$T = \frac{wT_s}{2R}$$

### 2.6.5 Factor de Corrección de Peso.

Tres cables formación triplexada:

$$w = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{d}{D-d}\right)^2}} \text{ con limite inferior} = 2.55$$

## 2.6.6 Dimensionamiento de Canalización.

Para este apartado se tomaron criterios que se estudiaron en la Tesis “Estándar de Construcción de Líneas Subterráneas de Distribución de Energía Eléctrica”.

La tubería Conduit no metálica (PVC) que es destinada para el uso eléctrico subterráneo, debe de ser resistente a la humedad y a los agentes corrosivos y de resistencia suficiente para soportar impactos y aplastamientos durante su manejo e instalación.

Cuando esté diseñado para enterrarlos directamente, sin empotrarlos en concreto, el material del tubo (conduit) debe ser además capaz de soportar las cargas continuas previstas para después de su instalación.

El diámetro de la tubería en circuitos trifásicos será como mínimo de 4”, pero dependerá del nivel de tensión y del número de cables a instalar; en todo caso el área máxima de la sección del tubo cubierta por el conductor no debe exceder del sesenta por ciento (60%) del área de la sección transversal del tubo conduit.

Tuberías PVC no diseñadas para ser directamente enterradas, deberán cubrirse con un revestimiento de concreto con un mínimo de 5 centímetros alrededor del ducto.

Las profundidades mínimas de enterramiento para tubería conduit no metálica se muestran en la siguiente tabla, la cual es un resumen de la Tabla 300.50 del NEC 2008.

**Tabla 6. Profundidades Mínimas de Enterramiento .**

Profundidad mínima de enterramiento para tubo conduit no metálico (centímetros)			
TIPO DE DUCTO	Voltaje del sistema en kV.		
	480/277	13.2/7.6	23/13.2
CONDUIT NO METALICO	45 cm	45 cm	60 cm

*Tabla 48: Resumen de la tabla 300.50 del NEC 2008.*

La cantidad de tubos a instalar dependerá del diseño previo, es recomendable dejar al menos un tubo de reserva del mismo diámetro.

Cuando se utilicen tubos de PVC se deben de instalar separadores para los tubos cada tres metros en toda la trayectoria del zanjeado de ductos.

Cuando se utilice tubos de PVC deben de instalarse pozos de registro donde se consideren cambios de trayectoria horizontal, vertical y otras.

Para futuras ampliaciones de la carga, como es en el caso la universidad, o el circuito de línea primaria sea una troncal, o la línea subterránea pase adyacente a calles principales; se deberá instalar tubería de 6" en la ejecución del proyecto, de manera que a futuro se facilite la recalibración del conductor.

Distancia entre ductos con cables eléctricos y ductos de telefonía, la tubería de servicio eléctrico debe mantenerse a un mínimo de 60 cm de distancia una de la otra canalización.

Otro dato a tomar en cuenta es que toda canalización debe llevar una cinta preventiva de polietileno de color amarillo, esta debe tener una dimensión mínima de 10 cm de ancho, debe incluir una nota de “PELIGRO – ALTO VOLTAJE” en letras negras cada 20 cm. La cinta debe colocarse a 40 cm de la superficie. En la Ilustración 121 se muestra un ejemplo de cómo se debe colocar la cinta de Advertencia al momento de la construcción de la línea subterránea.



*Ilustración 121: Colocación de cinta o banda de advertencia en la excavación del trayecto del ducto subterráneo.*

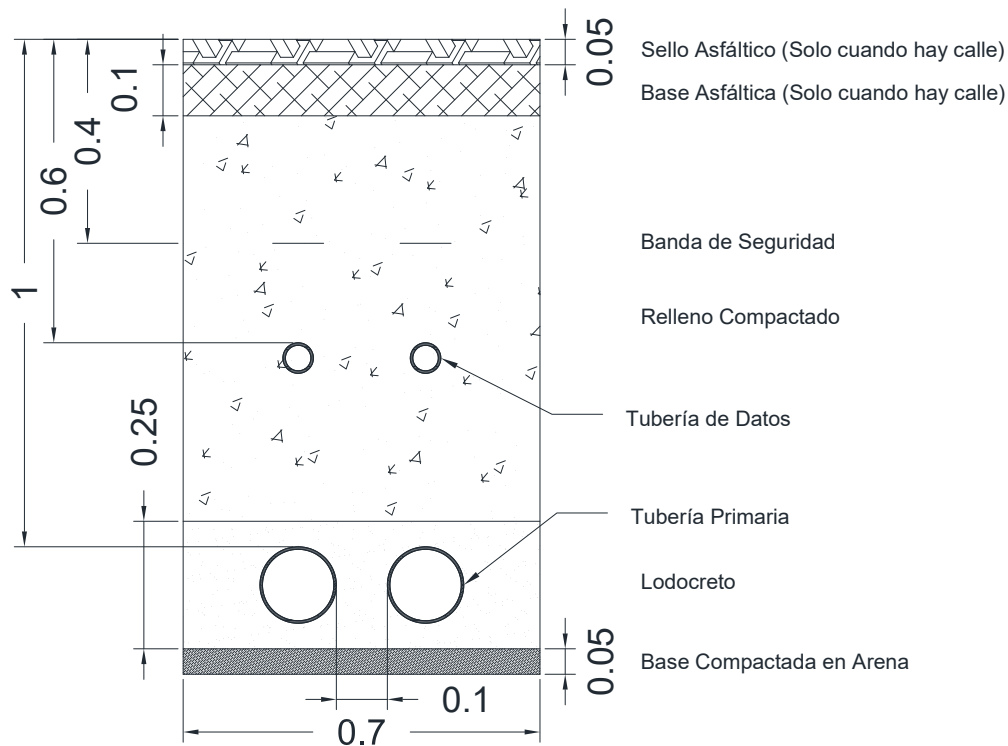
La tubería del conductor primario se instalará a una profundidad de 1 m en aceras, a 1.1 m cuando se requiera instalar pozos de registro secundario sobre el trayecto de la línea primaria y bajo carreteras o zonas de tráfico vehicular.

El diámetro del ducto para línea primaria será de 6" en el caso de este proyecto.

En la Ilustración 121 se plasman todas las consideraciones antes expuestas con el fin de que al momento de la realización del trabajo sepan como va la colocación de los ductos de PVC, la cinta de seguridad y los otros componentes que conllevara dicha red subterránea.

El relleno compactado está compuesto por la tierra removida en el proceso de canalización, de igual manera en la base se utilizará arena compactada, las tuberías irán recubierta de lodocreto como se muestra en la Ilustración 122.

Además, se observa que se ha agregado una capa asfáltica, esto solamente se realiza para tramos donde la línea cruza por calles donde hay afluencia de tráfico.



*Ilustración 122: Conformación y vista transversal de la canalización con su tubería de alambrado eléctrico y de comunicaciones.*

En la Ilustración 122 se muestra que la profundidad de las tuberías estarán a 1 metro que será para el caso en que no sea una vía en donde transiten carros, pero es de tomar en cuenta de que si será una vía de transporte público se deberá dejar a una distancia de 1.1 metros.

En el caso de las tuberías o canalizaciones se utilizará tubería PVC grado eléctrico, tipo EB 40 en acera y EB 80 bajo tráfico, ambos tipos de tubería deberán ser recubiertas en lodocreto. También podrá utilizarse tuberías DB 60 para la acera y DB 120 para zonas con tráfico vehicular ambas recubiertas en lodocreto.

Para otro tipo de servicio como red de datos se instala una tubería de 2" de diámetro a 0.5 metros de profundidad y en el caso de instalar tubería para red secundaria se instalan a 0.75 metros de profundidad.

## 2.7 Diseño de Pozos

El diseño de los pozos puede ser de tres tipos:

- Los pozos de registro tipo “P” que son los que se encuentran exclusivamente para ductos con cables primarios o de media tensión.
- Los pozos de registro tipo “S” son los que se construyen exclusivamente para ductos con cables secundarios o de baja tensión.
- Los pozos de registro tipo “PS” son los que alojan cables primarios y secundarios.

Cada uno de los pozos de registro antes descritos puede dividirse en los siguientes tipos:

- De paso: Se usan cuando los conductores sufren giros por condiciones del recorrido de la instalación o están al principio y/o al final de la trayectoria.
- De cambio de trayectoria: usados cuando existen derivaciones de los circuitos.
- De empalme.

Para evitar que los giros que sufran los conductores dañen el aislamiento de éstos, los ductos se cargarán hacia una esquina para facilitar los radios de curvatura de los conductores.

### 2.7.1 Criterios de Construcción

Los pozos de registro deben ser construidos de concreto premoldeado reforzado con hierro o de paredes de ladrillo con refuerzo de concreto armado, con aro de hierro fundido y tapadera de hierro fundido o concreto.

En terrenos inclinados, el pozo debe ser construido de forma que su tapadera quede alineada con la superficie del suelo.

Los pozos deben tener las dimensiones mínimas siguientes:

- La dimensión interior del pozo secundario “S” (para distribución secundaria subterránea) es de 1 m x 1 m x 1 m (Ancho x Longitud x Profundidad).
- La dimensión interior del pozo primario “P” (para distribución primaria subterránea) es de 1.4 m x 1.6 m x 1.4 m (Ancho x Longitud x Profundidad).
- La dimensión interior del pozo primario y secundario “PS” (sin distribución de acometidas secundarias) es de 1.4 m x 1.8 m x 1.6 m (Ancho x Longitud x Profundidad).



La zanja para la canalización de ductos se excavará entre pozos de tal forma que garantice una pendiente apropiada para disponer de un efectivo desagüe. La pendiente mínima aceptada es de 0.3%, lo que corresponde a 3 cm de descenso por cada 10 metros de excavación.

Los pozos de registro tendrán un drenaje al centro para permitir que el terreno absorba el agua que pueda acumularse dentro de él.

En los pozos de cambio de dirección, los conductores deberán tener un radio de curvatura no mayor que el permitido por éstos para no dañar el aislamiento.

Las paredes de los pozos de registro deberán ser repelladas y afinadas por las dos caras a fin de evitar la absorción de humedad.

Según las dimensiones de los conductores la distancia entre los pozos de registro se recomienda que varíe entre 25 metros y 40 metros, llegando a un máximo de 100 metros.

Los pozos se cubrirán con tapaderas fácilmente manejables que impidan la entrada de agua, pudiendo ser estas metálicas o de concreto y todo ducto de conductores deberá sellarse en cada pozo para evitar la entrada de agua y/o animales.

Los pozos de registro deben ser destinados exclusivamente para el alojamiento de conductores eléctricos, no debiendo utilizarse para canalizar cables de comunicación y/o señalización.



*Ilustración 123: Ejemplo de un pozo eléctrico con dos derivadores instalados.*

A cada transformador tipo pedestal instalado deberá construirse su propio pozo, incorporado a la base de concreto para facilitar la instalación y distribución de cables. Las dimensiones de dichas cajas dependerán de la cantidad de conductores a instalarse, previéndose una separación entre los cables de media tensión.

## 2.8 Equipo a Instalar

En este apartado se mencionarán todos los equipos a instalar en la acometida subterránea, mencionando las características esenciales que estos deben tener.

### 2.8.1 Acometida Aéreo-Subterránea

En el caso de la Acometida Aéreo-Subterránea de Agronomía ya se tiene instalado un medidor de acometida con sus respectivos TC y TP.



*Ilustración 124: Poste donde se encuentra la medición de la acometida de agronomía actualmente.*

En la imagen anterior se muestra el poste actual con su respectivo medidor el cual se seguirá utilizando para reconectarse al poste existente con un Recloser Marca ABB OVR-3 el cual no se encuentra en uso solo ha sido instalado como se muestra en la siguiente Ilustración.



*Ilustración 125: Recloser y poste instalado actualmente no utilizado, el cual está contemplado en el diseño para bajar la acometida.*

Este poste con sus protecciones y el Recloser Trifásico Marca ABB OVR-3 se reutilizará en la acometida Aéreo-Subterránea el cual en la parte inferior será instalado el Switchgear Marca S&C Modelo PMH-9 que se explica en la siguiente sección.

## 2.8.2 Switchgear o Tablero de Distribución en Media Tensión

El switchgear a utilizar será del Tipo Pedestal PMH-9 de Supervisión Remota de S&C, con capacidad de 25 kV. Este incorpora Interruptores Mini-Rupter S&C y Fusibles de Potencia con Uni-Rupter S&C en gabinetes independientes, que le permiten adaptar los paquetes de conmutación y protección de medio voltaje a sus aplicaciones de distribución subterránea. El modelo contiene 4 vías, con 2 interruptores de carga y 2 de alimentación, también tiene un interruptor Mini-Rupter de accionamiento por botones pulsadores de apertura y cierre en operación Local o Remota, con 2 moto operadores para los compartimentos 1 y 2, manejando cargas de hasta 600 amperes para el seccionamiento trifásico con fuente de 25 kV. Cuenta con aditamentos para conexión a tierra para conectar a tierra los cables de forma simple, directa y visible.

### Características de los Compartimentos para Fusibles PMH

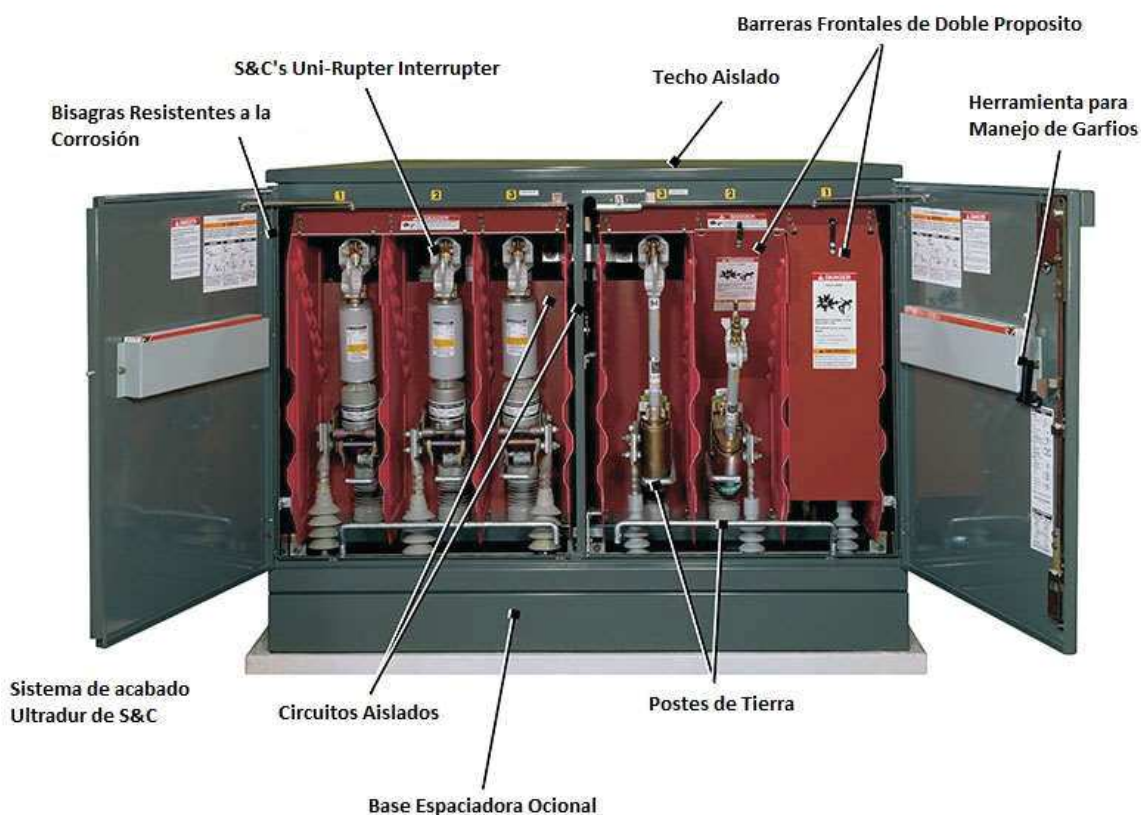


Ilustración 126: Características y partes de los compartimientos del Switchgear a utilizar.

En el caso de los compartimentos de los Uni-Rupter se pueden utilizar para Fusibles de Potencia o Fault Filter, aunque para nuestro caso se utilizara para Fusibles de Potencia de S&C de 200 A SML-20 de operación con Pértiga.



## Características de los Compartimentos para Interruptores PMH

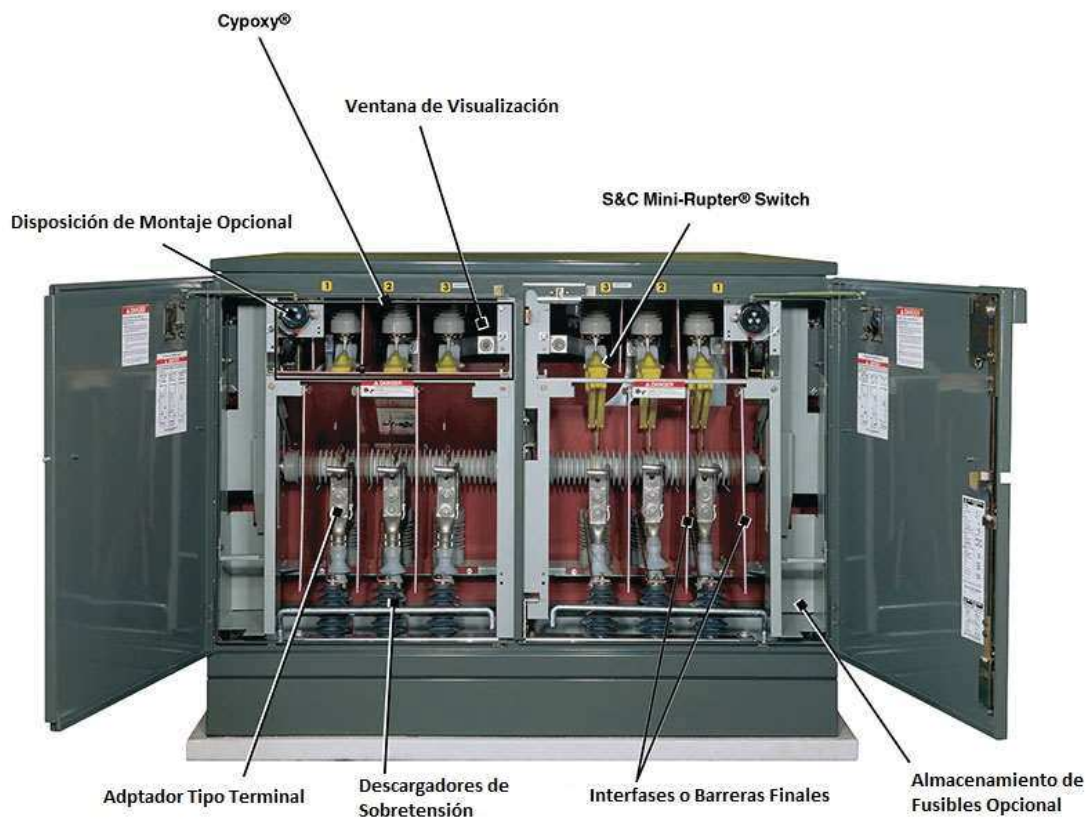


Ilustración 127: Vista desde el otro lado no visualizado en la ilustración anterior.

## Mini-Rupter

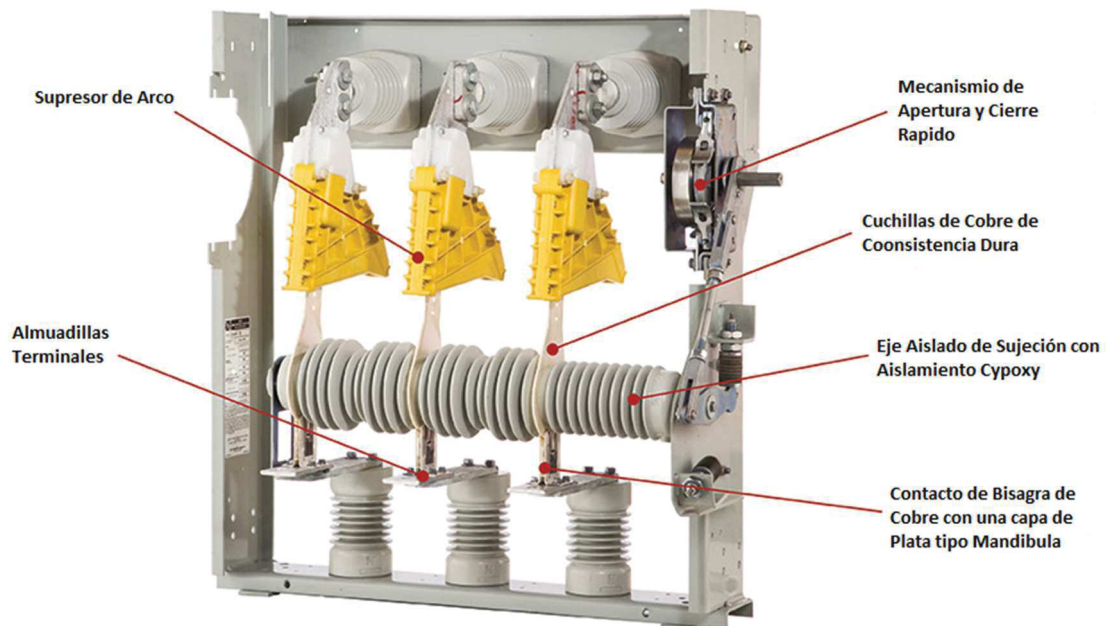
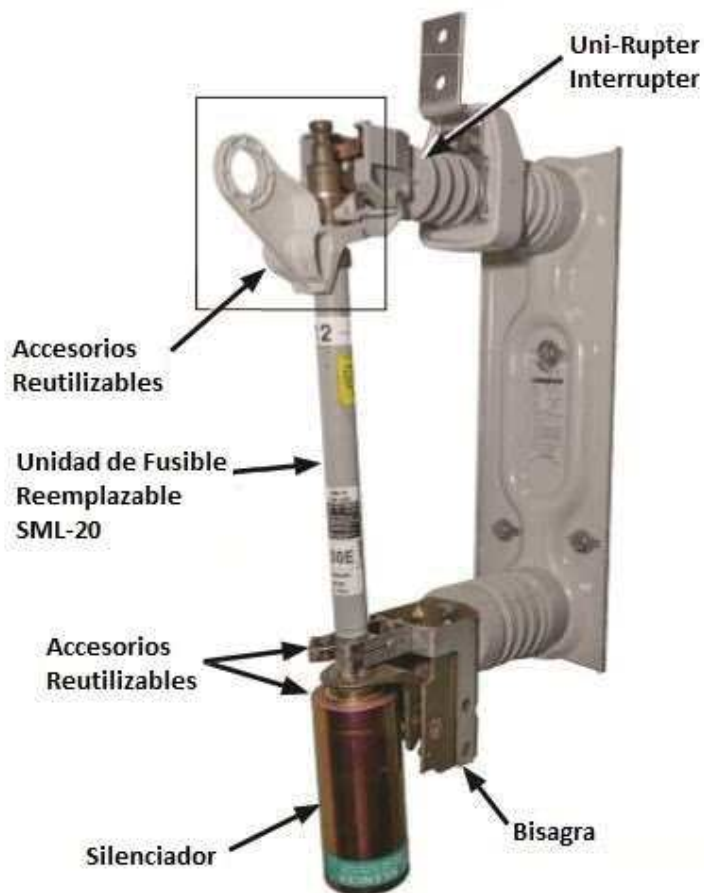


Ilustración 128: Mini-rupter utilizado para el lado de la fuente en el switchgear.

Los Interruptores Mini-Rupter fueron diseñados específicamente para manejar todas las tareas de seccionamiento trifásico, incluyendo las de plena carga al igual que las relacionadas con las corrientes magnéticas del transformador y las corrientes de carga del cableado. Estos trabajaran a las capacidades de 600 A continuos y de interrupción.

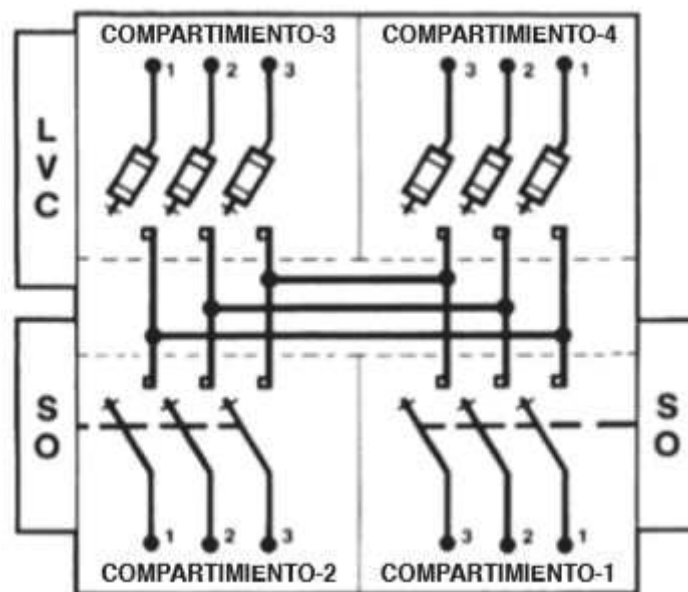


*Ilustración 129: Fusible SML para el lado de la carga del switchgear, con Uni-Rupter.*

Este switchgear incorpora Fusibles de Potencia SML que limitan la corriente y el sistema Uni-Rupter, los cuales proporcionan máxima protección contra la gama completa de corrientes de falla y brindan una coordinación precisa con todos los dispositivos protectores aguas abajo. El modelo PMH-9 de supervisión remota incluyen Fusibles de Potencia de S&C de 200 amperes con Uni-Rupter de operación por pértiga para realizar tareas de seccionamiento monopolar en vivo de los circuitos de carga monofásica o trifásica, donde no hay llama ni arco externo.

Con el Equipo Tipo Pedestal de S&C, cuenta con visibilidad, seccionamiento y aislamiento terrestres. Los componentes, los cuales son fáciles de ver, dan al operador la oportunidad de visualizar la configuración del circuito al igual que todos los componentes que están en operación.

A continuación, se muestran el esquema general del Switchgear donde se pueden observar los 2 fusibles para la carga con Uni-Rupter y los 2 seccionadores Mini-Rupter en el lado de la fuente con sus respectivos moto operadores.



*Ilustración 130: Diagrama eléctrico del Switchgear a utilizar.*

Los compartimientos 3 y 4 serán utilizados para el anillo, en cambio el compartimento 1 será para la alimentación de la acometida dejando el compartimento 2 para una futura línea de alimentación.

Los fusibles que este equipo utiliza es el de tipo SML-20, con capacidad de 200 amperios máximos continuos. Los Fusibles de SML-20 se fabrican conforme a un sistema de calidad certificado para cumplir con las normas ISO 9001:2000.

Para el diseño de la red primaria, su utilizaran fusibles SML-20 de 25 kV nominales y 27 kV máximo y BIL de 25 kV, y 20 kA RMS asimétricos (12.5 kA RMS simétricos).

### 2.8.3 Transformador Tipo Pedestal

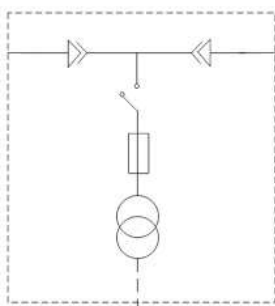
Los transformadores Tipo Pedestal o Pad Mounted son los más utilizados en instalaciones eléctricas subterráneas. Existen transformadores que pueden formar parte de un sistema de alimentación que interconecte varios aparatos entre sí, a estos se les conoce como Transformador Tipo Pedestal en Anillo. La ventaja de este tipo de conexión es que, si por alguna razón la alimentación principal se ve interrumpida, puede transferirse a una fuente de alimentación alterna, lo cual da la ventaja de tener energizado y funcionando el aparato, mientras es corregida la falla que interrumpió la alimentación original.

El Transformador Pedestal Tipo Anillo tiene 6 boquillas en la alta tensión y posee un seccionador del tipo anillo y en ocasiones, en serie con uno radial.



*Ilustración 131: Propuesta de transformador tipo pedestal a utilizar (la potencia visualizada solo es de carácter ilustrativo).*

El Pad-Mounted que se propone a utilizar tiene en el primario una configuración tipo “T Blade” que se utiliza en redes subterráneas en configuración anillo.

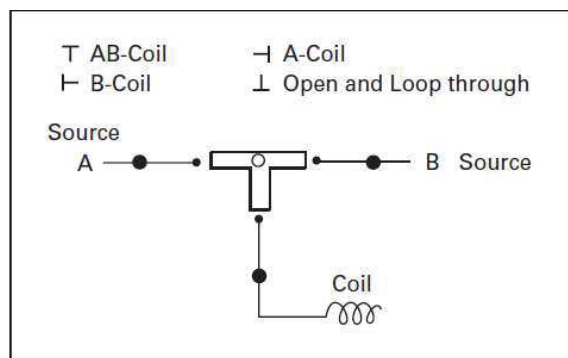


*Ilustración 132: Diagrama unifilar para un transformador tipo Pad Mounted con operación tipo T Blade.*



Las cuatro posiciones en las cuales se puede accionar el Switch en el primario del transformador en su función (Loop Feed) son las siguientes:

- Las dos fuentes conectadas junto a la bobina del devanado primario del transformador.
- La fuente A conectada junto a la bobina y la fuente B (o la siguiente sección del circuito primario) desconectada.
- La fuente B conectada junto a la bobina y la fuente A (o la siguiente sección del circuito primario) desconectada.
- La bobina del devanado primario del transformador desconectado, y el anillo continúa operando de manera normal.



*Ilustración 133: Posiciones del transformador tipo T Blade para configuración en anillo.*

Para el caso del Transformador Monofásico Tipo Pad Mounted solo se alimentan con una sola fase y no tendrá la función en anillo. Este transformador se muestra en la siguiente Ilustración:



*Ilustración 134: Transformador monofásico.*

## 2.8.4 Medidores Tipo Analizador de Energía

Para llevar un registro controlado de la energía eléctrica consumida por cada una de las subestaciones de la Acometida Primaria de Agronomía, se instalará un equipo electrónico de medición eléctrica en cada uno de los Circuit Breaker (MAIN) de los Tableros Generales de cada uno de los Pad Mounted. El equipo a instalarse será un sub medidor electrónico con capacidad Ethernet Wifi el equipo es un SHARK-200S.



Ilustración 135: Analizador y monitoreador de red SHARK-200S.

Cuya conexión se muestra en la siguiente Ilustración.

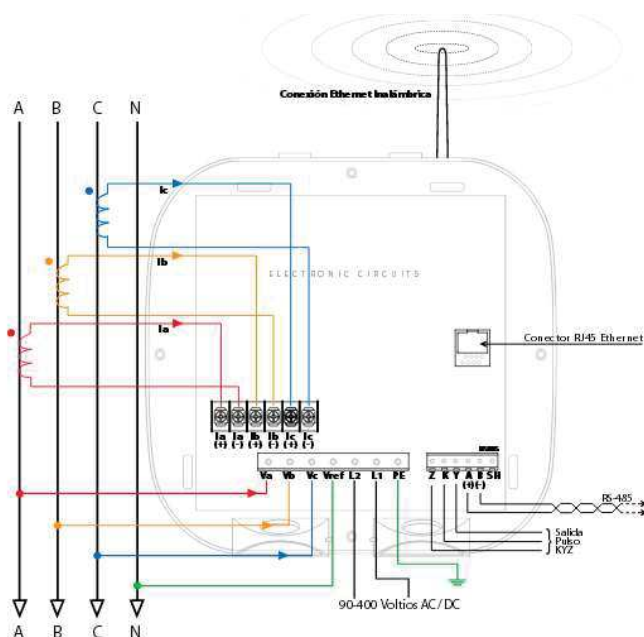


Ilustración 136: Diagrama de conexión del analizador SHARK-200S.

## 2.8.5 Tableros Secundarios

Los tableros son los nodos desde los cuales se alimentan otros tableros o algunas cargas, además de contener las protecciones de los mismos, son importantes ya que distribuyen la potencia en ramales a toda la instalación.

Debido a la cantidad de circuitos que puede ser requerida para una instalación, éstos se especifican para una salida estándar, en este proyecto no se superan los taleros de más de 24 espacios. Estos tableros estarán ubicados a pocos metros de su respectivo transformador.

Se optó por la Marca SIEMENS con un Tablero tipo S4 o S5 (dependiendo de la carga que tendrá este) para Interruptor General, N-3R Con Puerta, el cual cuenta con un IP 54.



*Ilustración 137: Tableros secundarios a utilizar.*

El Tablero S4 cuenta con Barras de 600 A, en cambio el Tablero S5 cuenta con Barras de 800 A.

Para la selección del Tablero con sus protecciones específicas se toma en cuenta los Diagramas Unifilares que correspondería a cada tablero secundario según la edificación a instalar. Es de mencionar que estos cuentan con ranura para poder ponerle chapas de seguridad.

## 2.8.6 Accesorios para Equipos Subterráneos

### 2.8.6.1 Terminales de Potencia

Se ha seleccionado un terminal de potencia de la marca 3M, estos terminales están contruidos bajo el estándar IEEE 48-1990. Para la tensión de 25 kV estos están compuestos de cuatro faldones y pueden ser instalados a la intemperie.

Los terminales están compuestos con aislante de hule silicón, los tubos de control de tensión de EDPM, el controlador de tensión y los compuestos para sellado con silicón son compatibles con el aislante dieléctrico polietileno de cadena cruzada (XLP).

Para seleccionar el tipo de terminal que se va utilizar en la aplicación a desarrollar se debe tener claro el tipo de ambiente a la cual estará expuesto el elemento. En la siguiente imagen se especifica la serie del terminal, el nivel de tensión a la cual puede ser instalado y los criterios de selección.

Juego de Terminal	Sistema de Voltaje	Ambiente de Operación			
		Ligero	Medio	Pesado	Extremadamente Pesado
(2 Faldones) 7620-S-2 - 7621-S-2	5 & 8 kV	[	[	[	
(2 Faldones) 7622-S-2	15 kV	[	[	[	
(4 Faldones) 7692-S-4 - 7696-S-4	15 kV	[	[	[	[
8 (Faldones) 7683-S-8 - 7686-S-8	15 kV	[	[	[	[
(4 Faldones) 7692-S-4 - 7696-S-4	25/28 kV	[	[	[	
(8 Faldones) 7683-S-8 - 7686-S-8	25/28 kV	[	[	[	[
(8 Faldones) 7683-S-8 - 7686-S-8	34.5 kV	[	[	[	

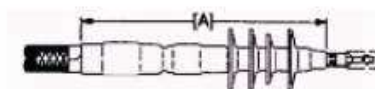
Tabla 49: Tabla para la elección del terminal a utilizar.

De la Tabla 49 se seleccionó el juego de terminal de 4 Faldones con serie 7692-S-4 que tiene un Sistema de Voltaje de 25 kV. De igual manera en la siguiente Tabla se muestran las características que compone cada ambiente de operación. Al evaluar todas las características se seleccionó un ambiente de operación Medio.

Ligero	Pesado
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Áreas sin industria y con baja densidad urbana.</li> <li>• Áreas sujetas a vientos fuertes y/o lluvia con baja densidad de industria y urbana.</li> <li>• Áreas agrícolas.</li> <li>• Áreas montañosas.</li> </ul> <p>Todas estas regiones deben estar situadas al menos a 7 millas de la costa y no deben estar expuestas a vientos costeros. □</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Áreas con alta densidad industrial y algunas áreas urbanas con alta densidad, especialmente aquellas con lluvia poco frecuente.</li> <li>• Áreas sujetas a concentración moderada de polvo conductivo, particularmente humo industrial produciendo depósitos.</li> <li>• Área generalmente cercanas a la costa o expuestas a rocío de la costa o a fuertes vientos acarreado arena y sal y sujetos a condensación regular.</li> </ul>
Medio	Extremadamente Pesado
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Áreas industriales no contaminantes sujetas a lluvia poco frecuente y con una densidad urbana promedio.</li> <li>• Áreas sujetas a vientos frecuentes y/o lluvia con alta densidad urbana e industrial.</li> <li>• Áreas expuestas a viento de la costa pero generalmente a más de dos millas de la costa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generalmente áreas muy limitadas teniendo contaminantes extremadamente pesados de sitios industriales especialmente aquellos localizados cerca de océanos y sujetas a vientos predominantes del mar.</li> <li>• Áreas aisladas muy pequeñas donde las terminales se localizan inmediatamente adyacentes a la fuente de contaminación, especialmente sotavientos (plantas de cemento, molinos de papel, etc.)</li> </ul>

Tabla 50: Tipo de ambientes de operación del terminal.

A continuación, se presentan las propiedades físicas y eléctricas de la terminal de potencia seleccionada.



Numero del Juego	Dimensión A (Máxima)	Distancia Máxima de Corrimiento (Ecurrimiento) Mojado	Máxima Distancia del Arco
7692-S-4	311 mm (12.25")	470 mm (18.5")	311 mm (12.25")

Tabla 51: Propiedades físicas del terminal de potencia.

### 2.8.6.2 Derivador Múltiple

Los derivadores múltiples pueden ser de dos tipos operación con carga u operación sin carga, siendo el primero el más común debido a que se puede operar con tensión lo que permite hacer mantenimientos sin la necesidad de afectar al usuario. En estos derivadores es donde existe la conexión de las acometidas a los usuarios, así como los puntos abiertos de los anillos. Son colocados principalmente dentro de los registros o en muretes, su colocación es mediante ménsulas.

Comúnmente sus diseños son ligeros y resistentes a los daños debidos a la corrosión y humedad, son construidos en hule EPDM, su fijación es mediante herrajes de acero inoxidable y resistente a la corrosión. Los puntos de conexión comúnmente no necesitan mantenimiento ya que se encuentran sellados herméticamente. Son ideales para aplicaciones sumergibles, estos dispositivos deben ser diseñados y aprobados por las normas IEEE 336, ANSI, C119.4.

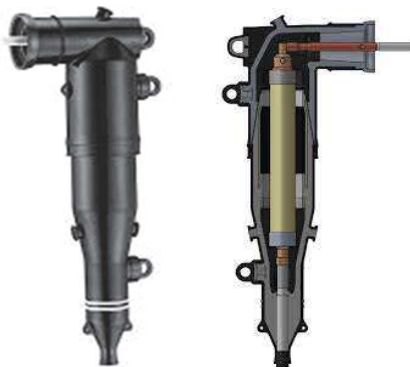


*Tabla 52: Derivador múltiple de 4 terminales.*

Estos dispositivos permiten hacer derivaciones en media tensión en 600 A - 600 A, 600 A - 200 A y 200 A - 200 A. A su vez estos derivadores tienen diferentes configuraciones según la cantidad de vías, siempre teniendo en cuenta que como mínimo es de tres vías, porque básicamente se necesita una entrada y una salida del alimentador y una tercera vía para el punto de acometida.

### **2.8.5.3 Terminal Tipo Codo con Portafusible**

Hay dos tipos de terminales tipo codo los de operación con carga y los de operación sin carga las cuales deben de cumplir con la norma IEEE STANDARD 386. Las terminales de operación con carga son las más utilizadas ya que permiten hacer maniobras sin interrumpir el suministro de energía eléctrica a los usuarios, está se opera mediante una pértiga que sirve como un punto de aislamiento entre el equipo energizado y el operador.



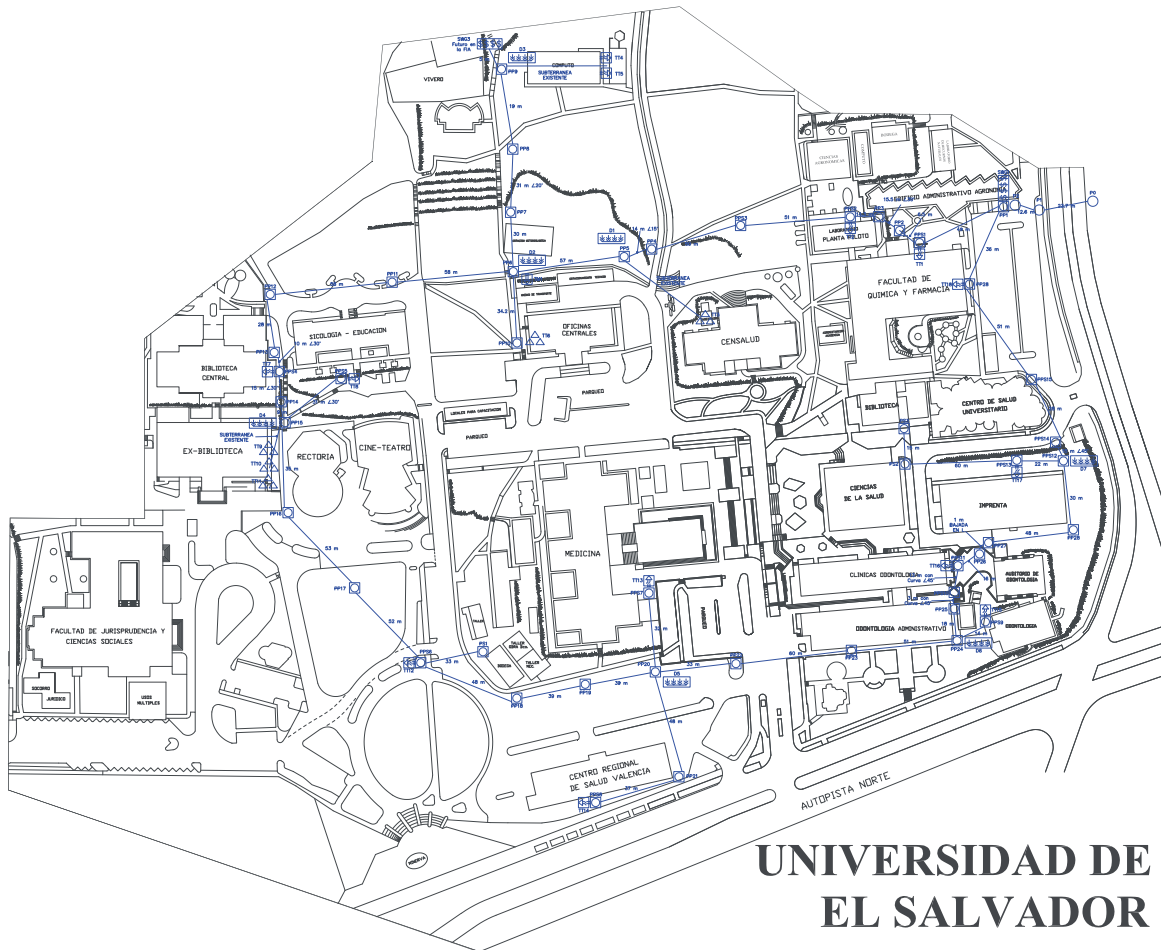
*Ilustración 138: Terminal tipo codo con fusible.*

Las terminales tipo codo porta fusible se utilizan para proteger sistemas de distribución en 200 A o 600 A incluyendo los circuitos en anillo y radial, cajas derivadoras, transformadores y otros equipos. Estos son de cuerpo separable lo que permite extraer el fusible que trae en su interior.



## 2.9 Desarrollo del Diseño Eléctrico Subterráneo Primario

Con todos los componentes anteriormente descritos se realizó una visita de campo con la finalidad de ver cuál es la mejor trayectoria para la trayectoria en Anillo de la Acometida Primaria Subterránea de las diferentes Facultades que comprendía la Acometida Primaria de Agronomía. En la Ilustración 139 se encuentra el esquema en anillo propuesto a implementar, en el cual se muestran los pozos de registros, transformadores y Switchgear a instalar.



*Ilustración 139: Recorrido de la distribución eléctrica subterránea propuesta.*

Cabe mencionar que esta configuración en Anillo tendrá dos puntos de alimentación el Principal será en el punto de entrega por la distribuidora en el poste P0 hacia el medidor que se encuentra en el poste P1, el cual ya cuenta con los TC y TP correspondientes para el sistema de medición, del poste P1 se transporta aéreo hacia el poste P2 que corresponde a la parte Aéreo-Subterránea, este cuenta con un recloser y sus protecciones del cual después bajara hacia el Switchgear (SWG1) que alimentara el anillo por un extremo. Por otra parte, el segundo punto de alimentación será por parte del SWG3 que pertenece a la acometida de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura o conocida como la acometida del Polideportivo.

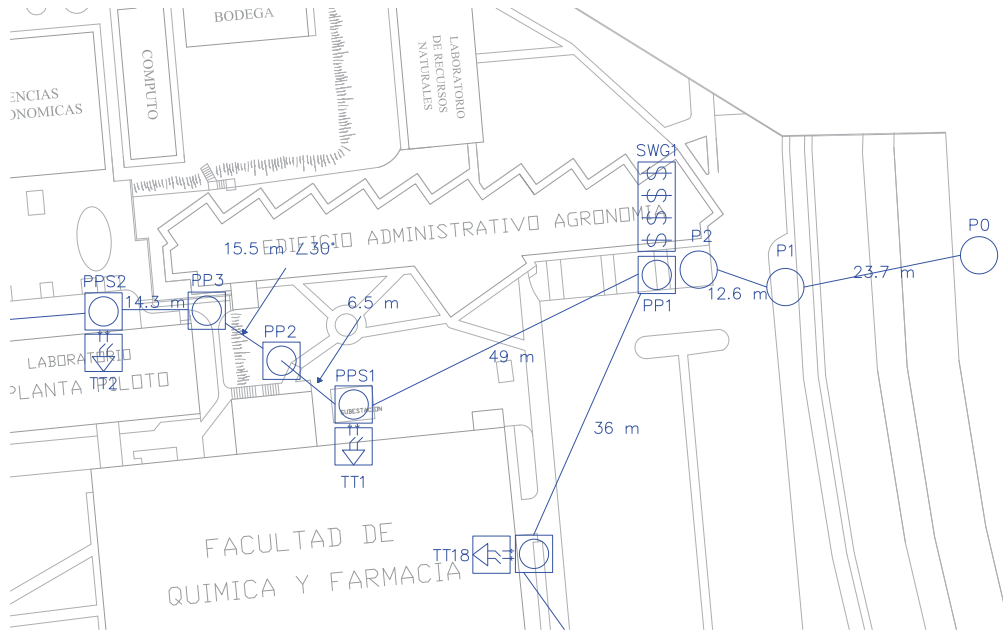


Ilustración 140: Fragmento de la distribución subterránea donde se visualiza la bajada de la acometida utilizando el P1 y P2 hasta llegar al Switchgear.

En la Ilustración anterior se muestra la ubicación de los postes P0, P1 y P2 que corresponden a la alimentación de la acometida, de igual manera el trayecto de la Troncal hacia el SWG3 de la Acometida del Polideportivo que pasa por los pozos PP1, PPS1, PP2, PP3, PPS2.

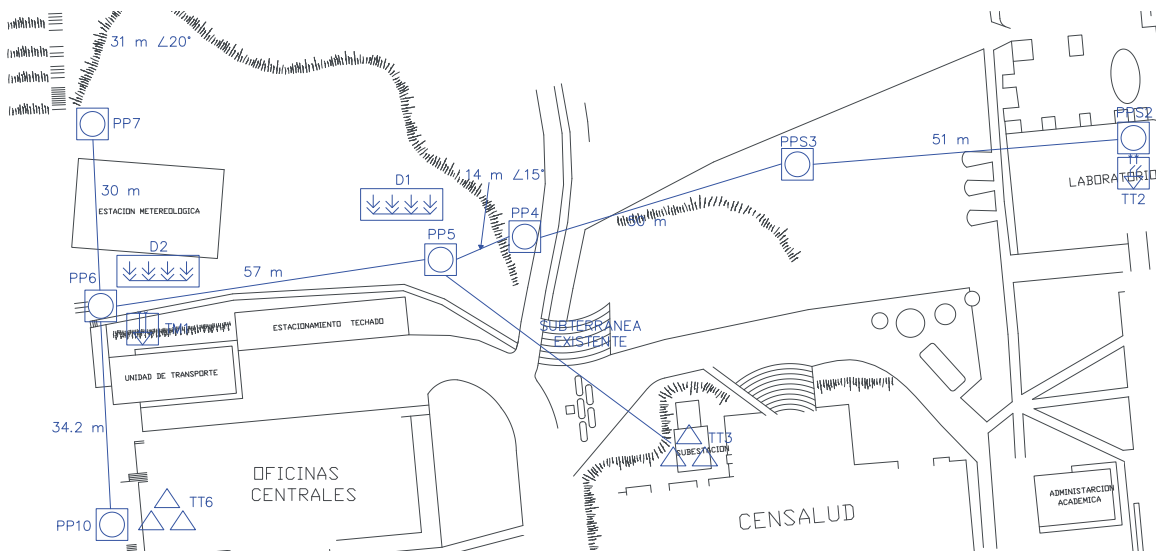
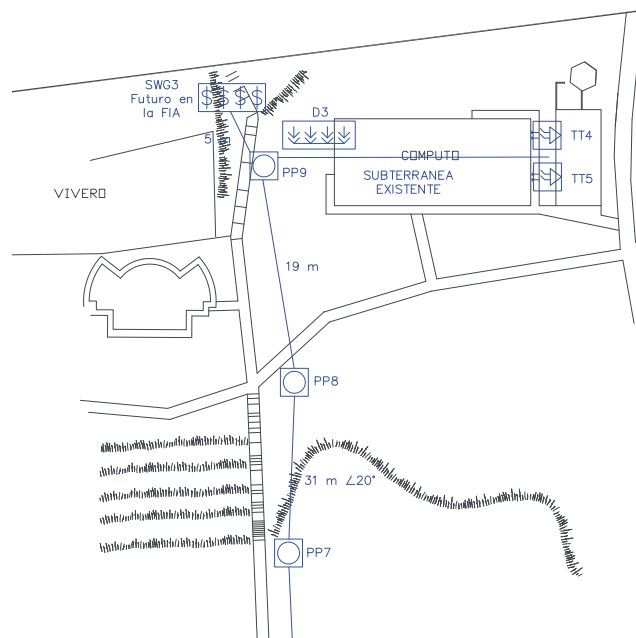


Ilustración 141: Continuando con el trayecto hasta llegar al PP7 donde se parte hacia la troncal con la acometida de la FIA.

En la Ilustración anterior se muestra la continuación del trayecto troncal que después del pozo PPS2 continua por los PPS3, PP4, PP5, PP6, PP7 y PP8.





*Ilustración 142: Hasta llegar a la troncal con la acometida de la FIA al Switchgear citado en dicha tesis.*

En la Ilustración anterior se muestra finalmente el final del trayecto troncal que como se mencionaba anteriormente después de pasar por el pozo PP8 y continúa al PP9 hasta llegar al SWG3 que corresponde a la acometida del polideportivo, la cual está planeada a futura implementación.

Todas las subestaciones que conforman el anillo están compuestas por transformadores trifásicos 208/120 V con conexión Delta/Estrella, a excepción del transformador trifásico del Edificio de la Imprenta el cual es a 240/120 V que se encuentran instalados para abastecer la demanda de los Edificios de Bienestar Universitario, Ciencias de la Salud, Biblioteca de Química y Farmacia y la Imprenta Misma, de igual manera el transformador monofásico de la Unidad de Transporte que trabaja a 240/120 V.

El calibre del conductor para todo el Tramo Troncal será de XLPE #4/0 dado que este tendría que soportar en caso de fallo en la acometida del polideportivo toda la carga que tendrá la acometida en falla.

Por otra parte, para todo lo demás que comprende el trayecto del Anillo se utilizará conductor XLPE #1/0 dado que solo servirá para suplir el anillo mismo el cual no tiene una corriente mayor de 200 A.

## 2.9.1 Tensiones de Jalado

Luego de haber determinado el cableado del sistema eléctrico a implementar se procede a realizar el cálculo de la tensión de jalado a la cual será sometido el cable en cada uno de los tramos en la trayectoria expuesta en el plano de distribución del sistema eléctrico subterráneo anterior. Refrescando las fórmulas vistas en el apartado 2.6.3 se muestran las ecuaciones que se han utilizado para dichos cálculos siendo estas las siguientes:

**Tramo recto:**

$$T = w * f * l * W$$

**Jalado inclinado:**

- **Hacia arriba**

$$T = W * l(\sin A + wf \cos A)$$

- **Hacia abajo**

$$T = W * l(\sin A - wf \cos A)$$

*Donde:*

*W: peso total del cable*

*w: factor de corrección de peso*

*l: longitud del ducto*

*A: Angulo con horizontal en radianes*

*f: coeficiente de fricción*

En el desarrollo del presente diseño se utiliza un coeficiente de fricción de 0.5 y se toma en cuenta el ángulo de inclinación del suelo en aquellas partes donde el terreno es bastante inclinado, todos los cálculos realizados se presentan en la Tabla 53.

Para la Tabla 53 se utilizarán diferentes nomenclaturas cuyo significado se describe a continuación:

- *P#: Poste de concreto # (Número que le Corresponde)*
- *PP#: Pozo Primario de registro #*
- *PPS#: Pozo Primario y Secundario de registro #*
- *PS#: Pozo Secundario de registro #*
- *D#: Derivador #*
- *SWG#: Switchgear #*
- *TT#: Transformador Trifásico #*

### 2.9.1.1 Resumen de Tensiones de Jalado

Tramo	Longitud (m)	Calibre Cable	Diámetro total del conductor (mm)	Coefficiente de corrección de peso	Peso del cable kg/100 m	Angulo de inclinación del suelo(°)	Tensión (Kg)
PP1 (SWG1) - PPS1	49	4/0	39.2	0.96517	209	0	148.26
PPS1 - PP2	6.5	4/0	39.2	0.96517	209	0	19.67
PP2 - PP3	15.5	4/0	39.2	0.96517	209	30	89.21
PP3 - PPS2	14.3	4/0	39.2	0.96517	209	0	43.27
PPS2 - PPS3	51	4/0	39.2	0.96517	209	0	154.32
PPS3 - PP4	50	4/0	39.2	0.96517	209	0	151.29
PP4 - PP5	14	4/0	39.2	0.96517	209	15	63.64
PP5 - PP6	57	4/0	39.2	0.96517	209	0	172.47
PP6 - PP7	30	4/0	39.2	0.96517	209	0	90.77
PP7 - PP8	31	4/0	39.2	0.96517	209	20	154.62
PP8 - PP9	19	4/0	39.2	0.96517	209	0	57.49
PP9 - SWG3	5	4/0	39.2	0.96517	209	0	15.13
PP6 - PP10	34.2	1/0	35.3	0.95744	143	0	70.24

PP6 - PP11	58	1/0	35.3	0.95744	143	0	119.12
PP11 - PP12	58	1/0	35.3	0.95744	143	0	119.12
PP12 - PP13	28	1/0	35.3	0.95744	143	0	57.50
PP13 - PPS4	10	1/0	35.3	0.95744	143	30	39.24
PPS4 - PP14	15	1/0	35.3	0.95744	143	30	58.85
PP14 - PP15	9	1/0	35.3	0.95744	143	0	18.48
PP15 - PPS5	31	1/0	35.3	0.95744	143	30	11.36
PP15 - PP16	35	1/0	35.3	0.95744	143	0	71.88
PP16 - PP17	53	1/0	35.3	0.95744	143	0	108.85
PP17 - PPS6	52	1/0	35.3	0.95744	143	0	106.79
PPS6 - PP18	48	1/0	35.3	0.95744	143	0	98.58
PP18 - PP19	39	1/0	35.3	0.95744	143	0	80.09
PP19 - PP20	39	1/0	35.3	0.95744	143	0	80.09
PP20 - PPS7	32	1/0	35.3	0.95744	143	0	65.72
PP20 - PP21	48	1/0	35.3	0.95744	143	0	98.58
PP21 - PPS8	37	1/0	35.3	0.95744	143	0	75.99
PP20 - PP22	33	1/0	35.3	0.95744	143	0	67.77
PP22 - PP23	60	1/0	35.3	0.95744	143	0	123.22

PP23 - PP24	51	1/0	35.3	0.95744	143	0	104.74
PP24 - PPS9	14	1/0	35.3	0.95744	143	0	28.75
PP24 - PP25	18	1/0	35.3	0.95744	143	0	36.97
PP25 - PPS10	3	1/0	35.3	0.95744	143	45	4.74
PPS10 - PPS11	13	1/0	35.3	0.95744	143	45	20.56
PPS11 - PP26	16	1/0	35.3	0.95744	143	0	32.86
PP26 - PP27	1	1/0	35.3	0.95744	143	45	1.58
PP27 - PP28	48	1/0	35.3	0.95744	143	0	98.58
PP28 - PPS12	30	1/0	35.3	0.95744	143	0	61.61
PPS12 - PPS13	22	1/0	35.3	0.95744	143	0	45.18
PPS12 - PPS14	15	1/0	35.3	0.95744	143	45	23.72
PPS14 - PPS15	28	1/0	35.3	0.95744	143	0	57.50
PPS15 - PP28	51	1/0	35.3	0.95744	143	0	104.74
PP28 - PP1 (SWG1)	36	1/0	35.3	0.95744	143	0	73.93

Tabla 53: Resumen del cálculo de las tensiones de jalado del cable.

Luego de aplicar el método antes explicado y analizar los datos obtenidos en la tabla resumen de tensión de jalado para cada tramo de cable, como se observa en ninguno de los tamos se sobrepasó los 143 Kg/100 m que soporta el cable #1/0 y los 209 Kg/100 m del cable #4/0.

Para todos los análisis anteriores se hizo uso de la tabla del conductor seleccionado, el cual es el cable XLPE de la marca Viakon cuyos datos se muestran en la ilustración siguiente.

XLPE - 25 kV											
Calibre	Área nominal de la sección transversal	Número de hilos	Diámetro del conductor	100% Nivel de Aislamiento Espesor de aislamiento : 6,60 mm ( 260 mils)			133% Nivel de Aislamiento Espesor de aislamiento : 8,13 mm ( 320 mils)				
				Diámetro sobre el aislamiento	Diámetro total aproximado	Peso Total aproximado ( kg / 100 m )	Diámetro sobre el aislamiento	Diámetro total aproximado	Peso Total aproximado ( kg / 100 m )		
AWG o kcmil	mm <sup>2</sup>		mm	mm	mm	Cobre	Aluminio	mm	mm	Cobre	Aluminio
1/0	53.48	19	8.6	23.3	31.8	125	90.7	35.3	35.3	143	108
2/0	67.43	19	9.6	24.3	32.9	142	98	36.4	36.4	160	117
3/0	85.01	19	10.8	25.5	34.6	165	110	37.7	37.7	182	127
4/0	107.2	19	12.1	27.1	36.2	192	123	39.2	39.2	209	140

Tabla 54: Especificaciones técnicas de cable Viakon a utilizar.

De cuya tabla se obtuvieron los diámetros totales y el peso total de los cables #1/0 y #4/0.

## 2.10 Desarrollo del Diseño Eléctrico Subterráneo Secundario

Durante el análisis de los perfiles de carga y el cálculo de los nuevos transformadores, evaluando la carga futura que estos pudieran tener, se ha considerado a bien utilizar un mismo transformador para alimentar la carga de dos o más edificios los cuales se pueden ver en siguiente tabla, la cual a su vez muestra las subestaciones que se cambiarían y las que se dejaría la existente.

Edificio	Subestación Actual (kVA)	Subestación Nueva (kVA)	Subestaciones a Comprar	Nombre de Subestación
Laboratorios Quimica y Farmacia	112.5	150	SI	TT18
Quimica y Farmacia				
Administrativo Agronomia	150	150	SI	TT1
Planta Piloto				
Laboratorio de Recursos Materiales	25	45	SI	TT2
Bodega				
Computo				
Ciencias Agronómicas				
Bomba Bosquecito	25			
CENSALUD	501	500	NO	TT3
Computo Unidad de Nuevo Ingreso 1	100	100	NO	TT4
Computo Unidad de Nuevo Ingreso 2	100	100	NO	TT5
Unidad de Transporte	37.5	50	SI	TM1
Estacionamiento Techado Unidad de Transporte				
Oficinas Centrales	300	300	NO	TT6
Psicología	150	75	SI	TT8
Biblioteca Central	150	150	SI	TT7
Artes	225	225	NO	TT9
Rectoría	300	300	NO	TT10
Cine Teatro	225	225	NO	TT11
Locales para Capacitación	50			
Taller Obra de Banco	50	100	SI	TT12
Taller de Mecánica				
Bodega Frente a Talleres				
Taller				
Luminarias	25			
Valencia	225	225	NO	TT14
Medicina	300	300	NO	TT13
Odontologia	300	150	SI	TT15

<b>Administrativo Odontología</b>	225	300	SI	TT16
<b>Auditorio Odontología</b>				
<b>Clínicas Odontológicas</b>	225	300	SI	TT17
<b>Imprenta</b>	300			
<b>Bienestar Universitario</b>	100			
<b>Biblioteca Química y Farmacia</b>	75			
<b>Ciencias de la Salud</b>	100			

Tabla 55: Tabla resumen de todas las edificaciones con las subestaciones actuales y nuevas proyectadas.

Con los datos de la Tabla 55 se tiene la necesidad de instalar tableros a la salida de cada transformador, los cuales servirán para distribuir la potencia hacia cada uno de los tableros ubicados en cada edificio. Para el caso de las edificaciones que ya cuentan con subestación en bunker o con un transformador Pad Mountain ya existentes solo se reutilizará los alimentadores ya existentes y sus respectivos transformadores.

A continuación, se muestra el ejemplo base para todos los demás Transformadores. En este caso se tomó como base el del Edificio de Clínicas Odontológicas, Auditorium de Odontología y el Edificio Administrativo de Odontología, para estos ramales se mantendrán los tableros que ya están instalados en cada edificio, puesto que se encuentran en buenas condiciones.

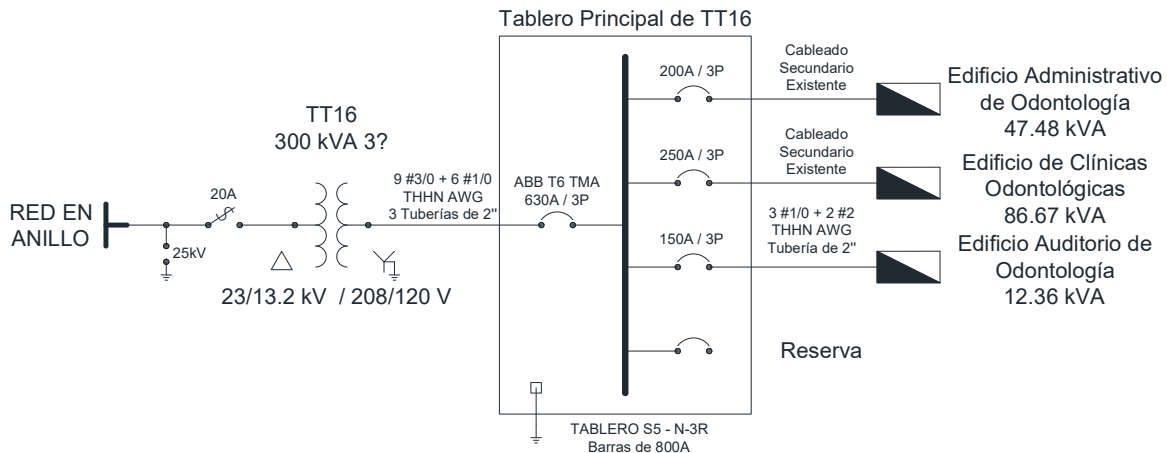


Ilustración 143: Tablero modelo del TT16 correspondiente a la subestación para los edificios de Odontología.

En la ilustración anterior se muestra el Tablero Principal del TT16 el cual corresponde a la subestación para los Edificios de Odontología. En este se muestra el calibre de los conductores a utilizar, aunque para este caso para los edificios de Clínicas Odontológicas y el Administrativo de Odontología se utilizaría el mismo conductor que este ya tiene ya que el tablero irá en la ubicación donde estos entran.



## 2.11 Análisis de Corto Circuito

Para el desarrollo de la línea de distribución eléctrica subterránea, se debe realizar el análisis de cortocircuito, en este caso solo para media tensión. Para la implementación del análisis es necesario calcular la impedancia del cable de distribución subterránea el cual se explica en los siguientes apartados.

### 2.11.1 Cálculo Previos a los de Impedancia

La impedancia de un cable se puede representar como una cantidad compleja donde la parte real representa la resistencia del cable y la parte imaginaria la combinación de reactancias inductiva y capacitiva del cable. Para el caso de líneas de distribución se desprecia la reactancia capacitiva ya que se trabaja en tramos cortos, ya que este tipo de reactancia se considera en líneas de transmisión, por lo tanto, la impedancia del cable se representa de la siguiente manera:

$$Z = R + jX_L$$

Para tener la impedancia se debe calcular la resistencia del cable y la reactancia inductiva por separado. La resistencia de un cable es diferente si este se encuentra conectado a una fuente de corriente directa o a una fuente de corriente alterna por lo que se presentan ambas ecuaciones:

$$R_{dc} = \rho \frac{L}{A} (1 + K_c) \quad \text{Para una } T^\circ = 20^\circ\text{C}$$

$$R_{ac} = R_{dc}(1 + Y_s + Y_p)$$

Donde:

$R_{dc}$ : Resistencia a la corriente directa

$R_{ac}$ : Resistencia a la corriente alterna

$\rho$ : Resistividad volumétrica del material del conductor. Para el cobre  $17.241 \frac{\Omega\text{-mm}^2}{\text{Km}}$

$L$ : Longitud del conductor

$A$ : Área de la sección transversal del conductor

$K_c$ : Factor de cableado, que para el caso de cable redondo normal tiene el valor de 0.020.

$Y_s$ : Factor de efecto piel

$Y_p$ : Efecto de proximidad

## Factor de Efecto Piel

Si el conductor está compuesto por uno o más elementos circulares concéntricos, la parte central del conductor se verá envuelto por un flujo magnético mayor que aquellos que se encuentren en el exterior. En consecuencia, la autoinductancia inducida por vuelta será mayor hacia el centro del conductor, causando así que la densidad de corriente sea menor en el centro que en la superficie del conductor. Esta concentración adicional en la superficie es conocida como el efecto piel, y resulta en un aumento de la resistencia efectiva del conductor.

La ecuación para poder calcular el efecto piel, se presenta a continuación:

$$Y_s = \frac{X_s^4}{(192 + 0.8 * X_s^4)}$$

Donde:

$$X_s^2 = \frac{8 * \pi * f(\text{Hz}) * K_s * 10^{-7}}{R_{dc}}$$

*f*: Frecuencia en Hz.

*K<sub>s</sub>*: Factor determinado por la construcción del conductor, para conductores redondos y trenzados es 1.

*R*: Resistencia del conductor a la corriente directa corregida a la temperatura de operación.

Para la corrección de la temperatura de la resistencia del conductor a la corriente directa se aplica la siguiente formula:

$$R_{cd}(90^\circ\text{C}) = \frac{R_{cd}(20^\circ\text{C}) * (234.5 + 90)}{254.5} \left[ \frac{\Omega}{\text{Km}} \right]$$

## Efecto de Proximidad

El efecto de proximidad también aumenta la resistencia efectiva y se asocia con los campos magnéticos de dos conductores que están próximos entre sí. Si cada uno lleva una corriente en la misma dirección, la mitad de los conductores más próximos, recortarán más flujo magnético que las mitades más distanciadas. En consecuencia, la actual distribución no es uniforme en toda la sección transversal, una mayor proporción es transportada por las mitades más alejadas. Si las corrientes están en direcciones opuestas, las dos mitades próximas, llevarán la mayor densidad de corriente.

La ecuación para calcular el efecto de proximidad es la siguiente:

$$Y_p = \frac{X_p^4}{192 + 0.8 * X_p^4} * \left(\frac{d_c}{s}\right)^2 * \left[ 0.312 * \left(\frac{d_c}{s}\right)^2 + \frac{1.18}{\frac{X_p^4}{192 + 0.8 * X_p^4} + 0.27} \right]$$

Donde:

$X_p^4 = X_s^2$  ; Dado que  $K_s$  y  $K_p$  son iguales.

$d_c$ : diámetro del conductor en (mm).

$s$ : distancia entre centros de conductores en (mm).

Utilizando todas las fórmulas anteriores se procede a realizar los cálculos para cada tramo, estos se muestran en la siguiente Tabla Resumen de Resistencia a la Corriente Alterna.

**Tabla Resumen de Resistencia a la Corriente Alterna**

Tramo	Longitud (m)	Conductor	Área (mm <sup>2</sup> )	R <sub>dc</sub> (20 °C)	R <sub>dc</sub> (90 °C)	X <sub>s</sub> <sup>2</sup>	Y <sub>s</sub>	Y <sub>p</sub>	R <sub>ac</sub> (90 °C)
PP1 (SWG1) - PPS1	49	#4/0	107.2	0.0080	0.0102	0.0147	1.13 E-06	5.28 E-06	0.0102
PPS1 - PPS2	36.3	#4/0	107.2	0.0060	0.0076	0.0199	2.05 E-06	9.62 E-06	0.0076
PPS2 - PP5	115	#4/0	107.2	0.0189	0.0241	0.0063	2.05 E-07	9.58 E-07	0.0241
PP5 - PP6	57	#4/0	107.2	0.0094	0.0119	0.0126	8.33 E-07	3.9 E-06	0.0119
PP6 - PP9	80	#4/0	107.2	0.0131	0.0167	0.0090	4.23 E-07	1.98 E-06	0.0167
PP9 - SWG3	5	#4/0	107.2	0.0008	0.0010	0.1442	1.08 E-04	0.000507	0.0010
PP6 - PP10	34.2	#1/0	53.48	0.0112	0.0143	0.0105	5.76 E-07	2.7 E-06	0.0143
PP6 - PPS4	154	#1/0	53.48	0.0506	0.0646	0.0023	2.84 E-08	1.33 E-07	0.0646
PPS4 - PP15	24	#1/0	53.48	0.0079	0.0101	0.0150	1.17 E-06	5.48 E-06	0.0101
PP15 - PPS5	31	#1/0	53.48	0.0102	0.0130	0.0116	7.01 E-07	3.28 E-06	0.0130
PP15 - PPS6	140	#1/0	53.48	0.0460	0.0587	0.0026	3.44 E-08	1.61 E-07	0.0587
PPS6 - PP20	126	#1/0	53.48	0.0414	0.0528	0.0029	4.24 E-08	1.99 E-07	0.0528
PP20 - PPS7	32	#1/0	53.48	0.0105	0.0134	0.0112	6.58 E-07	3.08 E-06	0.0134
PP20 - PPS8	85	#1/0	53.48	0.0280	0.0356	0.0042	9.32 E-08	4.37 E-07	0.0356
PP20 - PP24	144	#1/0	53.48	0.0474	0.0604	0.0025	3.25 E-08	1.52 E-07	0.0604

PP24 - PPS9	14	#1/0	53.48	0.0046	0.0059	0.0257	3.44 E-06	1.61 E-05	0.0059
PP24 - PPS11	34	#1/0	53.48	0.0112	0.0143	0.0106	5.83 E-07	2.73 E-06	0.0143
PPS11 - PPS12	95	#1/0	53.48	0.0312	0.0398	0.0038	7.47 E-08	3.5 E-07	0.0398
PPS12 - PPS13	22	#1/0	53.48	0.0072	0.0092	0.0163	1.39 E-06	6.52 E-06	0.0092
PPS12 - PP28	94	#1/0	53.48	0.0309	0.0394	0.0038	7.62 E-08	3.57 E-07	0.0394
PP28 - PP1 (SWG1)	36	#1/0	53.48	0.0118	0.0151	0.0100	5.20 E-07	2.43 E-06	0.0151

*Tabla 56: Resumen de la resistencia a la corriente alterna.*

## 2.11.2 Cálculo de Impedancia de Secuencia Positiva y Cero

### Cálculo de Impedancia de Secuencia Positiva

Para realizar el cálculo de la reactancia inductiva del cable XLPE, se ocupará la siguiente ecuación. Donde se calcula la inductancia posteriormente la reactancia.

$$L = 0.0152 + 0.061 * \ln\left(\frac{k * s}{r_c}\right) \quad \left[\frac{mH}{1000ft}\right]$$

$$X = 2\pi * f * \frac{L}{1000} \quad \left[\frac{\Omega}{1000ft}\right]$$

Donde:

$L$ : Inductancia del cable XLPE en  $\frac{mH}{1000ft}$

$K=1$ , para formación triplexada

$s$ : Distancia entre centros de los conductores

$r_c$ : Radio del conductor

$X$ : Reactancia del Cable XLPE

$f$ : Frecuencia en Hz

En la siguiente ilustración se muestra como es la formación triplexada para los cables.

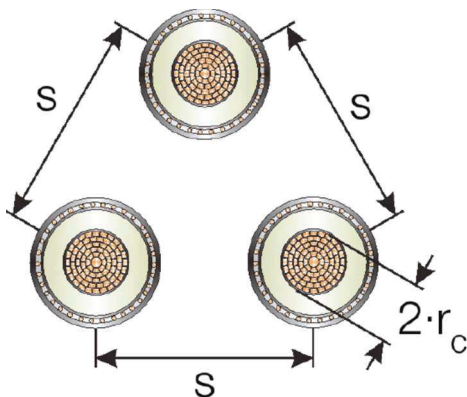


Ilustración 144: Configuración triplexada de cableado.

Por lo tanto, con las ecuaciones anteriores se encuentra la impedancia del cable para los tramos deseados, utilizando la ecuación vista en el apartado 2.11.1 la cual es:

$$Z = R + jX_L \text{ } [\Omega]$$

En la Tabla 58 se muestra las impedancias que se calcularon para los tramos que componen el sistema de distribución eléctrica subterránea de la Facultad de Agronomía utilizando las fórmulas antes expuestas.

### **Cálculo de Reactancia de Secuencia Cero**

La corriente de secuencia cero se presenta cuando hay desbalance de carga en un sistema (lo cual es común en la práctica), siendo esto indiferente si el sistema es monofásico o trifásico.

Cuando existe circulación de corriente de secuencia cero y dependiendo del arreglo, esta tendrá trayectorias bien definidas de circulación. En la práctica se dan tres posibles arreglos:

1. El retorno se efectúe por ambos caminos, forro metálico y tierra
2. El regreso se efectúe únicamente por el forro metálico.
3. El regreso de corrientes de secuencia cero se haga únicamente por tierra, como es el caso donde los forros metálicos están aislados de tierra o bien, no tengan forro.

En cada uno de los casos anteriores, la corriente encontrará determinadas impedancias, como son la resistencia a la corriente alterna del conductor, resistencia que presenta la tierra y cubierta, además el efecto de las corrientes en el conductor, forro y tierra, agregan inductancias mutuas.

Para el cableado primario de la red de distribución subterránea, se utilizará cable monopolar con forro metálico.

La ilustración se muestra un circuito real equivalente para cables unipolares, dentro de un circuito trifásico perfectamente transpuesto donde sus forros están sólidamente unidos a tierra.

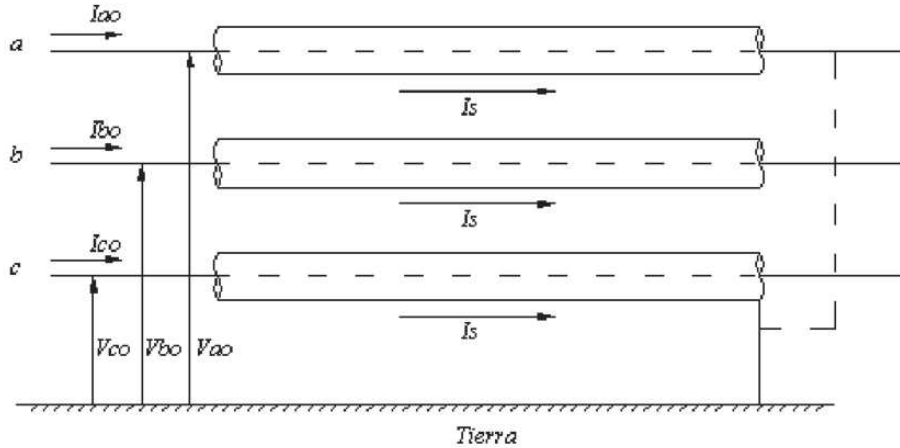


Ilustración 145: Circuito equivalente para cables unipolares.

Las ecuaciones para el cálculo de la impedancia de secuencia cero para cables unipolares, se muestran a continuación:

$$Z_c = R_c + R_e + j * 0.5209 * \log \frac{100 * D_e}{RMG_{3C}} \left[ \frac{\Omega}{Km} \right] \text{ Por Fase}$$

Donde:

$$X_e = 0.5209 * \log \frac{D_e}{0.3048} \left[ \frac{\Omega}{Km} \right]$$

$$X_d = 0.1736 * \log \frac{DMG_{3C}}{30.48} \left[ \frac{\Omega}{Km} \right]$$

$$RMG_{3C} = \sqrt[3]{RMG_{1C} * (DMG_{3C})^2}$$

$$RMG_{1C} = D_c + \frac{D_c}{2}$$

$$DMG_{3C} = \sqrt[3]{S_{ab} * S_{bc} * S_{ca}}$$

$C_c$ : Impedancia del conductor

$R_c$ : Resistencia a la corriente alterna de un conductor  $\Omega/Km$

$R_e$ : Resistencia equivalente de la tierra  $\Omega/Km$

$D_e$ : Profundidad equivalente de la trayectoria de regreso por tierra

$RMG_{3C}$ : Radio medio geométrico de los tres cables tomados como grupo

$X_a$ : Reactancia de un conductor de fase individual a 12 pulgadas de separación  $\Omega/Km$



$X_e$ : Reactancia del regreso a tierra

$X_d$ : Reactancia Síncrona

$RMG_{1C}$ : Radio medio geométrico de un conductor

$DMG_{3C}$ : Distancia media geométrica de los conductores

$D_c$ : Diámetro del Conductor

Los valores de Profundidad equivalente de retorno por tierra ( $D_e$ ) y resistencia equivalente de tierra ( $R_e$ ) se obtienen de la siguiente Tabla utilizando el valor de resistividad del suelo 100 ohm/metros la cual está dada para una frecuencia de 60 Hz.

Resistividad del Suelo [ $\Omega$ - m]	Profundidad Equivalente del Retorno de Tierra ( $D_e$ ) [m]	Resistencia Equivalente de Tierra ( $R_e$ ) [ $\Omega$ /Km]	Reactancia Equivalente de Tierra ( $X_e$ ) [ $\Omega$ /Km]
1	$8.53 \times 10^1$	0.178	1.27
5	$1.89 \times 10^2$	0.178	1.45
10	$2.69 \times 10^2$	0.178	1.54
50	$6.10 \times 10^2$	0.178	1.72
100	$8.53 \times 10^2$	0.178	1.80
500	$1.89 \times 10^3$	0.178	1.98
1000	$2.69 \times 10^3$	0.178	2.06
5000	$6.10 \times 10^3$	0.178	2.24
10000	$8.53 \times 10^3$	0.178	2.32

Tabla 57: Reactancia equivalente de tierra.

De igual manera se ocupan las fórmulas anteriores para el Forro o Pantalla como se muestran a Continuación.

$$Z_p = R_p + R_e + j * 0.5209 * \log \frac{100 * D_e}{RMG_{3P}} \left[ \frac{\Omega}{Km} \right] \text{ Por Fase}$$

Donde:

$$X_p = 0.17361 * \log \frac{60.96}{r_0 + r_i} \left[ \frac{\Omega}{Km} \right]$$

$$R_p = \frac{0.8019}{(r_0 + r_i) * (r_0 - r_i)}$$

$$RMG_{3P} = \sqrt[3]{\frac{r_0 + r_i}{2} * (DMG_{3C})^2}$$

$Z_p$ : Impedancia de la pantalla

$R_p$ : Resistencia a la corriente alterna de la pantalla  $\Omega/Km$

$X_p$ : Reactancia de la pantalla  $\Omega/Km$

$DMG_{3P}$ : Distancia media geométrica entre las pantallas de los conductores

$r_0$ : radio externo de la pantalla

$r_i$ : radio interno de la pantalla

Para el cálculo de la impedancia también se tiene:

$$Z_m = R_e + j * 0.5209 * \log \frac{100 * D_e}{DMG_{3C-3P}} \left[ \frac{\Omega}{Km} \right] \text{ Por Fase}$$

$$DMG_{3C-3P} = \sqrt[3]{\frac{r_0 + r_i}{2} * (DMG_{3C})^6} * \sqrt[3]{\frac{r_0 + r_i}{2} * (DMG_{3C})^2}$$

Donde:

$Z_m$ : Impedancia de la malla

$DMG_{3C-3P}$ : Distancia media geométrica entre forros y conductores

Para el cálculo de la impedancia de secuencia cero, se pueden presentar tres casos.

**Caso 1:** Cuando la corriente regresa por el forro y la tierra en paralelo

$$Z_0 = Z_C - \frac{Z_m^2}{Z_p} \left[ \frac{\Omega}{Km} \right] \text{ Por Fase}$$

**Caso 2:** Cuando la corriente regresa únicamente por cubierta metálica

$$Z_0 = Z_C + Z_p - 2Z_m \left[ \frac{\Omega}{Km} \right] \text{ Por Fase}$$

$$Z_0 = Z_C + R_P + j * 0.5209 * \log \frac{RMG_{3S}}{RMG_{3C}} \left[ \frac{\Omega}{Km} \right] \text{ Por Fase}$$

$$Z_0 = R_C + R_P + j(X_a - X_p) \left[ \frac{\Omega}{Km} \right] \text{ Por Fase}$$

**Caso 3:** Regreso de corrientes únicamente por tierra.

$$Z_0 = (Z_C - Z_m) + Z_m = Z_C \left[ \frac{\Omega}{Km} \right] \text{ Por Fase}$$

En el diseño se usará el Caso 1, por lo que el desarrollo se realizará de acuerdo a la ecuación que se describe para este caso. Los resultados detallados para cada tramo de la red se presentan en la Tabla 58.

Tramo	Longitud (m)	Conductor	Z (Ohm)	Zo (Ohm)
PP1 (SWG1) - PPS1	49	#4/0	0.0102+0.0076j	0.1426+1.8733j
PPS1 - PPS2	36.3	#4/0	0.0076+0.0058j	0.14+1.8733j
PPS2 - PP5	115	#4/0	0.0241+0.0184j	0.1565+1.8733j
PP5 - PP6	57	#4/0	0.0119+0.0091j	0.1443+1.8733j
PP6 - PP9	80	#4/0	0.0167+0.0128j	0.1491+1.8733j
PP9 - SWG3	5	#4/0	0.001+0.0008j	0.1334+1.8733j
PP6 - PP10	34.2	#1/0	0.0143+0.0061j	0.1729+1.8412j
PP6 - PPS4	154	#1/0	0.0646+0.0274j	0.2232+1.8412j
PPS4 - PP15	24	#1/0	0.0101+0.0043j	0.1687+1.8412j
PP15 - PPS5	31	#1/0	0.013+0.0055j	0.1716+1.8412j
PP15 - PPS6	140	#1/0	0.0587+0.0249j	0.2173+1.8412j
PPS6 - PP20	126	#1/0	0.0528+0.0224j	0.2114+1.8412j
PP20 - PPS7	32	#1/0	0.0134+0.0057j	0.172+1.8412j
PP20 - PPS8	85	#1/0	0.0356+0.0151j	0.1942+1.8412j
PP20 - PP24	144	#1/0	0.0604+0.0256j	0.219+1.8412j
PP24 - PPS9	14	#1/0	0.0059+0.0025j	0.1645+1.8412j
PP24 - PPS11	34	#1/0	0.0143+0.006j	0.1729+1.8412j
PPS11 - PPS12	95	#1/0	0.0398+0.0169j	0.1984+1.8412j
PPS12 - PPS13	22	#1/0	0.0092+0.0039j	0.1678+1.8412j
PPS12 - PP28	94	#1/0	0.0394+0.0167j	0.198+1.8412j
PP28 - PP1 (SWG1)	36	#1/0	0.0151+0.0064j	0.1737+1.8412j

Tabla 58: Resultados para cada tramo de la red previo al análisis de cortocircuito.

### 2.11.3 Análisis de Cortocircuito

Por medio del estudio de fallas en los circuitos eléctricos es posible determinar las corrientes de cortocircuito, las cuales representan un riesgo tanto para los equipos que se operan en el momento de la falla, como para los operarios.

Un estudio de coordinación es el proceso por medio del cual se determinan las características y ajustes óptimos de los elementos de protección de un sistema eléctrico, con el fin de que los ajustes elegidos sean los mejores para así obtener interrupciones de la mínima parte del sistema durante condiciones de falla.

Para esto se utiliza el programa ETAP el cual es una herramienta de análisis y control para el diseño, simulación y operación de sistemas de potencia eléctricos de generación, distribución e industriales. Para el presente diseño se utilizó la versión 12.6.0, específicamente se aprovechó para la realización del análisis de cortocircuito en cada tramo de media tensión.

Primero se ingresan los parámetros del punto de entrega de la red en anillo, los cuales se muestran a continuación:

Power Grid Editor - PUNTO DE ENTREGA

Info Rating Short Circuit Harmonic Reliability Energy Price Remarks Comment

23 kV Swing

Grounding

SC Rating

	MVAAsc	MVAAsc	X/R	kAsc
3-Phase	216.435		15	5.433
1-Phase	216.435	72.145	15	5.433

sqrt(3)Vl If      Vl If

SC Impedance (100 MVAb)

	% R	% X
Pos.	3.07339	46.1009
Neg.	3.07339	46.1009
Zero	3.07339	46.1009

Ilustración 146: Parámetros de la red ingresados a ETAP para la simulación.

Luego se ingresan los valores de los transformadores, las impedancias positivas y de secuencia cero de los cables por tramos con sus respectivas distancias, los valores de los Circuit Breaker, Fusibles y Recloser, y también los Derivadores. El esquema final de la red en anillo se muestra en la Ilustración 147.

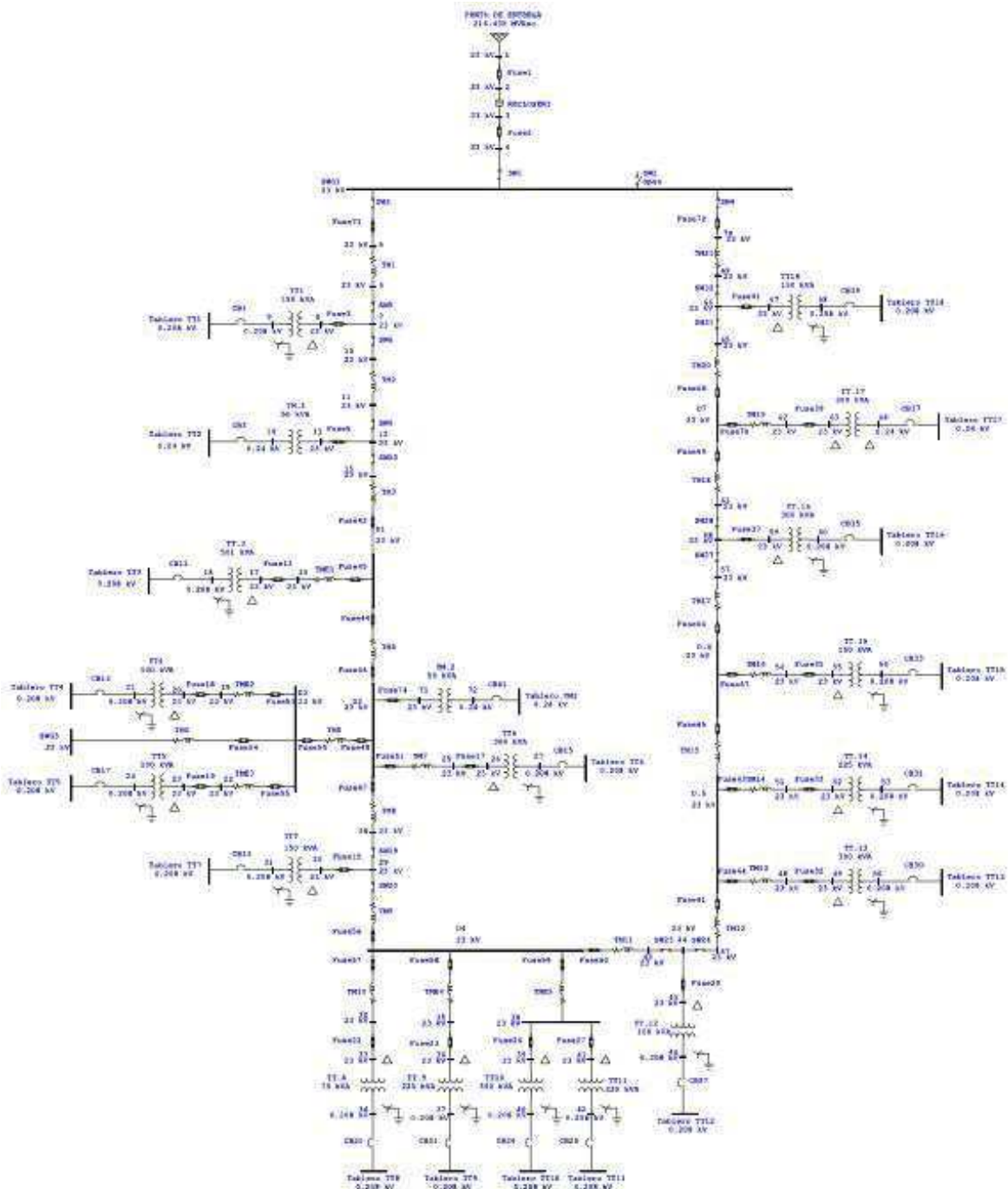


Ilustración 147: Esquema completo de la red eléctrica subterránea en anillo simulada en ETAP.

Como se muestra en la Ilustración 147 se tienen todos los elementos que comprenden la red subterránea en anillo de igual manera las conexiones de los transformadores. Luego de esto se procede a obtener los valores de cortocircuito del sistema primario y secundario.

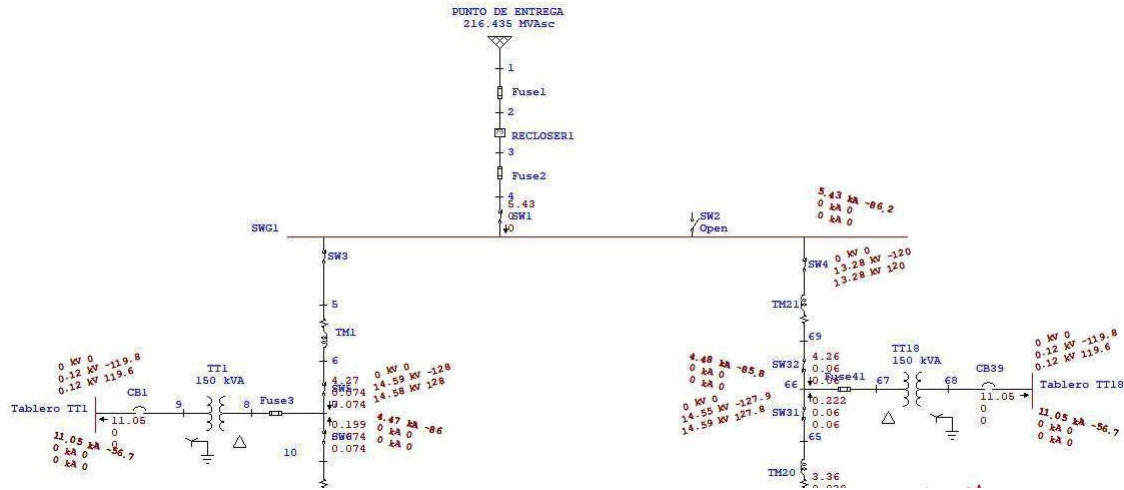


Ilustración 148: Falla de línea a tierra.

En la Ilustración anterior se muestra el estudio de corto circuitos del sistema para el caso de falla de línea a tierra, solo se muestra un tramo del anillo.

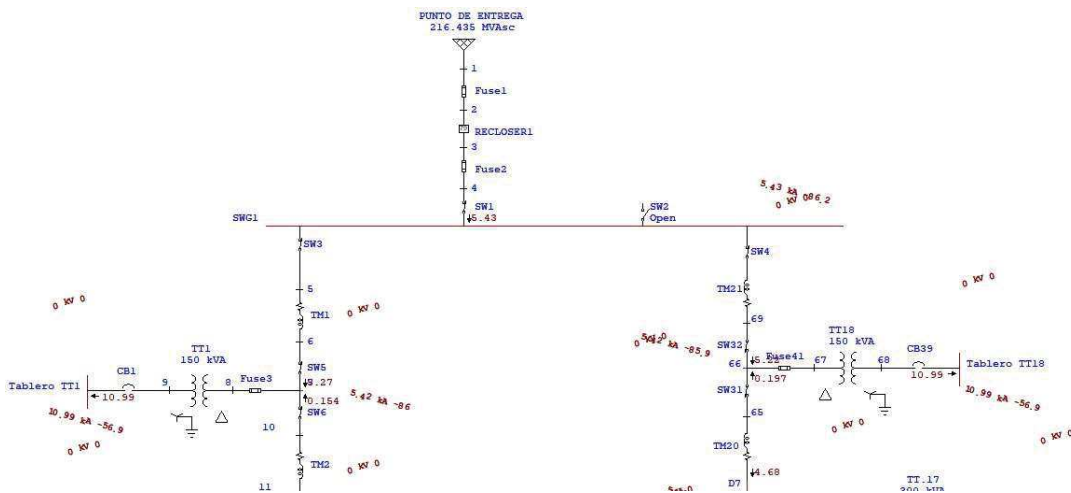


Ilustración 149: Falla de línea trifásica.

En esta ilustración se observa el estudio de corto circuito del sistema para el caso de falla Trifásica, en este se muestra solo un tramo del anillo.

A modo de resumen se muestran en la Tabla 59 todas las corrientes de cortocircuito obtenidas luego de la simulación, estas nos serán de utilidad a la hora de seleccionar los equipos de protección para cada punto del sistema.

### 2.11.3.1 Tabla Resumen de Estudio de Cortocircuito

Equipo	Primario (kA)	Secundario (kA)
SWG1	5.43	---
TT1	5.42	11.05
TM1	5.41	3.22
D1	5.37	---
TT2	5.36	35.93
TM2	5.36	17.19
D2	5.36	---
D3	5.33	---
SWG3	5.33	---
TT3	5.31	7.39
TT4	5.32	7.39
TT5	5.35	21.84
TT6	5.33	11.05
D4	5.33	---
TT7	5.32	5.56
TT8	5.32	16.47
TT9	5.32	21.84
TT10	5.32	16.47
TT11	5.32	8.35
D5	5.33	---
TT12	5.31	21.84
TT13	5.29	16.47
D6	5.35	---
TT14	5.35	11.05
TT15	5.36	21.84
D7	5.39	---
TT16	5.38	18.72
TT17	5.42	11.05

Tabla 59: Resumen del estudio de Cortocircuito.

En esta tabla se muestran los valores máximos del estudio de cortocircuito obtenidas en la simulación evaluando en diferentes tipos de fallas ya sea trifásica, de línea-línea, línea-tierra, línea-línea-tierra.

### 2.11.3.2 Protecciones para los Transformadores

Luego de conocer las corrientes de cortocircuito se debe elegir las capacidades de los elementos encargados de proteger el circuito eléctrico, en la Ilustración 150 se presentan las curvas para el Circuit Breaker y el Fusible que protegerán al TT1.

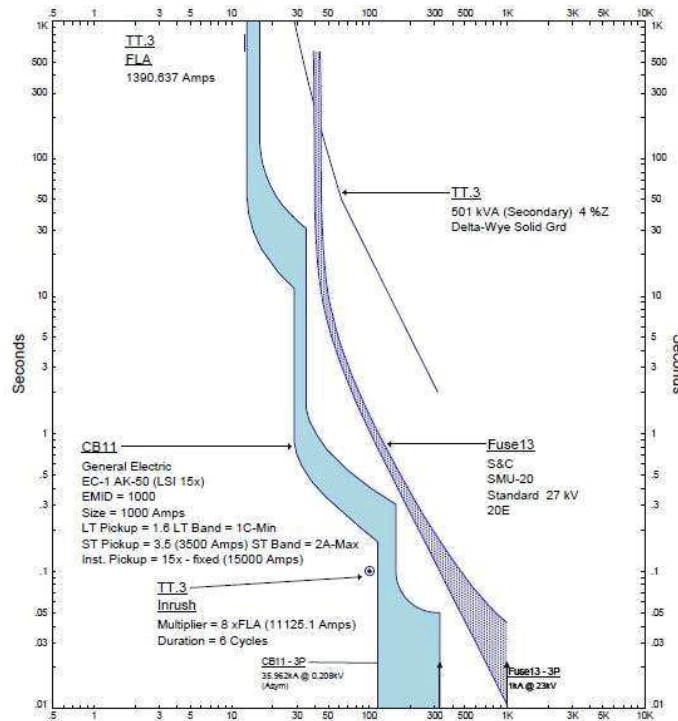


Ilustración 150: Curvas de las protecciones aguas arriba y aguas abajo del transformador.

Como se observa, se logró una buena coordinación entre los dos dispositivos, puesto que el primero en actuar ante una falla es el Circuit Breaker del lado de baja para luego actuar el Fusible en el lado de alta al persistir la falla, en la siguiente ilustración se muestra la secuencia de operación de ambos elementos.

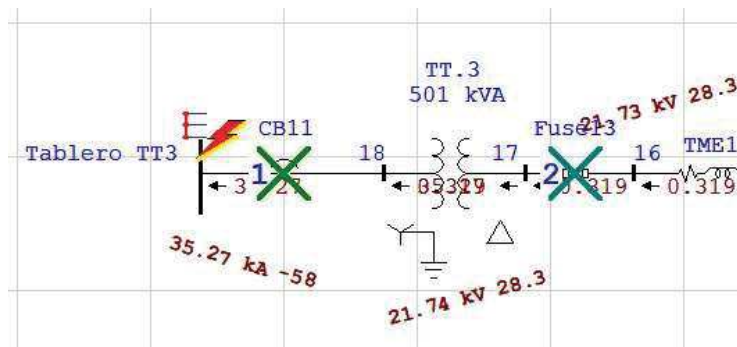


Ilustración 151: Resultados de la secuencia de disparo de las protecciones.

Este mismo procedimiento se utiliza a la hora de simular las otras protecciones de todos los transformadores que formaran parte de la red eléctrica subterránea.



### 2.11.3.3 Protecciones en los Derivadores

Para este punto del sistema se tienen tres protecciones, el Circuit Breaker que protege el lado de baja del Transformador, en el lado de alta se tiene el Fusible que protege al transformador, luego se tiene el Tramo de línea el cual llegara al Derivador el conductor tiene un Codo con Fusible para la conexión a dicho derivador, esta protección se dejó con el fin de que despeje fallas que no hayan sido vistas por el Fusible de alta del transformador o fallas en la línea y de este modo no se propague aguas arriba de la red. Las curvas de disparo para los dispositivos de Protección del ramal se muestran en la Ilustración 152.

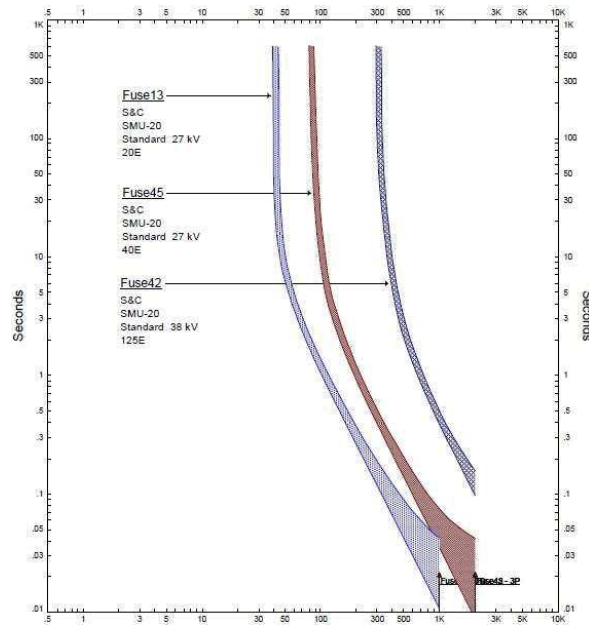


Ilustración 152: Curva de los fusibles de protección en los derivadores con limitadores de sobre corriente.

Como se observa, se logró una buena coordinación entre los dos dispositivos, puesto que el primero en actuar ante una falla es el Fusible 13 en el lado de alta, luego el Fusible 45 después del tramo de línea y por último el Fusible 42 al persistir la falla, en la siguiente ilustración se muestra la secuencia de operación de los elementos y su ubicación.

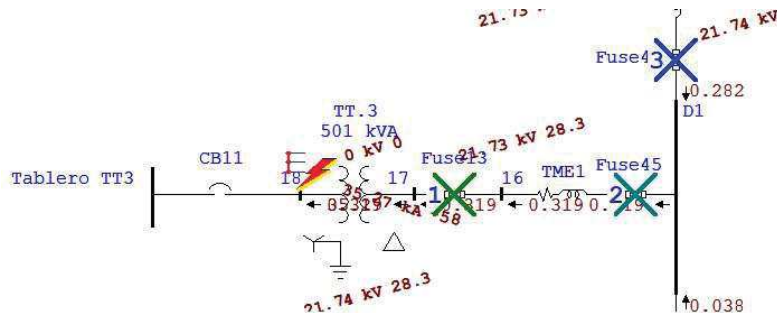


Ilustración 153: Secuencia de disparo de los fusibles de protección de los derivadores.

Este mismo procedimiento se utiliza a la hora de simular las otras protecciones de los derivadores.

### 2.11.3.4 Coordinación entre Fusibles Limitadores de Corriente y Recloser.

El propósito de este apartado es mostrar la coordinación que tendrán los Fusibles Limitadores de Corriente con las protecciones que trae instaladas en el SwitchGear. Como ejemplo se presenta la secuencia que tendrá el Fusible limitador de corriente en el TT1 con las protecciones del SWG1. De igual manera se presentan la coordinación con el Recloser ABB que se tiene disponible en la Acometida y sus respectivas protecciones.

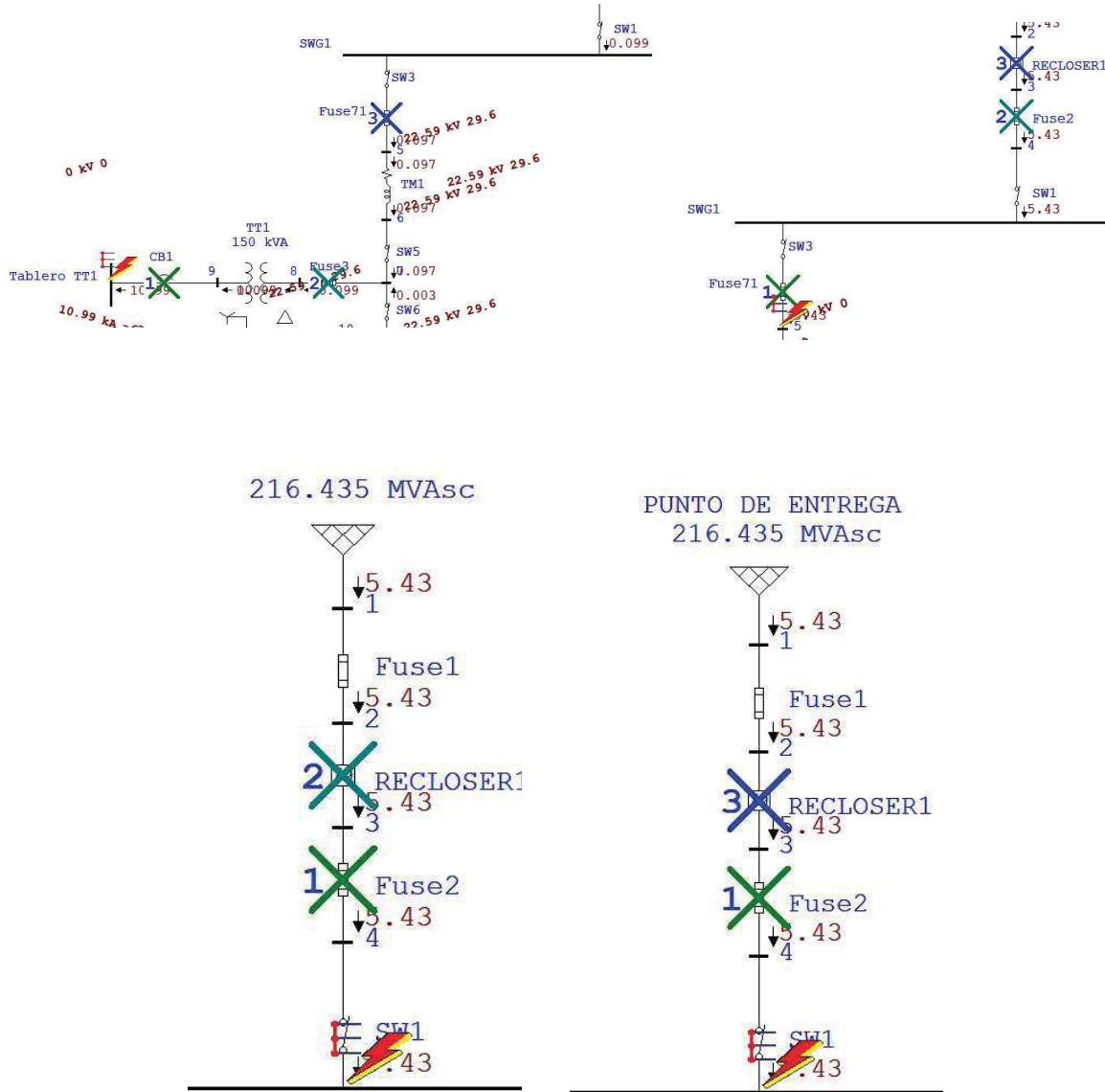


Ilustración 154: Secuencias de disparo.

PUNTO DE ENTREGA  
216.435 MVA<sub>sc</sub>

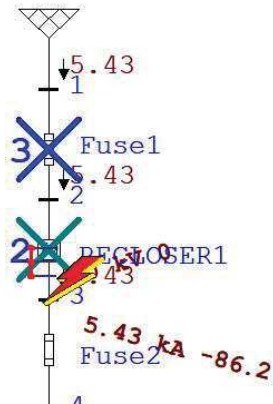


Ilustración 155: Secuencia de disparo en una falla entre el fusible antes del recloser.

Como se observa en las ilustraciones anteriores se ve la secuencia que sigue la falla al ocasionarse en la línea de entrada del SWG1 abriendo primero la protección que tiene el SwitchGear luego se la que se encuentra antes del recloser, después el recloser actúa dos veces para por último irse la que está a la entrada del recloser.

Las curvas de coordinación para estos dispositivos nos muestran la coordinación que existirá entre ellos.

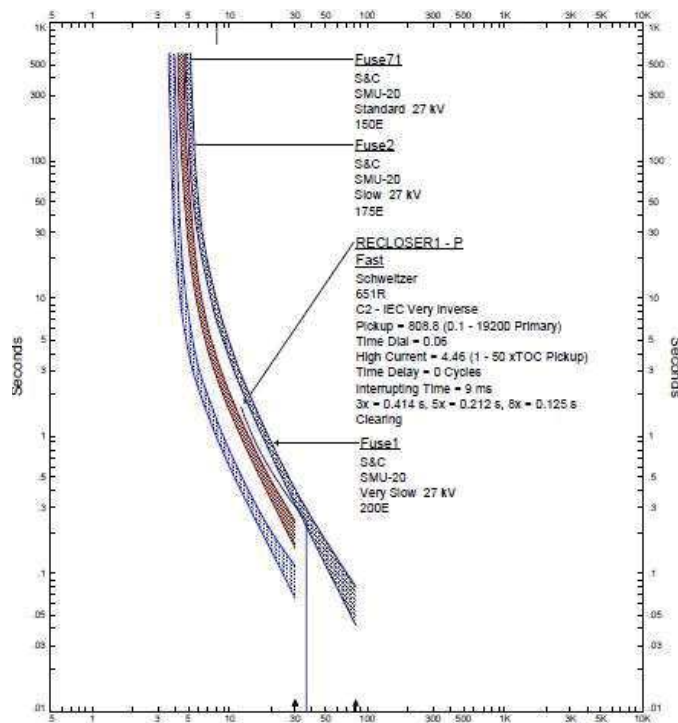


Ilustración 156: Curvas de disparo del recloser y los fusibles de protección.

## 2.12 Diseño de Red de Tierra

En esta sección se trata el diseño de la red de tierra para cada subestación que comprende el diseño en la presente tesis. Para los cálculos y criterios a tomar en cuenta en la red de tierra nos basaremos en dos normativas, la primera es la “IEEE Recommended Practice For Grounding of Industrial and Commercial Power Systems” y la segunda corresponde a la norma de la SIGET llamada “Normas Técnicas de Diseño, Seguridad y Operación de Las Instalaciones de Distribución Eléctrica” publicada en junio del año 2000.

Según la normativa IEEE para encontrar la resistencia de un electrodo de puesta a tierra tipo barra se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \left( \frac{4L}{d} \right) - 1 \right)$$

*Donde:*

*R: Valor de la resistencia en Ohms.*

*$\rho$ : Resistividad del terreno en Ohms-m.*

*d: Diámetro de la barra en m.*

*L: Longitud de la barra en m.*

Con las aclaraciones anteriores tenemos que para este diseño se utilizaran varillas de 5/8” y de 10’ de largo, además de una resistividad del terreno de 100  $\Omega$ -m, por lo cual ya se puede calcular la resistencia de cada barra:

$$R = \frac{100}{2\pi(3)} \left( \ln \left( \frac{4(3)}{0.015875} \right) - 1 \right) = 29.8570 \Omega$$

Como se puede observar el resultado obtenido es de 29.86  $\Omega$ , pero según el artículo 64 de la normativa de la SIGET antes mencionada en el apartado 64.3 para sistemas subterráneos el valor mínimo admisible y recomendado es de 5 $\Omega$ , por lo cual se utilizará un método para calcular el número de varillas que se deben colocar en paralelo para llegar al valor de resistencia requerido aplicando la siguiente formula:

$$R_n = \frac{R}{n} (2 - e^{-0.17(n-1)})$$

Para llegar al valor recomendado por la normativa de  $5 \Omega$ , es necesario utilizar 12 varillas ya que esto reduciría hasta un valor de  $4.6 \Omega$  el valor de resistencia, y como se puede apreciar este valor ya entra dentro del rango de valor recomendado de la red de tierra:

$$R_n = \frac{R}{n} (2 - e^{-0.17(n-1)})$$

$$R_n = \frac{29.85}{12} (2 - e^{-0.17(12-1)})$$

$$R_n = 4.6 \Omega$$

Ahora bien, se recomienda para mejorar la capacidad de la red de tierra de cada subestación, conectarla a la estructura base metálica de la edificación más cercana.

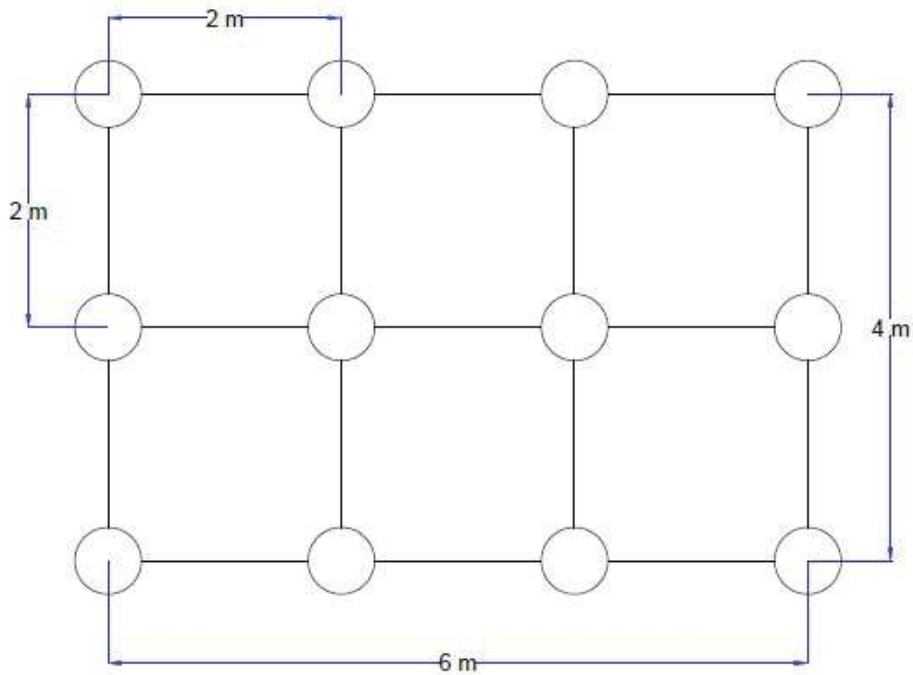
Para determinar el calibre del conductor de puesta a tierra se usará la tabla 250.66 del NEC 2008, la cual nos brinda el calibre del conductor del electrodo de la puesta a tierra a utilizar:

**Tabla 250.66 Conductor del electrodo de puesta a tierra para sistemas de corriente alterna**

Calibre del mayor conductor no puesto a tierra de entrada de la acometida, o área equivalente para conductores en paralelo <sup>a</sup> (AWG/kcmil)		Calibre del conductor del electrodo de puesta a tierra (AWG/kcmil)	
Cobre	Aluminio o aluminio recubierto de cobre	Cobre	Aluminio o aluminio recubierto de cobre <sup>b</sup>
2 o menor	1/0 o menor	8	6
1 ó 1/0	2/0 ó 3/0	6	4
2/0 ó 3/0	4/0 ó 250	4	2
Más de 3/0 hasta 350	Más de 250 hasta 500	2	1/0
Más de 350 hasta 600	Más de 500 hasta 900	1/0	3/0
Más de 600 hasta 1 100	Más de 900 hasta 1 750	2/0	4/0
Más de 1100	Más de 1 750	3/0	250

Tabla 60: Tabla del NEC para seleccionar el calibre del conductor de la red de tierra.

Ahora bien, para el proceso de construcción, se recomienda la siguiente configuración que se muestra a continuación:



*Ilustración 157: Configuración S9 a utilizar para la red de tierra utilizando el artículo 250 del NEC 2008.*

En donde se puede observar la configuración de 4 x 3 con barras de 5/8" de 3 metros de largo, con una separación entre barra de 2 m conectadas entre sí mediante soldadura exotérmica a una profundidad de 1 m cada barra. Lo anterior basado en el artículo 250 del NEC edición 2008 que trata sobre la Puesta a Tierra y Unión, además de ello en la sección 53 del mismo artículo, que trata sobre la instalación del electrodo de puesta a tierra, en el cual se menciona en el inciso B acerca de la separación mínima para la instalación de más de 1 electrodo en paralelo, la cual debe de ser al menos 6 pies, es decir 1.83 m.

## 2.13 Presupuesto

Línea de Distribución Eléctrica Subterránea de la Facultad de Ciencias Agronómicas								
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	P.U. Material (\$)	P.U. Mano de Obra (\$)	P.U. Admón. (\$)	P.U. (\$)	P.T. (\$)
<b>1</b>	<b>Obra civil y Tendido de Cable</b>							
1.1	Suministro e Instalación de Canalización de Tramo Troncal en tubería PVC de 6" grado eléctrico DB-60, más una tubería de 6" DB-60 de reserva y 2 tubería de PVC grado eléctrico DB-60 de 2" para línea de datos, recubiertas en lodocreto, con separadores cada 3 metros, 3 cables XLPE-TR #4/0 + 1 cable RHW-2 para polarización, debidamente señalizados. La zanja tendrá un ancho de 0.7 m y una profundidad de 1.25 m, todo debidamente señalado con la cinta de Precaución. Ver Plano de Canalización.	350	m	\$ 201.07	\$ 25.55	\$ 90.12	\$ 316.74	\$ 110,859.00
1.2	Suministro e Instalación de Canalización para distribución configuración anillo, compuesta por dos tuberías de 6" PVC DB-60 y una tubería de PVC grado eléctrico DB-60 de 2" para línea de datos, cubiertas con lodocreto, con separadores de tubo cada 3 metros, 3 cables XLPE 25 kV #1/0 + 1 cable RHW-2 #1/0 para polarización, debidamente señalizados. La zanja tendrá un ancho de 0.7 m y 1.25 m de profundidad, todo debidamente señalado con la cinta de Precaución. Ver Plano de Canalización.	1070	m	\$ 208.03	\$ 25.55	\$ 71.56	\$ 305.14	\$ 326,499.80

<b>1.3</b>	Suministro e Instalación de Pozos de Paso (Cuyas dimensiones se presentan en los planos anexos), tapadera de lámina lagrimada seccionada, el fondo con una capa de grava #2 como drenaje natural, paredes hechas con ladrillo, las paredes deben tener un acabado liso, estructura de soporte para cables y una escalaria.	25	U	\$ 917.45	\$ 200.00	\$ 456.11	\$ 1,573.56	\$ 39,339.00
<b>1.4</b>	Suministro e Instalación de Pozos para instalar derivadores de 4, 5 o 6 Vías dependiendo del tramo en cuestión. El pozo tendrá dimensiones que se presentan en los planos Anexados, tapaderas de lámina lagrimada seccionada, paredes hechas con ladrillo, las paredes deben tener un acabado liso, estructura de soportes para cables, una escalaria y en el fondo tendrá una capa de grava #2 como drenaje natural.	7	U	\$ 2,800.00	\$ 300.00	\$ 1,041.25	\$ 4,141.25	\$ 28,988.75
<b>1.5</b>	Suministro e Instalación de Pozo de registro para transformadores Pad-Mounted con dimensiones descritas en Planos Anexos, con un hueco para subir con la tubería y dejar la mecha de conexión para el transformador. Las paredes del pozo serán de ladrillo y deberán tener acabado liso de concreto, escalaria, estructura de soportes para cables, 3 tapaderas de lámina lagrimada seccionada. La tubería para cable primario y de reserva debe quedar a 1 m de profundidad y la del cable secundario y de reserva a 0.75 metros de profundidad.	20	U	\$ 1,032.32	\$ 250.00	\$ 803.21	\$ 2,085.53	\$ 41,710.60
<b>1.6</b>	Suministro e Instalación de Bases para equipos pedestal hechas con concreto de F'c= 210 Kg/cm2, reforzado con varilla de hierro #3,	20	U	\$ 420.00	\$ 150.00	\$ 199.50	\$ 769.50	\$ 15,390.00



	pernos de anclaje grado 60, rodeada de una franja de grava con 50 cm ancho y 20 de profundidad conectado a un pozo impermeabilizado (0.6 x 0.6 x 0.6 m) con tubería de 1" TMG o acero al carbón. La base debe instalarse en suelo compactado.							
1.7	Suministro e Instalación de Pozos Secundarios (Cuyas dimensiones se presentan en los planos Anexos), tapadera de lámina lagrimada seccionada, el fondo con una capa de grava #2 como drenaje natural, paredes hechas con ladrillo, deben tener un acabado liso, estructura de soporte para cables y una escalaria.	3	U	\$ 917.45	\$ 100.00	\$ 356.11	\$ 1,373.56	\$ 4,120.67
<b>2</b>	<b>Equipo e Instalación de Red Primaria</b>							
2.1	Suministro e Instalación de la Conexión de Acometida Aéreo-Subterránea existente, compuesta por una estructura de remate de una línea trifásica de 12.6 metros; formada por cable ACSR #1/0, cuya medición primaria en el punto de entrega se tiene existente, con Recloser ABB y protecciones por fase de 200 A con su respectivo limitador de corriente, todo instalado en un poste de concreto de 40 ft existente.	1	S.G	\$ 250.00	\$ 200.00	\$ 350.00	\$ 800.00	\$ 800.00
2.2	Suministro e Instalación de Switchgear S&C Modelo PMH-9 con Operación Remota, Tipo Pad-Mounted, con equipo de semi automáticos compuestos por sensores de corriente y tensión, moto operadores para dos vías con su respectivo módulo de control. Interruptores de falla tripolares de 12.5 kA. Con sistema interruptor Mini-Rupter y Uni-Rupter con Fault Filter, se	1	S.G	\$ 15,550.00	\$ 350.00	\$ 8,500.00	\$ 24,400.00	\$ 24,400.00

	deberá incluir el software para programación de curvas TCC.							
2.3	Suministro e Instalación de Convertidores de comunicación serial RS-232 a fibra óptica.	2	U	\$ 110.00	\$ 5.00	\$ 40.25	\$ 155.25	\$ 310.50
2.4	Suministro e instalación de cable de fibra óptica para exteriores, para comunicar equipo de control del SwitchGear 1 y 3 que es el que llevaría la Acometida de Agronomía.	350	m	\$ 14.00	\$ 5.00	\$ 6.65	\$ 25.65	\$ 8,977.50
2.5	Suministro e Instalación de Transformador Pad Mounted Monofásico de 50 kVA, 60 Hz, 13,2 kV, BIL 125 kV, lado de baja 240/120 V con BIL de 30 kV, frente muerto, con fusible tipo bayoneta de 3 A (con curva C05) y fusible limitador de corriente, 2 terminales tipo codo, conectores para baja tensión tipo espada con 4 agujeros, terminales para baja tensión. Se toma en cuenta la instalación, conexión en baja y media tensión.	2	U	\$ 3,250.00	\$ 230.00	\$ 1,218.00	\$ 4,698.00	\$ 9,396.00
2.6	Suministro e Instalación de Transformador Pad Mounted Trifásico de 75 kVA, 60 Hz, 23/13,2 kV, BIL de 125 kV, T "Blade" conexión en anillo, lado de baja 208/120 V con BIL de 30 kV, frente muerto, con fusible tipo bayoneta de 6 A (con curva C05) y fusible limitador de corriente, 6 terminales tipo codo, conectores para baja tensión tipo espada con 4 agujeros, terminales para baja tensión. Se toma en cuenta la instalación, conexión en baja y media tensión.	1	U	\$ 4,800.00	\$ 250.00	\$ 1,711.50	\$ 6,761.50	\$ 6,761.50
2.7	Suministro e Instalación de Transformador Pad Mounted Trifásico de 100 kVA, 60 Hz, 23/13,2 kV, BIL de 125 kV, T "Blade" conexión en anillo, lado de baja 208/120 V con BIL de 30 kV, frente	1	U	\$ 6,867.00	\$ 250.00	\$ 2,434.95	\$ 9,551.95	\$ 9,551.95

	muerto, con fusible tipo bayoneta de 6 A (con curva C08) y fusible limitador de corriente, 3 terminales tipo codo, conectores para baja tensión tipo espada con 4 agujeros, terminales para baja tensión. Se toma en cuenta la instalación, conexión en baja y media tensión.							
<b>2.8</b>	Suministro e Instalación de Transformador Pad Mounted Trifásico de 150 KVA, 60 Hz, 23/13,2 KV, BIL de 125 kV, T "Blade" conexión en anillo, lado de baja 208/120 V con BIL de 30 kV, frente muerto, con fusible tipo bayoneta de 12 A (con curva C05) y fusible limitador de corriente, 6 terminales tipo codo, conectores para baja tensión tipo espada con 4 agujeros, terminales para baja tensión. Se toma en cuenta la instalación, conexión en baja y media tensión.	4	U	\$ 7,300.00	\$ 250.00	\$ 2,586.50	\$ 10,136.50	\$ 40,546.00
<b>2.9</b>	Suministro e Instalación de Transformador Pad Mounted Trifásico de 300 KVA, 60 Hz, 23/13,2 KV, BIL de 125 kV, T "Blade" conexión en anillo, lado de baja 208/120 V con BIL de 30 kV, frente muerto, con fusible tipo bayoneta de 20 A (con curva C08) y fusible limitador de corriente, 6 terminales tipo codo, conectores para baja tensión tipo espada con 4 agujeros, terminales para baja tensión. Se toma en cuenta la instalación, conexión en baja y media tensión.	2	U	\$ 8,500.00	\$ 250.00	\$ 2,961.50	\$ 11,711.50	\$ 23,423.00
<b>2.10</b>	Desmontaje de medidores Shark 200-S, para su montaje en las nuevas subestaciones a instalar. En el caso de que se realice cambio de Transformador en esta de lo contrario se mantienen en su puesto.	9	U	\$ 1,250.00	\$ 30.00	\$ 630.52	\$ 1,910.52	\$ 17,194.68

2.11	Equipo de medición de diferentes parámetros eléctricos (tensión, corriente, potencia, energía, frecuencia entre otros) modelo Shark 200-S. Se incluye el módulo de medición, transductores y equipo de comunicación con central de datos. El equipo será instalado en el MAIN del tablero principal de cada edificio. Estos con sus respectivos Routers	11	U	\$ 2,006.48	\$ 30.00	\$ 820.77	\$ 2,857.25	\$ 31,429.75
2.12	Conjunto total de Derivadores (Datos de cantidades y valores de Amperaje se encuentran descritos en el apartado de Especificaciones de Equipos Subterráneos). En el pozo se instalarán 3 derivadores de 4, 5 o 6 Vías, con sus respectivos Conectores Tipo Codo con Portafusible, su fusible y accesorios para polarización.	1	S.G	\$ 61,500.00	\$ 4,500.00	\$ 5,600.00	\$ 71,600.00	\$ 71,600.00
<b>3</b>	<b>Equipo e Instalación de Red Secundaria</b>							
3.1	Suministro e Instalación de Tablero Secundario para Intemperie Marca Siemens Tipo S4 con interruptor general tipo MAIN de ABB T5 TMA 400A / 3P, más un Circuit Breaker de 175 A/3P, para el edificio administrativo de agronomía, más un Circuit Breaker de 80 A/3P para el edificio de Planta Piloto y un Circuit breaker de 90 A/3P para el Edificio del Laboratorio de Ciencias Naturales, todos los anteriores a 208/120V. El tablero general tendrá puerta, N-3R, con llave de seguridad y con Barras de 400 A. Este deberá llevar su respectivo alimentador y canalización correspondiente al transformador TT1, he incluirá la construcción de base de concreto para la instalación del tablero. AIC de 200 kA instalado.	1	S.G	\$ 2,100.00	\$ 350.00	\$ 675.00	\$ 3,125.00	\$ 3,125.00

<b>3.2</b>	Suministro e Instalación de Alimentador de TG de TT1 a TG Edificio Administrativo de Agronomía, con 3 #2/0 + 2 #1/0 THHN en tubería PVC de 2".	50	m	\$ 55.12	\$ 12.00	\$ 21.24	\$ 88.36	\$ 4,418.00
<b>3.3</b>	Suministro e Instalación de Alimentador de TG de TT1 a TG del Edificio de Planta Piloto, con 3 #2 + 2 #4 THHN en tubería PVC de 1 1/2".	70	m	\$ 60.24	\$ 12.00	\$ 21.24	\$ 93.48	\$ 6,543.60
<b>3.4</b>	Suministro e Instalación de Alimentador de TG de TT1 a TG del Edificio Laboratorio de Ciencias Naturales, con 3 #2 + 2 #4 THHN en tubería PVC de 1 1/2".	150	m	\$ 48.65	\$ 12.00	\$ 21.24	\$ 81.89	\$ 12,283.50
<b>3.5</b>	Suministro e Instalación de Tablero Secundario para Intemperie Marca Siemens Tipo S4 con interruptor general tipo de MAIN ABB T1 1P 160 A / 2P, más un Circuit Breaker de 40 A/2P para el edificio de Bodega de Agronomía, más un Circuit Breaker de 50A/2P para el Edificio de Computo de Agronomía, más un Circuit Breaker de 20A/2P para el Edificio de Ciencias Agronómicas, más un Circuit Breaker de 30A/2P para el Edificio de Bomba de Riego Área Verde, todos los anteriores a 240/120V. El tablero general tendrá puerta, N-3R, con llave de seguridad y con Barras de 400 A. Este deberá llevar su respectivo alimentador y canalización correspondiente al transformador TT2, he incluirá la construcción de base de concreto para la instalación del tablero. AIC de 200 kA instalado.	1	S.G	\$ 2,300.00	\$ 350.00	\$ 675.00	\$ 3,325.00	\$ 3,325.00
<b>3.6</b>	Suministro e Instalación de Alimentador de TG de TT2 a TG del Edificio de Bodega de Agronomía, con 2 #4 + 2 #6 THHN en tubería PVC de 1 1/2".	70	m	\$ 48.40	\$ 12.00	\$ 21.24	\$ 81.64	\$ 5,714.80

<b>3.7</b>	Suministro e Instalación de Alimentador de TG de TT2 a TG del Edificio de Computo de Agronomía, con 2 #4 + 2 #6 THHN en tubería PVC de 1 1/2".	30	m	\$ 48.40	\$ 12.00	\$ 21.24	\$ 81.64	\$ 2,449.20
<b>3.8</b>	Suministro e Instalación de Alimentador de TG de TT2 a TG del Edificio de Ciencias Agronómicas, con 2 #4 + 2 #6 THHN en tubería PVC de 1 1/2".	30	m	\$ 48.40	\$ 12.00	\$ 21.24	\$ 81.64	\$ 2,449.20
<b>3.9</b>	Suministro e Instalación de Alimentador de TG de TT2 a TG del Edificio de Bomba de Riego Área Verde, con 2 #4 + 2 #6 THHN en tubería PVC de 1 1/2".	51	m	\$ 46.40	\$ 12.00	\$ 21.24	\$ 79.64	\$ 4,061.64
<b>3.10</b>	Suministro e Instalación de Tablero Secundario para Intemperie Marca Siemens Tipo S4 con interruptor general tipo MAIN ABB T4 TMA 250A / 3P, más un Circuit Breaker de 50A/3P para el edificio del Taller de Obra de Banco, más un circuito breaker de 70A/3P del Edificio de Taller de Mecánica, más un Circuit Breaker de 20A/3P del Edificio de Bodega Frente a Talleres, más un Circuit Breaker de 70A/3P del Edificio de Taller, más un Circuit Breaker de 30A/3P de Luminarias Exteriores, todos los anteriores a 208/120V. El tablero general tendrá puerta, N-3R, con llave de seguridad y con Barras de 400 A. Este deberá llevar su respectivo alimentador y canalización correspondiente al transformador TT12, he incluirá la construcción de base de concreto para la instalación del tablero. AIC de 200 kA instalado.	1	S.G	\$ 2,400.00	\$ 350.00	\$ 675.00	\$ 3,425.00	\$ 3,425.00
<b>3.11</b>	Suministro e Instalación de Alimentador de TG de TT12 a TG del Edificio de Taller de Obra de	10	m	\$ 48.65	\$ 12.00	\$ 21.24	\$ 81.89	\$ 818.90

	Banco, con 3 #6 + 2 #8 THHN en tubería PVC de 1".							
<b>3.12</b>	Suministro e Instalación de Alimentador de TG de TT12 a TG del Edificio de Taller de Mecánica, con 3 #6 + 2 #8 THHN en tubería PVC de 1".	20	m	\$ 48.65	\$ 12.00	\$ 21.24	\$ 81.89	\$ 1,637.80
<b>3.13</b>	Suministro e Instalación de Alimentador de TG de TT12 a TG del Edificio de Bodega Frente a Talleres, con 3 #6 + 2 #8 THHN en tubería PVC de 1".	30	m	\$ 48.65	\$ 12.00	\$ 21.24	\$ 81.89	\$ 2,456.70
<b>3.14</b>	Suministro e Instalación de Alimentador de TG de TT12 a TG del Edificio de Taller, con 3 #6 + 2 #8 THHN en tubería PVC de 1".	20	m	\$ 48.65	\$ 12.00	\$ 21.24	\$ 81.89	\$ 1,637.80
<b>3.15</b>	Suministro e Instalación de Alimentador de TG de TT12 a TG de Luminarias Exteriores, con 3 #6 + 2 #8 THHN en tubería PVC de 1".	20	m	\$ 48.65	\$ 12.00	\$ 21.24	\$ 81.89	\$ 1,637.80
<b>3.16</b>	Suministro e Instalación de Tablero Secundario para Intemperie Marca Siemens Tipo S5 con Interruptor General tipo MAIN ABB T6 TMA 630 A / 3P, más un Circuit Breaker de 200A/3P para el Edificio Administrativo de Odontología, más un Circuit Breaker de 250A/3P para el Edificio de Clínicas Odontológicas, más un Circuit Breaker de 150A/3P para el Edificio de Auditorio de Odontología, todos los anteriores a 208/120V. El tablero general tendrá puerta, N-3R, con llave de seguridad y con barras de 800 A. Este deberá llevar su respectivo alimentador y canalización correspondiente al transformador TT16, he incluirá la construcción de base de concreto para la instalación del tablero. AIC de 200 kA instalado.	1	S.G	\$ 2,350.00	\$ 400.00	\$ 825.00	\$ 3,575.00	\$ 3,575.00

<b>3.17</b>	Suministro e Instalación de Alimentador de TG de TT16 a TG del Edificio Administrativo de Odontología, con cableado existente, canalización subterránea existente.	1	m	\$ 200.00	\$ 50.00	\$ 120.00	\$ 370.00	\$ 370.00
<b>3.18</b>	Suministro e Instalación de Alimentador de TG de TT16 a TG del Edificio de Clínicas Odontológicas, con cableado existente, canalización subterránea existente.	1	m	\$ 200.00	\$ 50.00	\$ 120.00	\$ 370.00	\$ 370.00
<b>3.19</b>	Suministro e Instalación de Alimentador de TG de TT16 a TG del Edificio de Auditorio de Odontología, con cableado 3 #1/0 + 2 #2 THHN en tubería PVC de 2".	50	m	\$ 60.24	\$ 12.00	\$ 21.24	\$ 93.48	\$ 4,674.00
<b>3.20</b>	Suministro e Instalación de Tablero Secundario para Intemperie Marca Siemens Tipo S5 con Interruptor General tipo MAIN ABB T6 800 A / 3P, más un Circuit Breaker de 350A/3P para el Edificio de la Imprenta, más un Circuit Breaker de 300A/3P para el Edificio de Bienestar Universitario, más un Circuit Breaker de 90A/3P para el Edificio de Ciencias de la Salud, más un Circuit Breaker de 50A/3P para el Edificio de Biblioteca de Química y Farmacia, todos los anteriores a 240/120V. El tablero general tendrá puerta, N-3R, con llave de seguridad y con barras de 800 A. Este deberá llevar su respectivo alimentador y canalización correspondiente al transformador TT17, he incluirá la construcción de base de concreto para la instalación del tablero. AIC de 200 kA instalado.	1	S.G	\$ 2,300.00	\$ 350.00	\$ 675.00	\$ 3,325.00	\$ 3,325.00
<b>3.21</b>	Suministro e Instalación de Alimentador de TG de TT17 a TG del Edificio de Imprenta, con	1	m	\$ 200.00	\$ 50.00	\$ 120.00	\$ 370.00	\$ 370.00



	cableado existente, canalización subterránea existente.							
3.22	Suministro e Instalación de Alimentador de TG de TT17 a TG del Edificio de Bienestar Universitario, con cableado 6 #1/0 + 4 #2 THHN en 2 tuberías PVC de 2".	75	m	\$ 55.12	\$ 12.00	\$ 21.24	\$ 88.36	\$ 6,627.00
3.23	Suministro e Instalación de Alimentador de TG de TT17 a TG del Edificio de Ciencias de la Salud, con cableado 3 #2 + 2 #4 THHN, canalización subterránea existente.	60	m	\$ 55.12	\$ 12.00	\$ 21.24	\$ 88.36	\$ 5,301.60
3.24	Suministro e Instalación de Alimentador de TG de TT17 a TG del Edificio de Biblioteca Química y Farmacia, con cableado 3 #4 + 2 #6 THHN, canalización subterránea existente.	75	m	\$ 55.12	\$ 12.00	\$ 21.24	\$ 88.36	\$ 6,627.00
<b>4</b>	<b>Sistema de puesta a tierra</b>							
4.1	SPT configuración S12: 58 m de cable de cobre THHN #2/0, 12 barras coperweld 5/8" x 10', 4 molde thermoweld cable-cable 2/0, 2 molde thermoweld en T 2/0, 2 molde thermoweld cable 2/0 - varilla 5/8", 12 pólvora thermoweld #90, 5 chispero thermoweld #90. Esta será instalada en la ubicación de los transformadores.	19	U	\$ 1,553.85	\$ 291.54	\$ 459.24	\$ 2,304.63	\$ 43,787.97
4.2	Instalación de barra coperweld 5/8" x 10' para pozos derivadores de la red eléctrica subterránea, la cual deberá ser con soldadura exotérmica, con su cable de tierra conectando los derivadores, estructuras metálicas del pozo y armazón de hierro del pozo.	7	U	\$ 75.00	\$ 25.00	\$ 50.00	\$ 150.00	\$ 1,050.00
<b>5</b>	<b>Desmontaje de estructuras</b>							
5.1	Desconexión de línea aérea primaria, desmontaje de estructuras, bancos de transformadores y	1	SG	\$ 5,600.00	\$ 2,800.00	\$ 4,600.00	\$ 13,000.00	\$ 13,000.00

	Movilización de equipo con grúa. Todos estos distribuidos a lo largo de la Acometida en Cuestión							
<b>6</b>	<b>Capacitaciones y Equipos de Seguridad</b>							
<b>6.1</b>	Capacitación para electricistas e ingenieros de la Universidad de El Salvador encargados de la inspección y ejecución del mantenimiento de la línea de distribución subterránea. Con duración de una semana y dirigida para 5 personas.	1	S.G	\$ 2,000.00	\$ 250.00	\$ 500.00	\$ 2,750.00	\$ 2,750.00
<b>6.2</b>	Equipamiento de seguridad para ser utilizados por los técnicos encargados de brindar mantenimiento correctivo y preventivo de la línea de distribución eléctrica subterránea de la Acometida de la Facultad de Ciencias Agronómicas. Ver Anexo 1.	1	S.G	\$ 13,955.50		\$ 4,884.42	\$ 18,839.92	\$ 18,839.92
							<b>TOTAL</b>	\$ 977,950.13

## **CAPITULO III**

### **“DISEÑO DE CARPETA TÉCNICA PARA LICITACIÓN”**

### **3.1 Resumen de Carpeta Técnica**

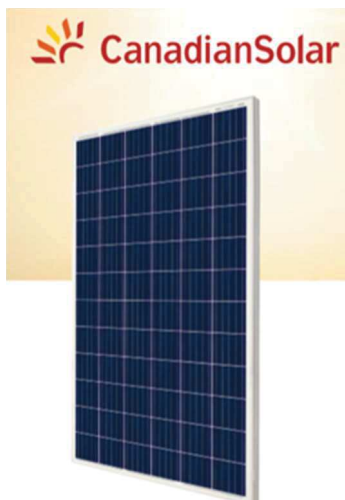
Como parte de un proyecto de gran dimensión se tiene la parte del sometimiento a licitación del mismo, es por ello que en este capítulo se trata del diseño de una carpeta técnica del proyecto, la cual de manera general contendrá los datos de los equipos más importantes a utilizar tanto en los diseños fotovoltaicos así como en el sistema de distribución subterránea, especificando datos técnicos de los mismos y requerimientos de diseño del proyecto en general, especificando modelos a seguir y equipos a utilizar, en formato de licitación para la obtención de una oferta detallada por parte de las empresas interesadas en ser partícipes de la misma.

En esta carpeta se pretende que los proyectos se puedan realizar de manera independiente en el caso fotovoltaico ya que las partidas están por edificio al igual que el diseño fotovoltaico, por otra parte, la distribución subterránea es un solo proyecto a licitar. El formato que se ha seguido es en forma de partidas, los ofertantes tienen que considerar todos los materiales, detalles de instalación y obra civil que se especifica en cada una de las partidas.

## 3.2 Sistemas Fotovoltaicos

### 3.2.1 Paneles Fotovoltaicos

#### 3.2.1.1 Módulo Fotovoltaico de 330 W



Modelo CANADIAN SOLAR CS3U-330P el cual presenta las siguientes características:

DATOS ELÉCTRICOS CS6U	330P
Potencia Max. Nominal (Pmax)	330 W
Voltaje de operación Optimo (Vmp)	37.2 V
Corriente de Operación optimo (Imp)	8.88 A
Voltaje de Circuito abierto (Voc)	45.6 V
Corriente de corto circuito (Isc)	9.45 A
Eficiencia del modulo	16.97 %
Temperatura de operación	-40 °C ~ + 85 °C
Voltaje de sistema MÁXIMO	1000 V (IEC/UL) o 1500 V (IEC/UL)
Rendimiento al fuego del modulo	TIPO 1 (UL 1703) o CLASE C (IEC 61730)
Máximo fusible serie	15 A
Clasificación de aplicaciones	CLASE A
Tolerancia de potencia	0 ~+ 5 W

DATOS ELÉCTRICOS CS6U 330P

Potencia Max. Nominal (Pmax)	243 W
Voltaje de operación Optimo (Vmp)	34.2 V
Corriente de Operación optimo (Imp)	7.10 A
Voltaje de Circuito abierto (Voc)	42.5 V
Corriente de corto circuito (Isc)	7.63 A

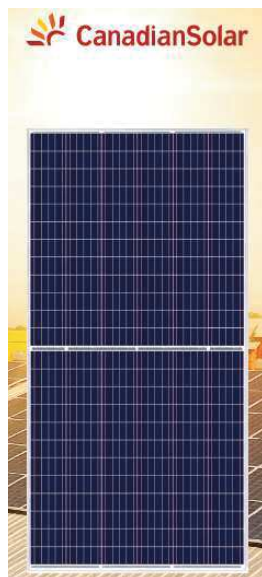
DATOS MECÁNICOS DEL MÓDULO 330P

Tipo de celda	POLI-CRISTALINO, 6 in.
Arreglo de celdas	72 (6*12)
Dimensiones	1960*992*35 mm (77.2*39.1*1.38 in)
Peso	22.4 kg (49.4 lb)
Cubierta frontal	3.2 mm vidrio templado
Material del marco	Aleación de aluminio anodizado
J-box	IP68, 3 diodos de bypass
Cable	4 mm <sup>2</sup> (IEC), 12 AWG (UL), 1160 mm (45.7 in)
Conectores	T4 Series
Paquete ESTÁNDAR	30 piezas
Piezas del módulo por contenedor	720 piezas

CARACTERÍSTICAS DE TEMPERATURA 330P

Coefficiente de temperatura (Pmax)	-0.40% / °C
Coefficiente de temperatura (Voc)	-0.31% / °C
Coefficiente de temperatura (Isc)	0.05% / °C
Temperatura nominal de operación de la celda	43 +- 3 °C

### 3.2.1.2 Módulo Fotovoltaico de 350 W



Modelo CANADIAN SOLAR CS3U-350P el cual presenta las siguientes características:

DATOS ELÉCTRICOS CS3U	350P
Potencia Max. Nominal (Pmax)	350 W
Voltaje de operación Optimo (Vmp)	39.2 V
Corriente de Operación optimo (Imp)	8.94 A
Voltaje de Circuito abierto (Voc)	46.6 V
Corriente de corto circuito (Isc)	9.51 A
Eficiencia del modulo	17.64 %
Temperatura de operación	-40 °C ~ + 85 °C
Voltaje de sistema MÁXIMO	1000 V (IEC/UL) o 1500 V (IEC/UL)
Rendimiento al fuego del modulo	TIPO 1 (UL 1703) o CLASE C (IEC 61730)
Máximo fusible serie	30 A
Clasificación de aplicaciones	CLASE A
Tolerancia de potencia	0 ~+ 5 W

DATOS ELÉCTRICOS CS6U 350P

Potencia Max. Nominal (Pmax)	259 W
Voltaje de operación Optimo (Vmp)	35.8 V
Corriente de Operación optimo (Imp)	7.24 A
Voltaje de Circuito abierto (Voc)	43.5 V
Corriente de corto circuito (Isc)	7.68 A

DATOS MECÁNICOS DEL MÓDULO 350P

Tipo de celda	POLI-CRISTALINO, 156.75*78.38 mm
Arreglo de celdas	144 (2*(12*6))
Dimensiones	2000*992*40 mm (78.7*39.1*1.57 in)
Peso	22.6 kg (49.8 lb)
Cubierta frontal	3.2 mm vidrio templado
Material del marco	Aleación de aluminio anodizado
J-box	IP68, 3 diodos de bypass
Cable	4 mm <sup>2</sup> (IEC), 12 AWG (UL), 1160 mm (45.7 in)
Conectores	T4 Series
Paquete ESTÁNDAR	27 piezas
Piezas del módulo por contenedor	594 piezas

CARACTERÍSTICAS DE TEMPERATURA 350P

Coefficiente de temperatura (Pmax)	-0.38% / °C
Coefficiente de temperatura (Voc)	-0.29% / °C
Coefficiente de temperatura (Isc)	0.05% / °C
Temperatura nominal de operación de la celda	43 +- 2 °C



## 3.2.2 Inversores

### 3.2.2.1 Inversor Sunny Boy 8000-US



SUNNY BOY 8000-US

DATOS TÉCNICOS DC	Sunny Boy 8000-US
ENTRADA DC	
Potencia Máxima Recomendada (STC)	10,000 W
Potencia Máxima DC	8,600 W
Voltaje Máximo DC	600 V
Voltaje Nominal DC	345 V
Rango de Voltaje MPP	300 – 480 V
Voltaje Mínimo DC	300 V
Voltaje de START	365 V
Máxima Corriente por MPP	30 A
Máxima Corriente por STRING	20 A
Número de Entradas MPP	1
Número de STRING	4

DATOS TÉCNICOS AC Sunny Boy 8000-US

SALIDA AC	
Potencia Nominal AC	7,680 W
Voltaje Ajustable	Si
Voltaje Nominal AC	240 V
Rango de Voltaje AC	211 – 264 V
Frecuencia AC	60 Hz
Rango de Frecuencia AC	59.3 – 60.5 Hz
Máxima Corriente de Salida	32 A
Factor de Potencia (cos $\phi$ )	1
Conductores por Fase	1
Conexiones por Fase	2
Armónicos	< 4%
Eficiencia	96.3%

### 3.2.2.2 Inversor Sunny Boy 9000TL-US



## SUNNY BOY 9000TL-US

DATOS TÉCNICOS DC	Sunny Boy 9000TL-US
ENTRADA DC	
Potencia Máxima Recomendada (STC)	11,250 W
Potencia Máxima DC	9,400 W
Voltaje Máximo DC	600 V
Voltaje Nominal DC	345 V
Rango de Voltaje MPP	300 – 480 V
Voltaje Mínimo DC	300 V
Voltaje de START	360 V
Máxima Corriente por MPP	30 A
Máxima Corriente por STRING	30 A
Número de Entradas MPP	1
Número de STRING	6

DATOS TÉCNICOS AC	Sunny Boy 9000TL-US
SALIDA AC	
Potencia Nominal AC	9000 W
Voltaje Ajustable	Si
Voltaje Nominal AC	208 V
Rango de Voltaje AC	183 – 229 V
Frecuencia AC	60 Hz
Rango de Frecuencia AC	59.3 – 60.5 Hz
Máxima Corriente de Salida	43.3 A
Factor de Potencia (cos $\delta$ )	1
Conductores por Fase	1
Conexiones por Fase	2
Armónicos	< 4%
Eficiencia	98.6%

### 3.2.2.3 Inversor Sunny Boy 10000TL-US



## 10000TL-US

DATOS TÉCNICOS DC	Sunny Boy 10000TL-US
ENTRADA DC	
Potencia Máxima Recomendada (STC)	12,500 W
Potencia Máxima DC	10,500 W
Voltaje Máximo DC	600 V
Voltaje Nominal DC	345 V
Rango de Voltaje MPP	300 – 480 V
Voltaje Mínimo DC	300 V
Voltaje de START	360 V
Máxima Corriente por MPP	35 A
Máxima Corriente por STRING	35 A
Número de Entradas MPP	1
Número de STRING	6

DATOS TÉCNICOS AC	Sunny Boy 10000TL-US
SALIDA AC	
Potencia Nominal AC	10,000 W
Voltaje Ajustable	Si
Voltaje Nominal AC	208 V
Rango de Voltaje AC	183 – 229 V
Frecuencia AC	60 Hz
Rango de Frecuencia AC	59.3 – 60.5 Hz
Máxima Corriente de Salida	48.1 A
Factor de Potencia (cos $\delta$ )	1
Conductores por Fase	1
Conexiones por Fase	2
Armónicos	< 4%
Eficiencia	98.6%



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TRABAJO DE GRADUACIÓN:  
DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA DE LA ACOMETIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

PRESENTAN:

Br. JESÚS ABILIO DÍAZ ORELLANA  
Br. IVÁN DAVID URBINA NAVARRO

ASESOR:

MSC. ING. JORGE ALBERTO ZETINO.

CONTIENE:

ESTRUCTURA DE SISTEMA FOTOVOLTAICO

ESCALA :

SIN ESCALA

FECHA:

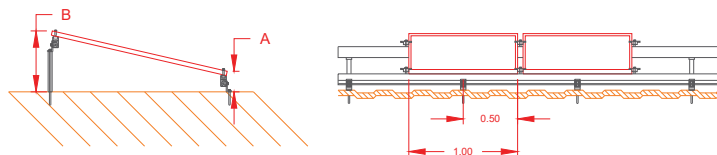
NOVIEMBRE 2019

NÚMERO DE PLANO:

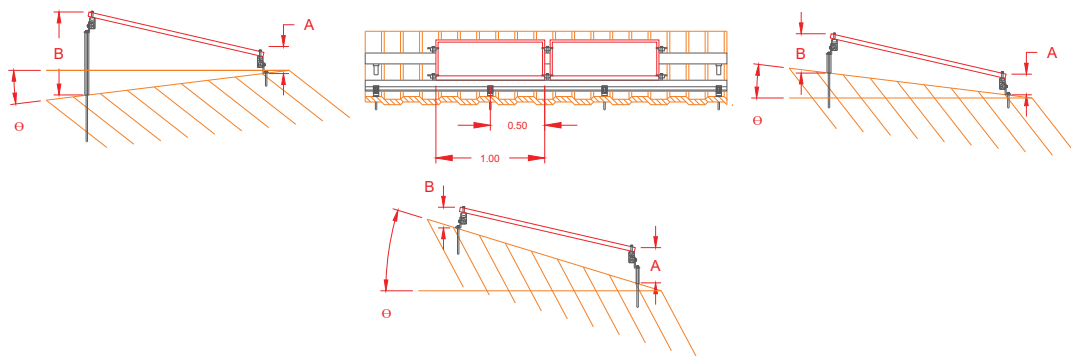
1

ANEXOS :

## TECHOS HORIZONTALES

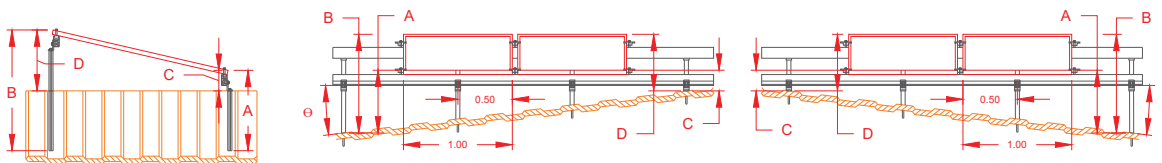


## TECHOS CON INCLINACIÓN AL NORTE O SUR



TECHOS CON INCLINACIÓN AL SUR MAYOR DE 13°

## TECHOS CON INCLINACIÓN AL ESTE Y OESTE



Inclinación de Techo ( $\theta$ )	Inclinación del MFV Todos Orientados al Sur (cm)	Dmín (cm)	A (cm)	B (cm)	C (cm)	D (cm)
<b>Orientados al Norte</b>						
-17°	10°	100	15	109		
-8°	10°	62	15	77		
-7°	10°	60	15	74		
-6°	10°	57	15	71		
-5°	10°	53	15	67		
-3°	10°	47	15	60		
<b>Orientados al Sur</b>						
5°	13°	31	15	43		
6°	13°	28	15	39		
7°	13°	25	15	35		
8°	13°	23	15	32		
17°	13°	11	30	15		
<b>Orientados al Este y Oeste</b>						
7°	13°	25	138	183	15	60
<b>Horizontales</b>						
0°	13°	100				

### 3.2.4 Presupuestos y Planos

#### 3.2.4.1 Edificio de Medicina

##### *Presupuesto*

N.º	PARTIDAS	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
1	<b>INSTALACIÓN DE ESTRUCTURA Y PANELES FOTOVOLTAICOS</b>				
1.1	Suministro e Instalación de estructura utilizando tubos estructurales cuadrados galvanizados de 4 pulgadas chapa 14, los cuales se soldarán para formar la estructura que se muestra en los planos 1 y 2C, luego se colocaran rieles de soporte estándar transparente ProSolar R-168 RoofTrac donde se colocaran los paneles, toda la estructura deberá ser soldada entre sí y debidamente emperrada.	SG	1		
1.2	Suministro e instalación de paneles fotovoltaicos Canadian Solar MAX POWER CS6U-330P, junto a sus respectivos End Clamp para sujetar a la estructura en los lados extremos y conjuntos de abrazadera de bronce QMQR-CP40.2 B 24 para la sujeción interna entre MFV. Ver Plano 2B para ver colocación de los mismos.	U	576		
2	<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE PFV CON SISTEMA DE TIERRA A COMBINER BOX</b>				
2.1	Suministro e Instalación de canalización correspondiente a la sección desde los PFV hasta la Combiner Box, utilizando tuberías EMT de 1" con sus respectivos accesorios. Instalación de cableado utilizando calibre #12 AWG para aplicaciones fotovoltaicas de 1000 VDC, rojo o negro según su polaridad más un calibre #14 AWG THHN color	m	1350		

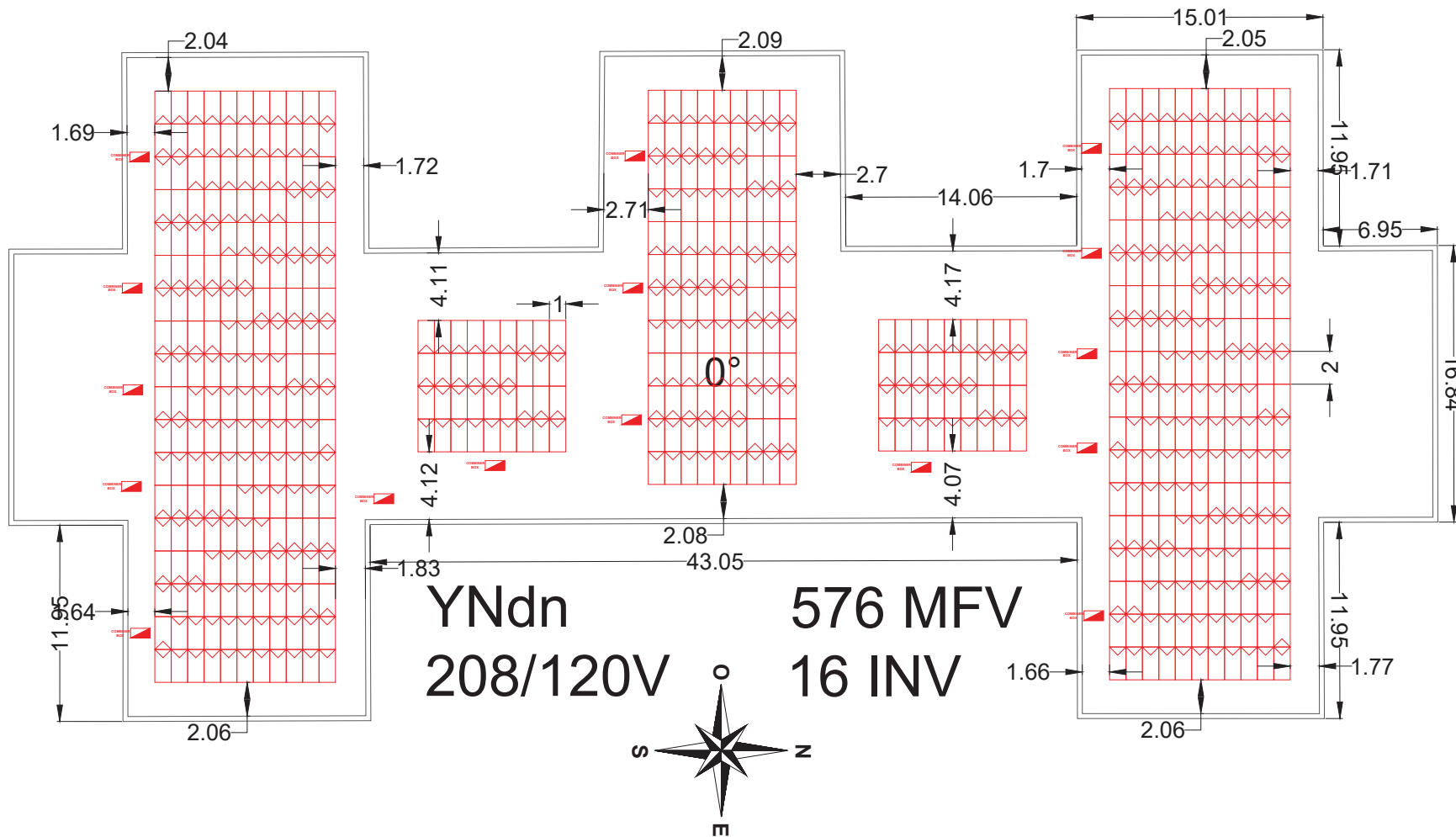


	verde para la unión y aterrizaje a tierra entre cada uno de los PFV y la estructura. Cada empalme deberá estar hecho con sus respectivos adaptadores T4 y para las conexiones de tierra usar sus respectivos terminales de ojo.				
2.2	Suministro e Instalación de Combiner Box con riel DIN con 8 portafusibles y 2 supresores de transientes cada juego, los supresores de transientes deberán ser de 600 V y 60 kA, además los portafusibles Midnite Solar MNTS para 1000 VDC cilíndrico para riel DIN con sus respectivos fusibles los cuales son 10 de 15 A con medidas de 10 x 38 mm y 10 de 30 A con medidas de 10 x 38 mm ambos para 1000 VDC.	U	16		
<b>3</b>	<b>CONEXIÓN DE COMBINER BOX A INVERSORES, DE INVERSORES A TABLERO DE INVERSORES E INSTALACIÓN DEL TABLERO DE INVERSORES</b>				
3.1	Suministro e Instalación de canalización de las líneas de alimentación entre la Combiner Box y los Inversores mediante tubería EMT de 1", con sus respectivos accesorios. Instalación de cableado utilizando calibre #10 AWG negro y rojo, respectivamente según su polaridad, para aplicaciones fotovoltaicas de 1000 VDC más un calibre #12 AWG THHN color verde para la unión y aterrizaje a tierra utilizando sus respectivos adaptadores T4 y para las conexiones de tierra usar sus respectivos terminales de ojo.	m	1200		
3.2	Suministro e Instalación de inversores SMA SUNNY-BOY 10000TL-US de 10000 W a 208 V	U	16		
<b>3.3</b>	<b>TRANSPORTE Y CABLEADO DE LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN DE INVERSORES A TABLERO DE INVERSORES</b>				
3.3.1	Suministro e Instalación de la canalización para las líneas de alimentación desde los Inversores hacia el Tablero de Inversores utilizando tuberías EMT de 1", con sus respectivos accesorios.	m	150		

	Instalación de cableado conductor THHN #6 AWG con su respectiva señalización de línea y neutro, además de una línea de tierra THHN #8 AWG con sus respectivos terminales para la conexión.				
3.3.2	Suministro e Instalación de tablero trifásicos 208/120 V de 30 espacios con barra de 250 A y Main de 225 A / 3P cada uno, además de 6 Circuit Breaker de 60 A / 2P a 208/120 V y su respectivo supresor de transientes en AC a 208/120 V de 100 kA trifásicos.	U	3		
<b>4</b>	<b>CONEXIÓN DE TABLERO DE INVERSORES A TABLERO GENERAL</b>				
4.1	Suministro e Instalación de la canalización para el Tablero de Inversores hacia el Tablero General existente en el edificio utilizando tubería EMT de 2", con sus respectivos accesorios. Mas sus respectivos conductores THHN #3/0 AWG para línea y THHN #2/0 AWG para neutro y tierra, todos debidamente señalizados y utilizando sus terminales para la conexión.	m	300		
4.2	Suministro e Instalación de 3 Circuit Breaker de 225 A / 3P a 208/120 V para la conexión de los alimentadores de los inversores, la colocación de un supresor de transientes operando a 208/120 V de 200 kA con protección de 15 A / 3P, 18 kA conectado al tablero general con cable de tierra #1/0.	SG	1		
					<b>Total</b>
					<b>Total + IVA</b>



# EDIFICIO DE MEDICINA



FACULTAD DE INGENIERÍA Y  
ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA  
ELÉCTRICA

TRABAJO DE GRADUACIÓN:  
DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN  
ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA DE LA  
ACOMETIDA DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS AGRONÓMICAS DEL CAMPUS  
CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL  
SALVADOR

PRESENTAN:

Br. JESÚS ABILIO  
DÍAZ ORELLANA

Br. IVÁN DAVID  
URBINA NAVARRO

ASESOR:

MSC. ING. JORGE ALBERTO  
ZETINO.

CONTIENE:

DIAGRAMA UNIFILAR,  
ESTRUCTURAS Y DISTRIBUCIÓN  
DEL SFVCR DEL EDIFICIO DE LA  
FACULTAD DE MEDICINA

ESCALA :

SIN  
ESCALA

FECHA:

NOVIEMBRE 2019

NÚMERO DE PLANO:

2B

ANEXOS :



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TRABAJO DE GRADUACIÓN:  
DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA DE LA ACOMETIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

PRESENTAN:

Br. JESÚS ABILIO  
DÍAZ ORELLANA

Br. IVÁN DAVID  
URBINA NAVARRO

ASESOR:

MSC. ING. JORGE ALBERTO  
ZETINO.

CONTIENE:

DIAGRAMA UNIFILAR,  
ESTRUCTURAS Y DISTRIBUCIÓN  
DEL SFVCR DEL EDIFICIO DE LA  
FACULTAD DE MEDICINA

ESCALA :

SIN  
ESCALA

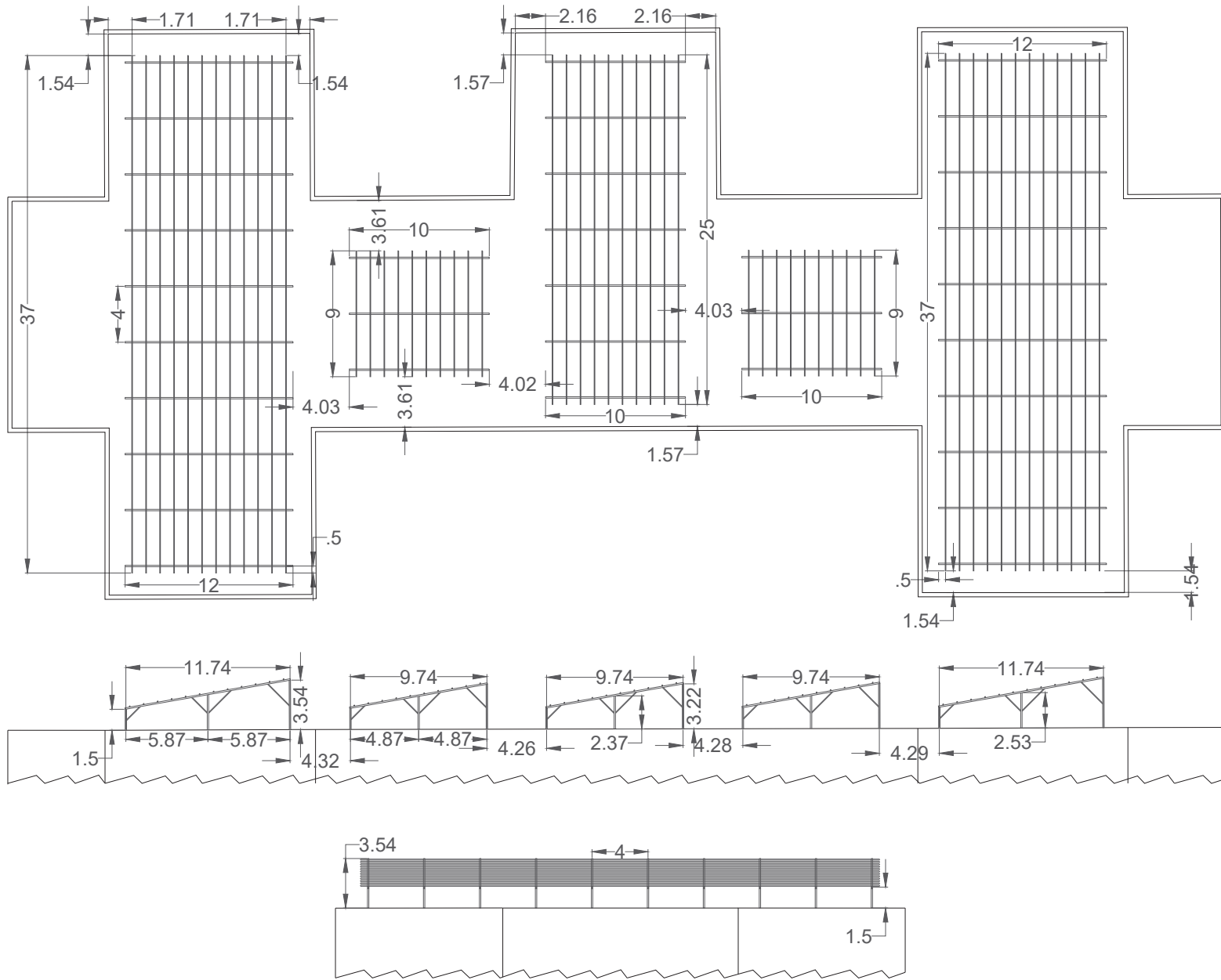
FECHA:

NOVIEMBRE 2019

NÚMERO DE PLANO:

2C

ANEXOS :



### 3.2.4.2 Edificio Regional de Salud Valencia

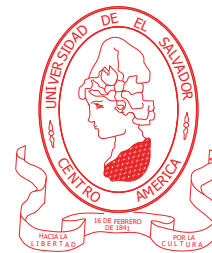
#### Presupuesto

N.º	PARTIDAS	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
<b>1</b>	<b>INSTALACIÓN DE ESTRUCTURA Y PANELES FOTOVOLTAICOS</b>				
1.1	Suministro e instalación de rieles de sujeción IronRidge XR-10-204B, incluyendo sus respectivos tubos EMT de ½” para formar la estructura que se muestra en los planos 1 y 3, para sujetar los paneles debidamente empernada.	SG	1		
1.2	Suministro e instalación de paneles fotovoltaicos Canadian Solar MAX POWER CS6U-330P, junto a sus respectivos End Clamp para sujetar a la estructura en los lados extremos e Inter Clamp para sujeción entre los MFV. Ver Plano 3 para la colocación de los mismos.	U	252		
<b>2</b>	<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE PFV CON SISTEMA DE TIERRA A COMBINER BOX</b>				
2.1	Suministro e Instalación de canalización correspondiente a la sección desde los PFV hasta la Combiner Box, utilizando tuberías EMT de 1” con sus respectivos accesorios. Instalación de cableado utilizando calibre #12 AWG para aplicaciones fotovoltaicas de 1000 VDC, rojo o negro según su polaridad más un calibre #14 AWG THHN color verde para la unión y aterrizaje a tierra entre cada uno de los PFV y la estructura. Cada empalme deberá estar hecho con sus respectivos adaptadores T4 y para las conexiones de tierra usar sus respectivos terminales de ojo.	m	270		

2.2	Suministro e Instalación de Combiner Box con riel DIN con 8 portafusibles y 2 supresores de transientes cada juego, los supresores de transientes deberán ser de 600 V y 60 kA, además los portafusibles Midnite Solar MNTS para 1000 VDC cilíndrico para riel DIN con sus respectivos fusibles los cuales son 10 de 15 A con medidas de 10 x 38 mm 1000 VDC y 10 de 30 A con medidas de 10 x 38 mm 1000 VDC.	U	7		
<b>3</b>	<b>CONEXIÓN DE COMBINER BOX A INVERSORES, DE INVERSORES A TABLERO DE INVERSORES E INSTALACIÓN DEL TABLERO DE INVERSORES</b>				
3.1	Suministro e Instalación de canalización de las líneas de alimentación entre la Combiner Box y los Inversores mediante tubería EMT de 1", e instalación de cableado utilizando calibre #10 AWG negro y rojo, respectivamente según su polaridad, para aplicaciones fotovoltaicas 1000 VDC, calibre #12 AWG THHN color verde para la unión y aterrizaje a tierra utilizando sus respectivos adaptadores T4 macho y hembra según corresponda y sus respectivos terminales de ojo.	m	600		
3.2	Suministro e Instalación de inversores SMA SUNNY-BOY 10000TL-US de 10000 W a 208 V	U	7		
<b>3.3</b>	<b>TRANSPORTE Y CABLEADO DE LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN DE INVERSORES A TABLERO DE INVERSORES</b>				
3.3.1	Suministro e Instalación de la canalización para las líneas de alimentación desde los inversores hacia el tablero de inversores utilizando tuberías EMT de 1", más instalación de cableado conductor THHN #6 AWG con su respectiva señalización de línea y neutro, además de una línea de tierra THHN #8 AWG con sus respectivos terminales para la conexión.	m	150		
3.3.2	Suministro e Instalación de tablero trifásico 208/120 V de 30 espacios con barra de 250 A y Main de 250 A / 3P, además de 7 Circuit Breaker	U	1		

	de 60 A / 2P a 208/120 V y 1 supresor de transientes en AC a 208/120 V de 100 kA trifásicos.				
<b>4</b>	<b>CONEXIÓN DE TABLERO DE INVERSORES A TABLERO GENERAL</b>				
4.1	Suministro e Instalación de la canalización para el Tablero de Inversores hacia el Tablero General existente en el edificio utilizando tubería EMT de 2", más sus respectivos conductores THHN #4/0 AWG para línea y THHN #3/0 AWG para neutro y tierra, todos debidamente señalizados y utilizando sus terminales para la conexión.	m	90		
4.2	Suministro e Instalación de 1 Circuit Breaker de 250 A / 3P a 208/120 V para la conexión al tablero existente, la colocación de un supresor de transientes operando a 208/120 V de 200 kA con protección de 15 A / 3P, 18 kA conectado al tablero general con cable de tierra #1/0.	SG	1		
					<b>Total</b>
					<b>Total + IVA</b>





FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TRABAJO DE GRADUACIÓN:  
DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA DE LA ACOMETIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

PRESENTAN:

Br. JESÚS ABILIO DÍAZ ORELLANA  
Br. IVÁN DAVID URBINA NAVARRO

ASESOR:

MSC. ING. JORGE ALBERTO ZETINO.

CONTIENE:

DIAGRAMA UNIFILAR, ESTRUCTURAS Y DISTRIBUCIÓN DEL SFVCR DEL EDIFICIO REGIONAL DE SALUD VALENCIA

ESCALA :  
SIN ESCALA

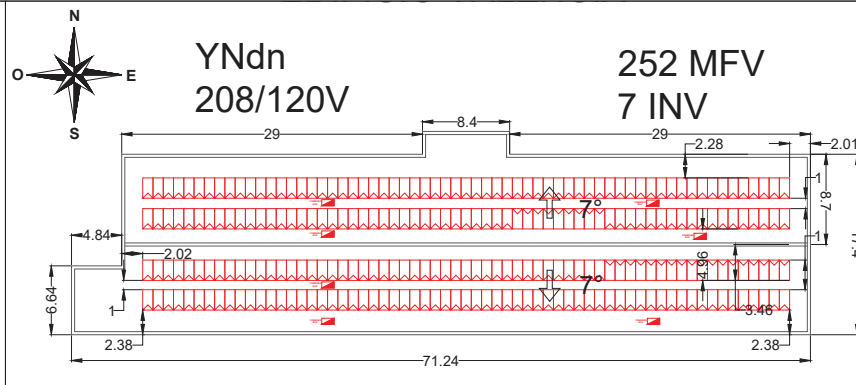
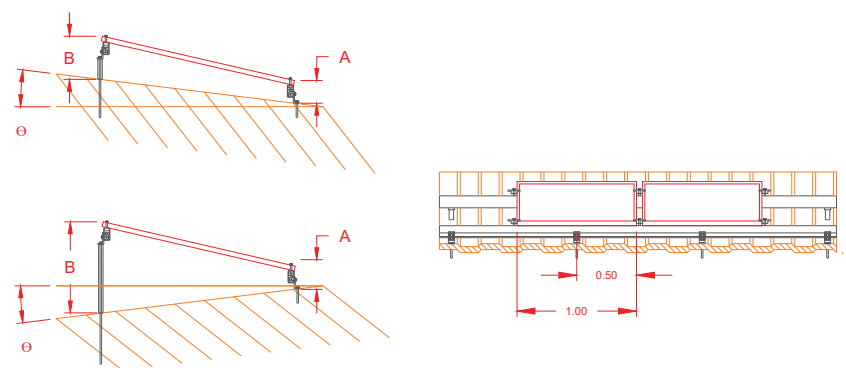
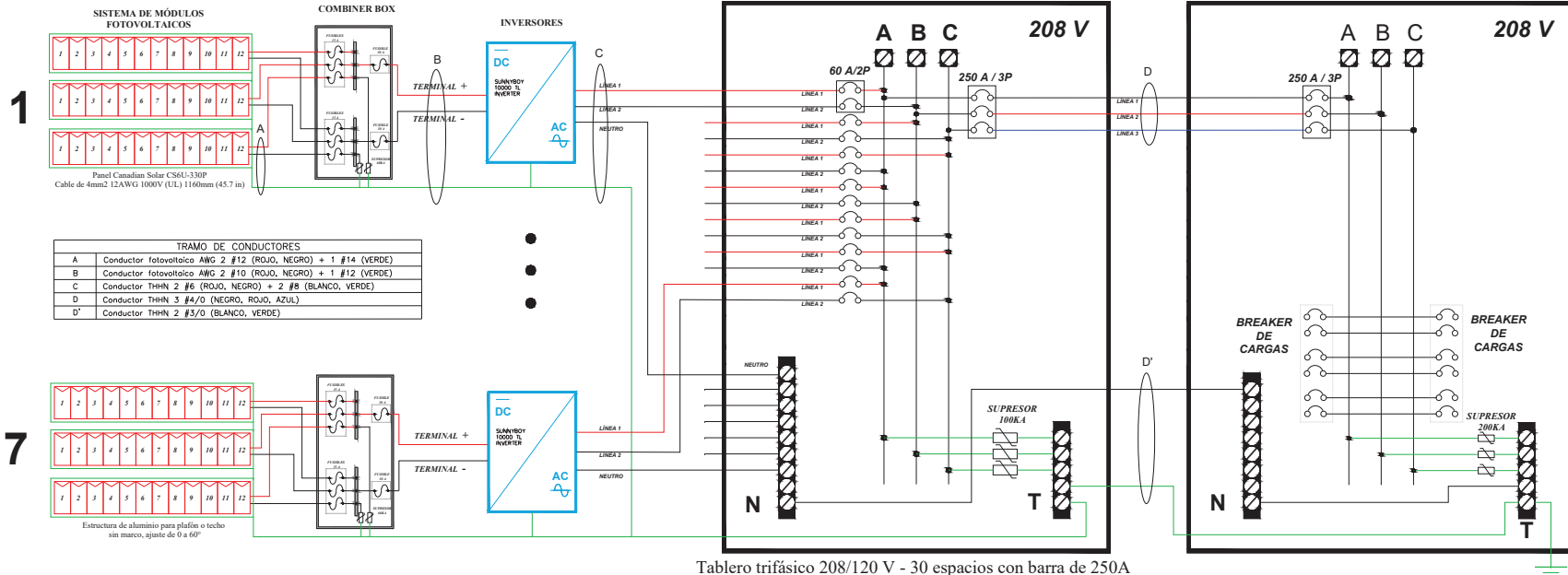
FECHA:  
NOVIEMBRE 2019

NÚMERO DE PLANO: 3

ANEXOS :

## TABLERO DE INVERSORES

## TABLERO GENERAL EDIFICIO VALENCIA



### 3.2.4.3 Edificio de Oficinas Centrales

#### Presupuesto

N.º	PARTIDAS	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
<b>1</b>	<b>INSTALACIÓN DE ESTRUCTURA Y PANELES FOTOVOLTAICOS</b>				
1.1	Suministro e instalación de rieles de sujeción IronRidge XR-10-204B, incluyendo sus respectivos tubos EMT de ½” para formar la estructura que se muestra en los planos 1 y 4, para sujetar los paneles debidamente empernada.	SG	1		
1.2	Suministro e instalación de paneles fotovoltaicos Canadian Solar MAX POWER CS6U-330P, junto a sus respectivos End Clamp para sujetar a la estructura en los lados extremos e Inter Clamp para sujeción entre los MFV. Ver Plano 4 para la colocación de los mismos.	U	72		
<b>2</b>	<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE PFV CON SISTEMA DE TIERRA A COMBINER BOX</b>				
2.1	Suministro e Instalación de canalización correspondiente a la sección desde los PFV hasta la Combiner Box, utilizando tuberías EMT de 1” con sus respectivos accesorios. Instalación de cableado utilizando calibre #12 AWG para aplicaciones fotovoltaicas de 1000 VDC, rojo o negro según su polaridad más un calibre #14 AWG THHN color verde para la unión y aterrizaje a tierra entre cada uno de los PFV y la estructura. Cada empalme deberá estar	m	90		

	hecho con sus respectivos adaptadores T4 y para las conexiones de tierra usar sus respectivos terminales de ojo.				
2.2	Suministro e Instalación de Combiner Box con riel DIN con 8 portafusibles y 2 supresores de transientes cada juego, los supresores de transientes deberán ser de 600 V y 60 kA, además los portafusibles Midnite Solar MNTS para 1000 VDC cilíndrico para riel DIN con sus respectivos fusibles los cuales son 10 de 15 A con medidas de 10 x 38 mm 1000 VDC y 10 de 30 A con medidas de 10 x 38 mm 1000 VDC.	U	2		
<b>3</b>	<b>CONEXIÓN DE COMBINER BOX A INVERSORES, DE INVERSORES A TABLERO DE INVERSORES E INSTALACIÓN DEL TABLERO DE INVERSORES</b>				
3.1	Suministro e Instalación de canalización de las líneas de alimentación entre la Combiner Box y los Inversores mediante tubería EMT de 1”, e instalación de cableado utilizando calibre #10 AWG negro y rojo, respectivamente según su polaridad, para aplicaciones fotovoltaicas 1000 VDC, calibre #12 AWG THHN color verde para la unión y aterrizaje a tierra utilizando sus respectivos adaptadores T4 macho y hembra según corresponda y sus respectivos terminales de ojo.	m	135		
3.2	Suministro e Instalación de inversores SMA SUNNY-BOY 10000TL-US de 10000 W a 208 V	U	2		
<b>4</b>	<b>CONEXIÓN DE TABLERO DE INVERSORES A TABLERO GENERAL</b>				
4.1	Suministro e Instalación de la canalización para el Tablero de Inversores hacia el Tablero General existente en el edificio utilizando tubería EMT de 2”, con sus respectivos accesorios. Mas sus respectivos conductores THHN #2 AWG para línea y THHN #4	m	12		

	AWG para neutro y tierra, todos debidamente señalizados y utilizando sus terminales para la conexión.				
4.2	<b>CABLEADO DE TABLERO DE INVERSORES A TABLERO GENERAL</b>				
	Suministro e instalación de 1 Circuit Breaker de 60 A / 2P a 208/120 V para la conexión al tablero existente, la colocación de un supresor de transientes operando a 208/120 V de 200 kA con protección de 15 A / 3P, 18 kA conectado al tablero general con cable de tierra #1/0.	SG	1		
					<b>Total</b>
					<b>Total + IVA</b>

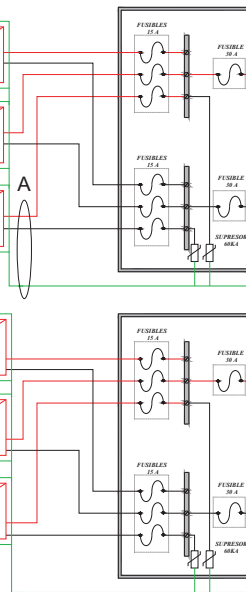
**SISTEMA DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS**

Panel Canadian Solar CS6U-330P  
Cable de 4mm<sup>2</sup> 12AWG 1000V (UL) 1160mm (45.7 in)

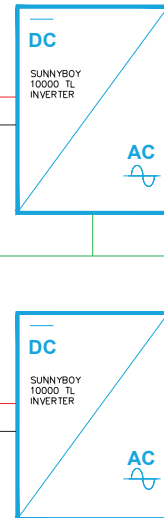


Estructura de aluminio para plafón o techo sin marco, ajuste de 0 a 60°

**COMBINER BOX**

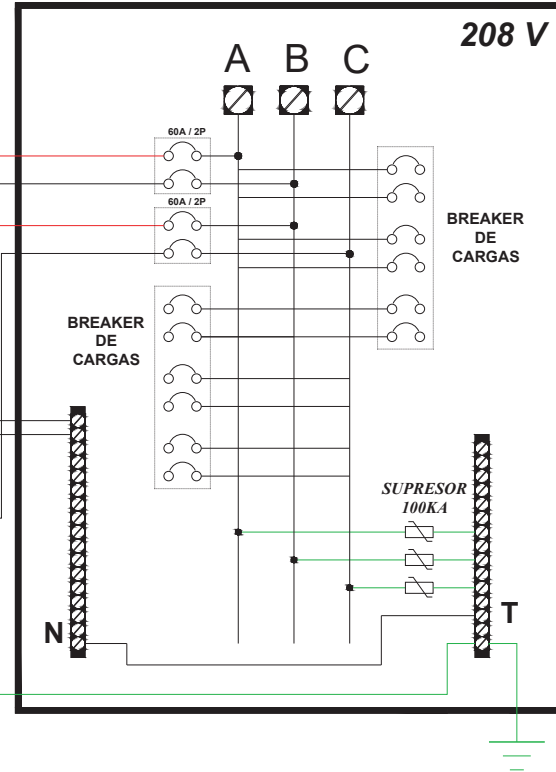


**INVERSORES**



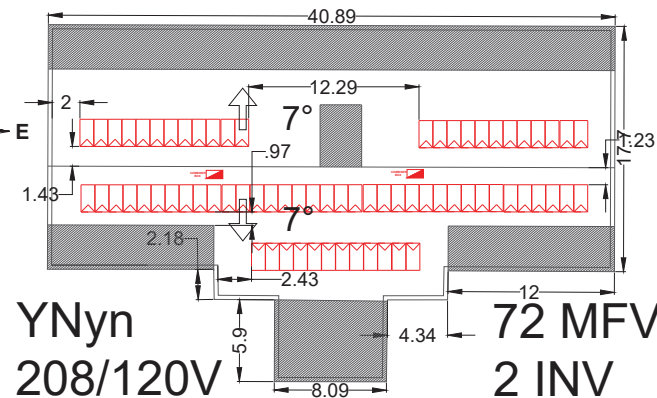
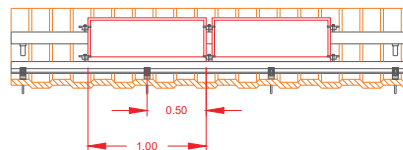
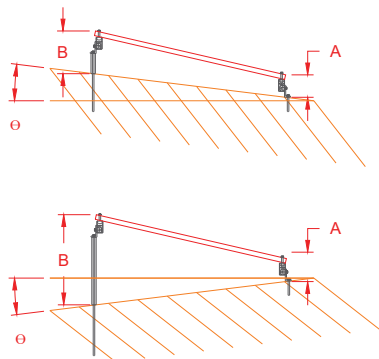
**TABLERO GENERAL EDIFICIO DE OFICINAS CENTRALES**

**208 V**



**TRAMO DE CONDUCTORES**

A	Conductor fotovoltaico AWG 2 #12 (ROJO, NEGRO) + 1 #14 (VERDE)
B	Conductor fotovoltaico AWG 2 #10 (ROJO, NEGRO) + 1 #12 (VERDE)
C	Conductor THHN 2 #6 (ROJO, NEGRO) + 2 #8 (BLANCO, VERDE)



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TRABAJO DE GRADUACIÓN:  
DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA DE LA ACOMETIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

PRESENTAN:

Br. JESÚS ABILIO DÍAZ ORELLANA  
Br. IVÁN DAVID URBINA NAVARRO

ASESOR:

MSC. ING. JORGE ALBERTO ZETINO.

CONTIENE:

DIAGRAMA UNIFILAR, ESTRUCTURAS Y DISTRIBUCIÓN DEL SFVCR DEL EDIFICIO DE OFINAS CENTRALES

ESCALA :

SIN ESCALA

FECHA:

NOVIEMBRE 2019

NÚMERO DE PLANO:

4

ANEXOS :

### 3.2.4.4 Edificio de Psicología y Educación

#### Presupuesto

N.º	PARTIDAS	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
<b>1</b>	<b>INSTALACIÓN DE ESTRUCTURA Y PANELES FOTOVOLTAICOS</b>				
1.1	Suministro e instalación de rieles de sujeción IronRidge XR-10-204B, incluyendo sus respectivos tubos EMT de ½” para formar la estructura que se muestra en los planos 1 y 5, para sujetar los paneles debidamente empernada.	SG	1		
1.2	Suministro e instalación de paneles fotovoltaicos Canadian Solar MAX POWER CS6U-330P, junto a sus respectivos End Clamp para sujetar a la estructura en los lados extremos e Inter Clamp para sujeción entre los MFV. Ver Plano 5 para la colocación de los mismos.	U	216		
<b>2</b>	<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE PFV CON SISTEMA DE TIERRA A COMBINER BOX</b>				
2.1	Suministro e Instalación de canalización correspondiente a la sección desde los PFV hasta la Combiner Box, utilizando tuberías EMT de 1” con sus respectivos accesorios. Instalación de cableado utilizando calibre #12 AWG para aplicaciones fotovoltaicas de 1000 VDC, rojo o negro según su polaridad más un calibre #14 AWG THHN color verde para la unión y aterrizaje a tierra entre cada uno de los PFV y la estructura. Cada empalme deberá estar hecho con sus respectivos	m	255		

	adaptadores T4 y para las conexiones de tierra usar sus respectivos terminales de ojo.				
2.2	Suministro e Instalación de Combiner Box con riel DIN con 8 portafusibles y 2 supresores de transientes cada juego, los supresores de transientes deberán ser de 600 V y 60 kA, además los portafusibles Midnite Solar MNTS para 1000 VDC cilíndrico para riel DIN con sus respectivos fusibles los cuales son 10 de 15 A con medidas de 10 x 38 mm 1000 VDC y 10 de 30 A con medidas de 10 x 38 mm 1000 VDC.	U	6		
<b>3</b>	<b>CONEXIÓN DE COMBINER BOX A INVERSORES, DE INVERSORES A TABLERO DE INVERSORES E INSTALACIÓN DEL TABLERO DE INVERSORES</b>				
3.1	Suministro e Instalación de canalización de las líneas de alimentación entre la Combiner Box y los Inversores mediante tubería EMT de 1", e instalación de cableado utilizando calibre #10 AWG negro y rojo, respectivamente según su polaridad, para aplicaciones fotovoltaicas 1000 VDC, calibre #12 AWG THHN color verde para la unión y aterrizaje a tierra utilizando sus respectivos adaptadores T4 macho y hembra según corresponda y sus respectivos terminales de ojo.	m	360		
3.2	Suministro e Instalación de inversores SMA SUNNY-BOY 10000TL-US de 10000 W a 208 V	U	6		
<b>3.3</b>	<b>TRANSPORTE Y CABLEADO DE LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN DE INVERSORES A TABLERO DE INVERSORES</b>				
3.3.1	Suministro e Instalación de la canalización para las líneas de alimentación desde los Inversores hacia el Tablero de Inversores utilizando tuberías EMT de 1", con sus respectivos accesorios. Instalación de cableado conductor THHN #6 AWG con su respectiva señalización de línea y neutro, además de una línea de tierra THHN #8 AWG con sus respectivos terminales para la conexión.	m	90		

3.3.2	Suministro e Instalación de tablero trifásico 208/120 V de 30 espacios con barra de 250 A y Main de 225 A / 3P, además de 6 Circuit Breaker de 60 A / 2P a 208/120 V y 1 supresor de transientes en AC a 208/120 V de 100 kA trifásicos.	U	1		
<b>4</b>	<b>CONEXIÓN DE TABLERO DE INVERSORES A TABLERO GENERAL</b>				
4.1	Suministro e Instalación de la canalización para el Tablero de Inversores hacia el Tablero General existente en el edificio utilizando tubería EMT de 2", más sus respectivos conductores THHN #3/0 AWG para línea y THHN #2/0 AWG para neutro y tierra, todos debidamente señalizados y utilizando sus terminales para la conexión.	m	60		
4.2	Suministro e Instalación de 1 Circuit Breaker de 225 A / 3P a 208/120 V para la conexión al tablero existente, la colocación de un supresor de transientes operando a 208/120 V de 200 kA con protección de 15 A / 3P, 18 kA conectado al tablero general con cable de tierra #1/0.	SG	1		
					<b>Total</b>
					<b>Total + IVA</b>





FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TRABAJO DE GRADUACIÓN:  
DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA DE LA ACOMETIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

PRESENTAN:  
Br. JESÚS ABILIO DÍAZ ORELLANA  
Br. IVÁN DAVID URBINA NAVARRO

ASESOR:  
MSC. ING. JORGE ALBERTO ZETINO.

CONTIENE:  
DIAGRAMA UNIFILAR, ESTRUCTURAS Y DISTRIBUCIÓN DEL SFVCR DEL EDIFICIO DE PSICOLOGÍA

ESCALA :  
SIN ESCALA

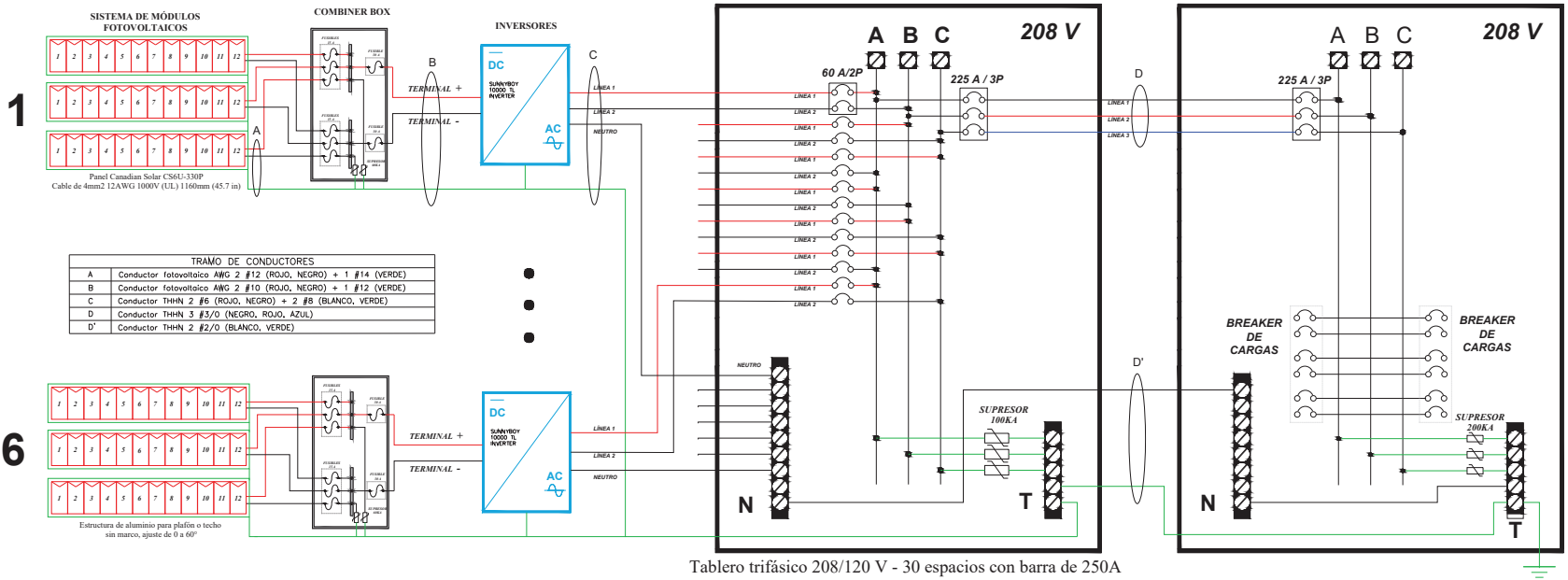
FECHA:  
NOVIEMBRE 2019

NÚMERO DE PLANO: 5

ANEXOS :

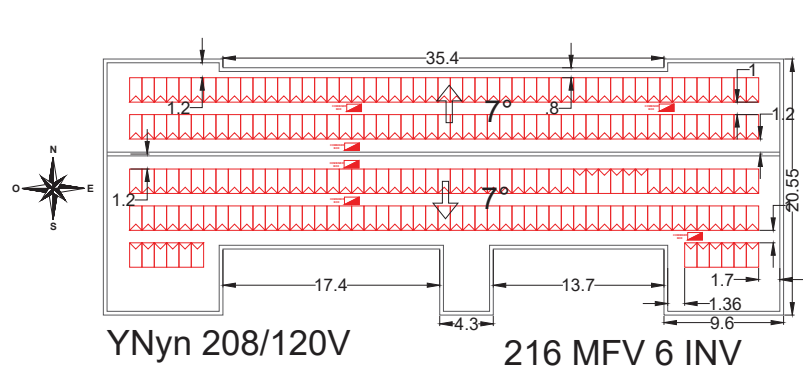
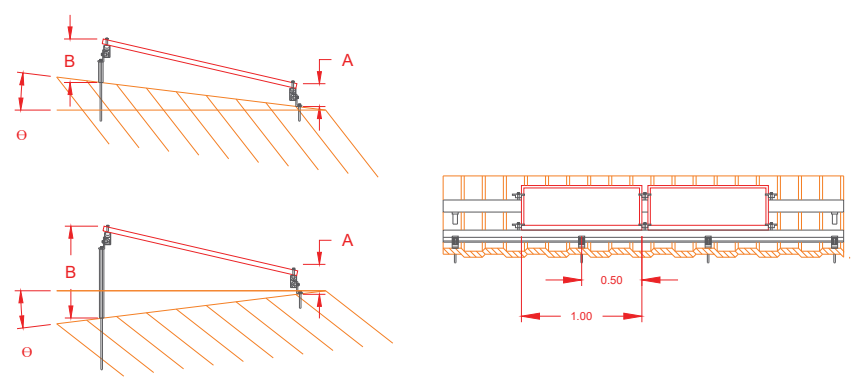
## TABLERO GENERAL EDIFICIO DE PSICOLOGÍA

## TABLERO DE INVERSORES



1

6



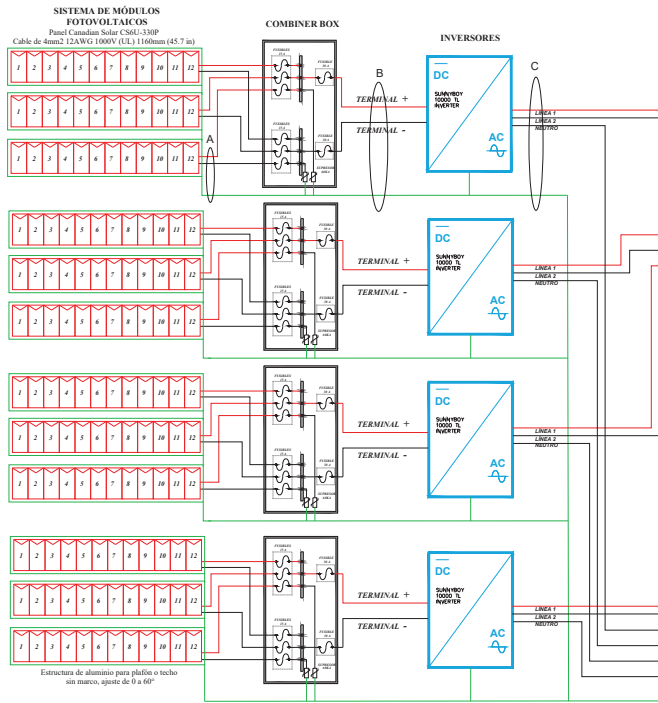
### 3.2.4.5 Edificio de Rectoría

#### Presupuesto

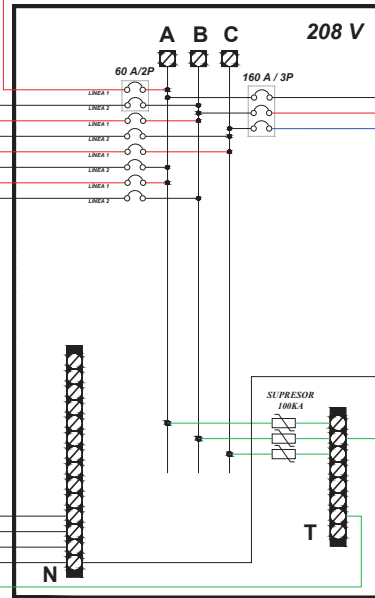
N.º	PARTIDAS	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
<b>1</b>	<b>INSTALACIÓN DE ESTRUCTURA Y PANELES FOTOVOLTAICOS</b>				
1.1	Suministro e instalación de rieles de sujeción IronRidge XR-10-204B, incluyendo sus respectivos tubos EMT de ½” para formar la estructura que se muestra en los planos 1 y 6, para sujetar los paneles debidamente empernada.	SG	1		
1.2	Suministro e instalación de paneles fotovoltaicos Canadian Solar MAX POWER CS6U-330P, junto a sus respectivos End Clamp para sujetar a la estructura en los lados extremos e Inter Clamp para sujeción entre los MFV. Ver Plano 6 para la colocación de los mismos.	U	144		
<b>2</b>	<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE PFV CON SISTEMA DE TIERRA A COMBINER BOX</b>				
2.1	Suministro e Instalación de canalización correspondiente a la sección desde los PFV hasta la Combiner Box, utilizando tuberías EMT de 1” con sus respectivos accesorios. Instalación de cableado utilizando calibre #12 AWG para aplicaciones fotovoltaicas de 1000 VDC, rojo o negro según su polaridad más un calibre #14 AWG THHN color verde para la unión y aterrizaje a tierra entre cada uno de los PFV y la estructura. Cada empalme deberá estar hecho con sus respectivos	m	165		

	adaptadores T4 y para las conexiones de tierra usar sus respectivos terminales de ojo.				
2.2	Suministro e Instalación de Combiner Box con riel DIN con 8 portafusibles y 2 supresores de transientes cada juego, los supresores de transientes deberán ser de 600 V y 60 kA, además los portafusibles Midnite Solar MNTS para 1000 VDC cilíndrico para riel DIN con sus respectivos fusibles los cuales son 10 de 15 A con medidas de 10 x 38 mm 1000 VDC y 10 de 30 A con medidas de 10 x 38 mm 1000 VDC.	U	4		
<b>3</b>	<b>CONEXIÓN DE COMBINER BOX A INVERSORES, DE INVERSORES A TABLERO DE INVERSORES E INSTALACIÓN DEL TABLERO DE INVERSORES</b>				
3.1	Suministro e Instalación de canalización de las líneas de alimentación entre la Combiner Box y los Inversores mediante tubería EMT de 1", e instalación de cableado utilizando calibre #10 AWG negro y rojo, respectivamente según su polaridad, para aplicaciones fotovoltaicas 1000 VDC, calibre #12 AWG THHN color verde para la unión y aterrizaje a tierra utilizando sus respectivos adaptadores T4 macho y hembra según corresponda y sus respectivos terminales de ojo.	m	150		
3.2	Suministro e Instalación de inversores SMA SUNNY-BOY 10000TL-US de 10000 W a 208 V	U	4		
<b>3.3</b>	<b>TRANSPORTE Y CABLEADO DE LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN DE INVERSORES A TABLERO DE INVERSORES</b>				
3.3.1	Suministro e Instalación de la canalización para las líneas de alimentación desde los inversores hacia el tablero de inversores utilizando tuberías EMT de 1", más instalación de cableado conductor THHN #6 AWG con su respectiva señalización de línea y neutro, además de una línea de tierra THHN #8 AWG con sus respectivos terminales para la conexión.	m	45		

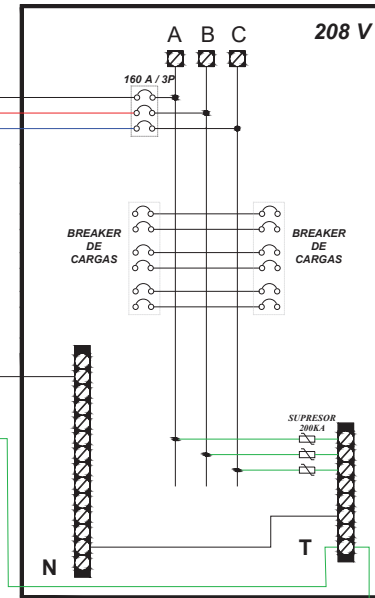
3.3.2	Suministro e Instalación para tablero trifásico 208/120 V de 30 espacios con barra de 250 A y Main de 160 A / 3P, además de 4 Circuit Breaker de 60 A / 2P a 208/120 V y 1 supresor de transientes en AC a 208/120 V de 100 kA trifásicos.	U	1		
<b>4</b>	<b>CONEXIÓN DE TABLERO DE INVERSORES A TABLERO GENERAL</b>				
4.1	Suministro e Instalación de la canalización para el Tablero de Inversores hacia el Tablero General existente en el edificio utilizando tubería EMT de 1 1/2", más sus respectivos conductores THHN #1/0 AWG para línea y THHN #2 AWG para neutro y tierra, todos debidamente señalizados y utilizando sus terminales para la conexión	m	60		
4.2	Suministro e Instalación 1 Circuit Breaker de 160 A / 3P a 208/120 V para la conexión al tablero existente, la colocación de un supresor de transientes operando a 208/120 V de 200 kA con protección de 15 A / 3P, 18 kA conectado al tablero general con cable de tierra #1/0.	SG	1		
					<b>Total</b>
					<b>Total + IVA</b>



### TABLERO DE INVERSORES

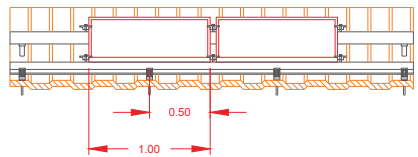
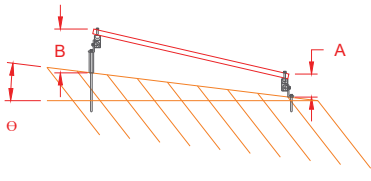


### TABLERO GENERAL EDIFICIO DE RECTORIA



Tablero de inversores trifásico 208/120 V  
 30 espacios con barra de 250A

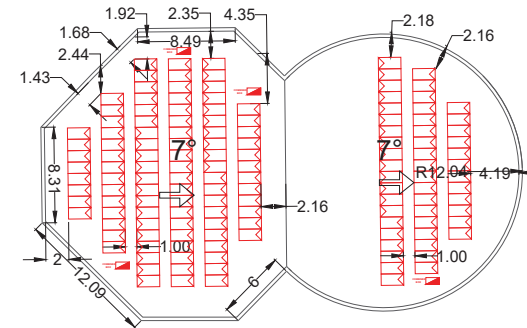
TRAMO DE CONDUCTORES	
A	Conductor fotovoltaico AWG 2 #12 (ROJO, NEGRO) + 1 #14 (VERDE)
B	Conductor fotovoltaico AWG 2 #10 (ROJO, NEGRO) + 1 #12 (VERDE)
C	Conductor THHN 2 #6 (ROJO, NEGRO) + 2 #8 (BLANCO, VERDE)
D	Conductor THHN 3 #1/0 (NEGRO, ROJO, AZUL)
D'	Conductor THHN 2 #2 (BLANCO, VERDE)



YNyn  
 208/120V



144 MFV  
 4 INV



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TRABAJO DE GRADUACIÓN:  
 DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA DE LA ACOMETIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

PRESENTAN:  
 Br. JESÚS ABILIO DÍAZ ORELLANA  
 Br. IVÁN DAVID URBINA NAVARRO

ASESOR:  
 MSC. ING. JORGE ALBERTO ZETINO.

CONTIENE:  
 DIAGRAMA UNIFILAR, ESTRUCTURAS Y DISTRIBUCIÓN DEL SFVCR DEL EDIFICIO DE RECTORIA

ESCALA :  
 SIN ESCALA

FECHA:  
 NOVIEMBRE 2019

NÚMERO DE PLANO: 6

ANEXOS :

### 3.2.4.6 Edificio del Cine Teatro

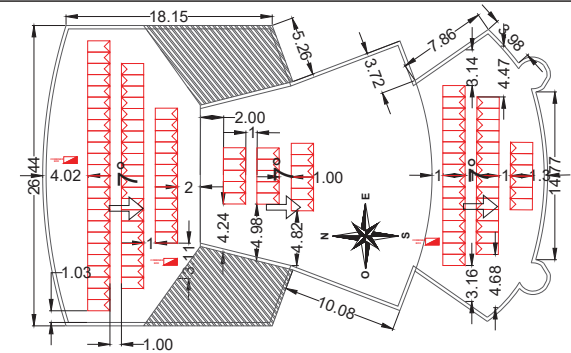
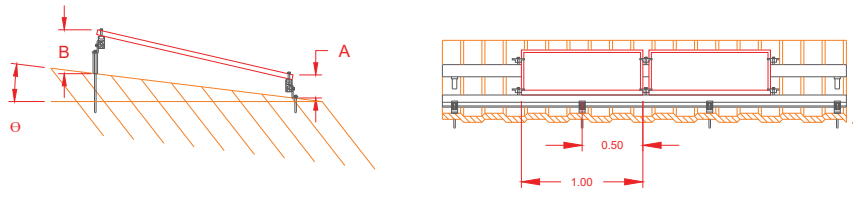
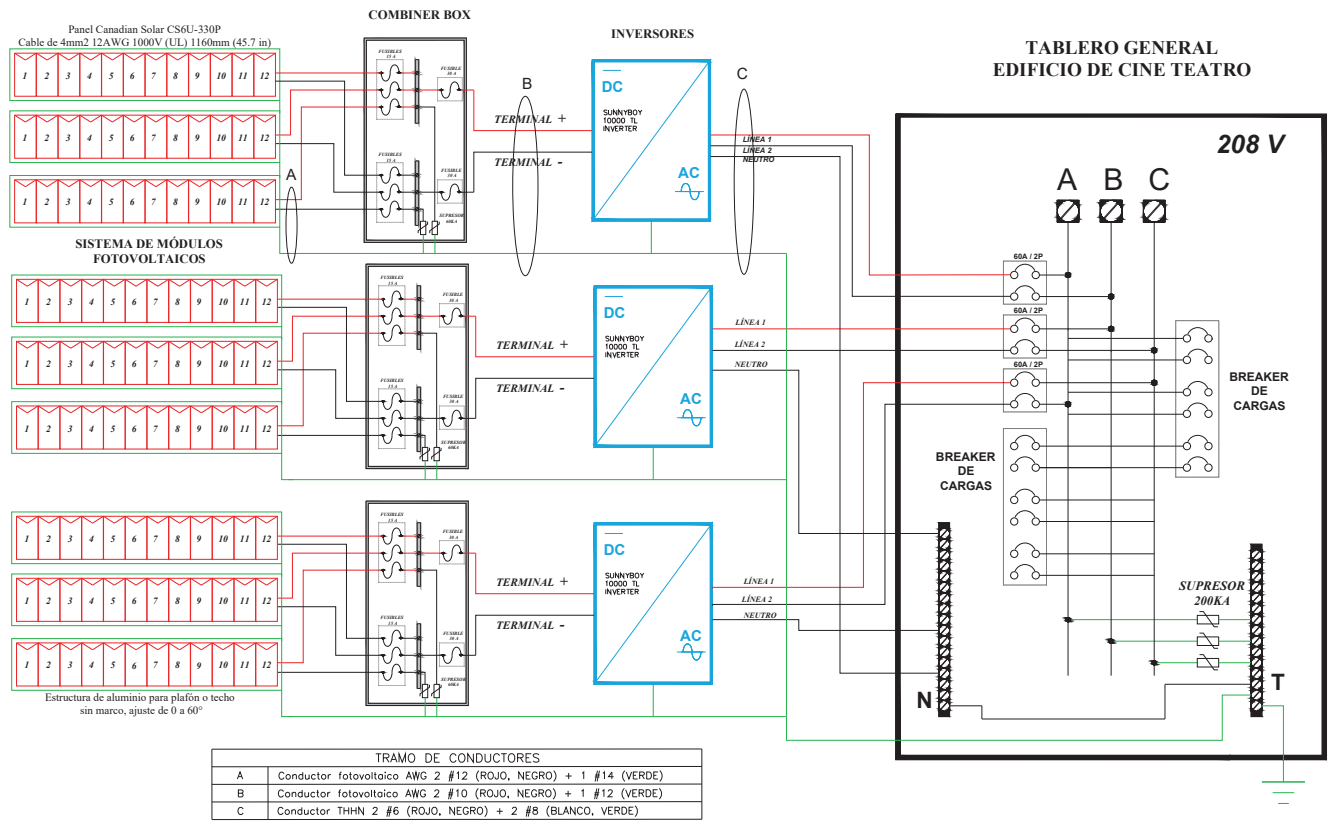
#### Presupuesto

N.º	PARTIDAS	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
<b>1</b>	<b>INSTALACIÓN DE ESTRUCTURA Y PANELES FOTOVOLTAICOS</b>				
	Suministro e instalación de rieles de sujeción IronRidge XR-10-204B, incluyendo sus respectivos tubos EMT de ½” para formar la estructura que se muestra en los planos 1 y 7, para sujetar los paneles debidamente emperrada.	SG	1		
	Suministro e instalación de paneles fotovoltaicos Canadian Solar MAX POWER CS6U-330P, junto a sus respectivos End Clamp para sujetar a la estructura en los lados extremos e Inter Clamp para sujeción entre los MFV. Ver Plano 7 para la colocación de los mismos.	U	108		
<b>2</b>	<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE PFV CON SISTEMA DE TIERRA A COMBINER BOX</b>				
	Suministro e Instalación de canalización correspondiente a la sección desde los PFV hasta la Combiner Box, utilizando tuberías EMT de 1” con sus respectivos accesorios. Instalación de cableado utilizando calibre #12 AWG para aplicaciones fotovoltaicas de 1000 VDC, rojo o negro según su polaridad más un calibre #14 AWG THHN color verde para la unión y aterrizaje a tierra entre cada uno de los PFV y la estructura. Cada empalme deberá estar	m	90		

	hecho con sus respectivos adaptadores T4 y para las conexiones de tierra usar sus respectivos terminales de ojo.				
	Suministro e Instalación de Combiner Box con riel DIN con 8 portafusibles y 2 supresores de transientes cada juego, los supresores de transientes deberán ser de 600 V y 60 kA, además los portafusibles Midnite Solar MNTS para 1000 VDC cilíndrico para riel DIN con sus respectivos fusibles los cuales son 10 de 15 A con medidas de 10 x 38 mm 1000 VDC y 10 de 30 A con medidas de 10 x 38 mm 1000 VDC.	U	3		
<b>3</b>	<b>CONEXIÓN DE COMBINER BOX A INVERSORES, DE INVERSORES A TABLERO DE INVERSORES E INSTALACIÓN DEL TABLERO DE INVERSORES</b>				
3.1	Suministro e Instalación de canalización de las líneas de alimentación entre la Combiner Box y los Inversores mediante tubería EMT de 1", e instalación de cableado utilizando calibre #10 AWG negro y rojo, respectivamente según su polaridad, para aplicaciones fotovoltaicas 1000 VDC, calibre #12 AWG THHN color verde para la unión y aterrizaje a tierra utilizando sus respectivos adaptadores T4 macho y hembra según corresponda y sus respectivos terminales de ojo.	m	150		
3.2	Suministro e Instalación de inversores SMA SUNNY-BOY 10000TL-US de 10000 W a 208 V.	U	3		
<b>4</b>	<b>CONEXIÓN DE TABLERO DE INVERSORES A TABLERO GENERAL</b>				
4.1	Suministro e Instalación de la canalización para el Tablero de Inversores hacia el Tablero General existente en el edificio utilizando tubería EMT de 2", más sus respectivos conductores THHN #2 AWG para línea y THHN #4 AWG para neutro y tierra,	m	38		

	todos debidamente señalizados y utilizando sus terminales para la conexión.				
4.2	Suministro e Instalación 1 Circuit Breaker de 60 A / 2P a 208/120 V para la conexión al tablero existente, la colocación de un supresor de transientes operando a 208/120 V de 200 kA con protección de 15 A / 3P, 18 kA conectado al tablero general con cable de tierra #1/0.	SG	1		
					<b>Total</b>
					<b>Total + IVA</b>





YNyn 208/120V 108 MFV 3 INV



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TRABAJO DE GRADUACIÓN:  
DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA DE LA ACOMETIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

PRESENTAN:  
Br. JESÚS ABILIO DÍAZ ORELLANA  
Br. IVÁN DAVID URBINA NAVARRO

ASESOR:  
MSC. ING. JORGE ALBERTO ZETINO.

CONTIENE:  
DIAGRAMA UNIFILAR, ESTRUCTURAS Y DISTRIBUCIÓN DEL SFVCR DEL EDIFICIO DEL CINE TEATRO

ESCALA :  
SIN ESCALA

FECHA:  
NOVIEMBRE 2019

NÚMERO DE PLANO: 7

ANEXOS :

### 3.2.4.7 Edificio de Artes

#### Presupuesto

N.º	PARTIDAS	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
<b>1</b>	<b>INSTALACIÓN DE ESTRUCTURA Y PANELES FOTOVOLTAICOS</b>				
1.1	Suministro e instalación de rieles de sujeción IronRidge XR-10-204B, incluyendo sus respectivos tubos EMT de ½” para formar la estructura que se muestra en los planos 1 y 8, para sujetar los paneles debidamente empernada.	SG	1		
1.2	Suministro e instalación de paneles fotovoltaicos Canadian Solar MAX POWER CS6U-330P, junto a sus respectivos End Clamp para sujetar a la estructura en los lados extremos e Inter Clamp para sujeción entre los MFV. Ver Plano 8 para la colocación de los mismos.	U	144		
<b>2</b>	<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE PFV CON SISTEMA DE TIERRA A COMBINER BOX</b>				
2.1	Suministro e Instalación de canalización correspondiente a la sección desde los PFV hasta la Combiner Box, utilizando tuberías EMT de 1” con sus respectivos accesorios. Instalación de cableado utilizando calibre #12 AWG para aplicaciones fotovoltaicas de 1000 VDC, rojo o negro según su polaridad más un calibre #14 AWG THHN color verde para la unión y aterrizaje a tierra entre cada uno de los PFV y la estructura. Cada empalme deberá estar hecho con sus respectivos adaptadores T4 y para las conexiones de tierra usar sus respectivos terminales de ojo.	m	155		

2.2	Suministro e Instalación de Combiner Box con riel DIN con 8 portafusibles y 2 supresores de transientes cada juego, los supresores de transientes deberán ser de 600 V y 60 kA, además los portafusibles Midnite Solar MNTS para 1000 VDC cilíndrico para riel DIN con sus respectivos fusibles los cuales son 10 de 15 A con medidas de 10 x 38 mm 1000 VDC y 10 de 30 A con medidas de 10 x 38 mm 1000 VDC.	U	4		
<b>3</b>	<b>CONEXIÓN DE COMBINER BOX A INVERSORES, DE INVERSORES A TABLERO DE INVERSORES E INSTALACIÓN DEL TABLERO DE INVERSORES</b>				
3.1	Suministro e Instalación de canalización de las líneas de alimentación entre la Combiner Box y los Inversores mediante tubería EMT de 1", e instalación de cableado utilizando calibre #10 AWG negro y rojo, respectivamente según su polaridad, para aplicaciones fotovoltaicas 1000 VDC, calibre #12 AWG THHN color verde para la unión y aterrizaje a tierra utilizando sus respectivos adaptadores T4 macho y hembra según corresponda y sus respectivos terminales de ojo.	m	150		
3.2	Suministro e Instalación de inversores SMA SUNNY-BOY 10000TL-US de 10000 W a 208 V	U	4		
<b>3.3</b>	<b>TRANSPORTE Y CABLEADO DE LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN DE INVERSORES A TABLERO DE INVERSORES</b>				
3.3.1	Suministro e Instalación de la canalización para las líneas de alimentación desde los inversores hacia el tablero de inversores utilizando tuberías EMT de 1", más instalación de cableado conductor THHN #6 AWG con su respectiva señalización de línea y neutro, además de una línea de tierra THHN #8 AWG con sus respectivos terminales para la conexión.	m	45		
3.3.2	Suministro e Instalación para tablero trifásico 208/120 V de 30 espacios con barra de 250 A y Main de 160 A / 3P, además de 4 Circuit	U	1		

	Breaker de 60 A / 2P a 208/120 V y 1 supresor de transientes en AC a 208/120 V de 100 kA trifásicos.				
<b>4</b>	<b>CONEXIÓN DE TABLERO DE INVERSORES A TABLERO GENERAL</b>				
4.1	Suministro e Instalación de la canalización para el Tablero de Inversores hacia el Tablero General existente en el edificio utilizando tubería EMT de 1 1/2", más sus respectivos conductores THHN #1/0 AWG para línea y THHN #2 AWG para neutro y tierra, todos debidamente señalizados y utilizando sus terminales para la conexión.	m	60		
4.2	Suministro e Instalación de 1 Circuit Breaker de 160 A / 3P a 208/120 V para la conexión al tablero existente, la colocación de un supresor de transientes operando a 208/120 V de 200 kA con protección de 15 A / 3P, 18 kA conectado al tablero general con cable de tierra #1/0.	SG	1		
				<b>Total</b>	
				<b>Total + IVA</b>	



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TRABAJO DE GRADUACIÓN:  
DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA DE LA ACOMETIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

PRESENTAN:

Br. JESÚS ABILIO DÍAZ ORELLANA

Br. IVÁN DAVID URBINA NAVARRO

ASESOR:

MSC. ING. JORGE ALBERTO ZETINO.

CONTIENE:

DIAGRAMA UNIFILAR, ESTRUCTURAS Y DISTRIBUCIÓN DEL SFVCR DEL EDIFICIO DE ARTES

ESCALA :  
SIN ESCALA

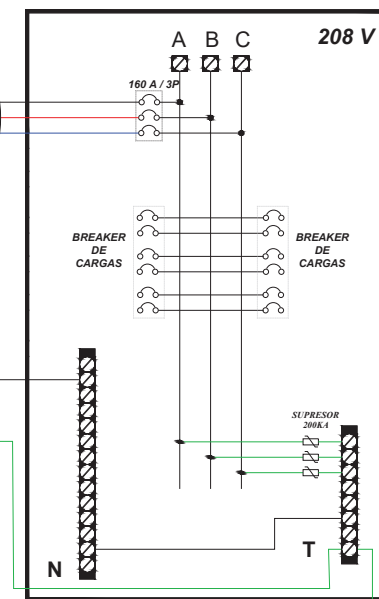
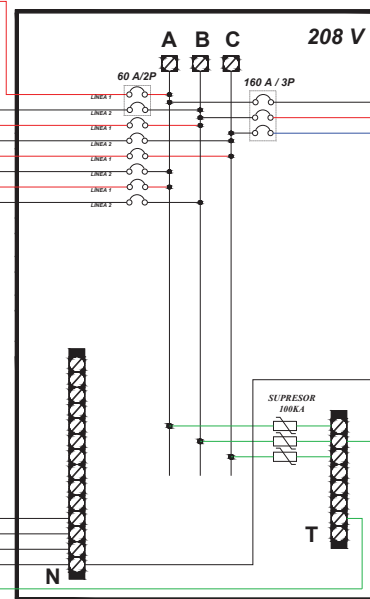
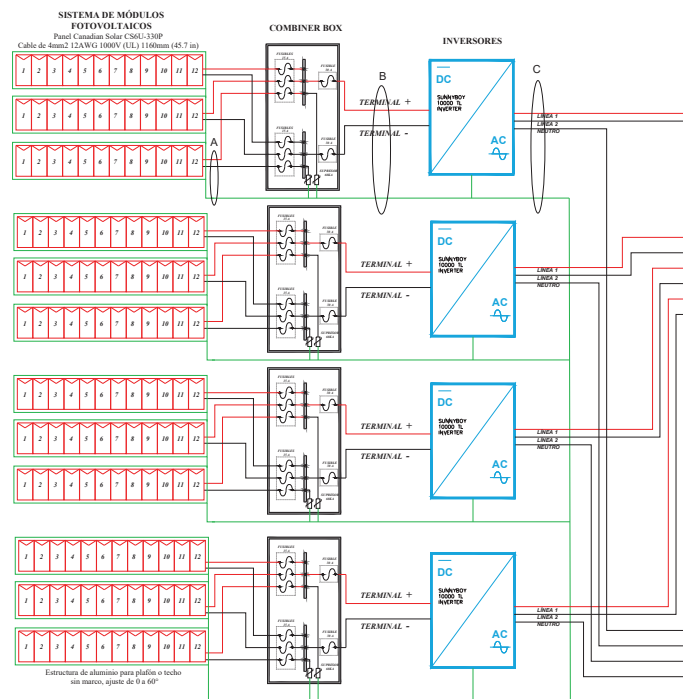
FECHA:  
NOVIEMBRE 2019

NÚMERO DE PLANO: 8

ANEXOS :

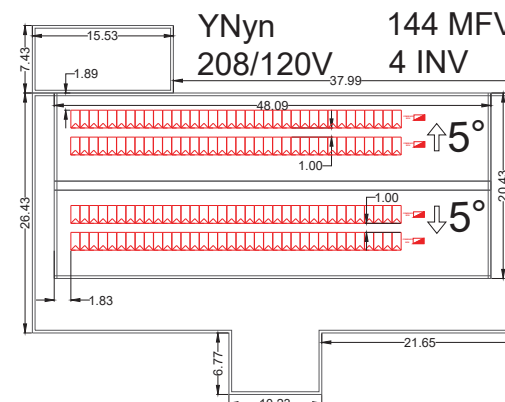
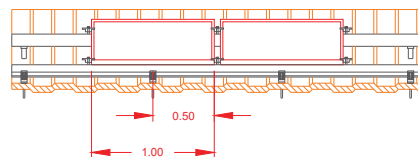
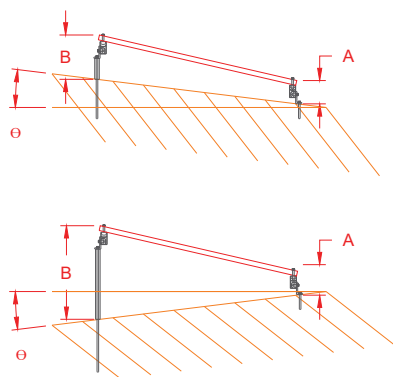
## TABLERO DE INVERSORES

## TABLERO GENERAL EDIFICIO DE ARTES



Tablero de inversores trifásico 208/120 V  
30 espacios con barra de 250A

TRAMO DE CONDUCTORES	
A	Conductor fotovoltaico AWG 2 #12 (ROJO, NEGRO) + 1 #14 (VERDE)
B	Conductor fotovoltaico AWG 2 #10 (ROJO, NEGRO) + 1 #12 (VERDE)
C	Conductor THHN 2 #6 (ROJO, NEGRO) + 2 #8 (BLANCO, VERDE)
D	Conductor THHN 3 #1/0 (NEGRO, ROJO, AZUL)
D'	Conductor THHN 2 #2 (BLANCO, VERDE)



### 3.2.4.8 Edificio de Biblioteca Central

#### Presupuesto

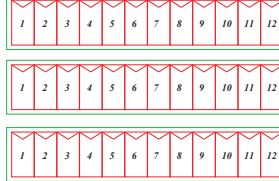
N.º	PARTIDAS	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
<b>1</b>	<b>INSTALACIÓN DE ESTRUCTURA Y PANELES FOTOVOLTAICOS</b>				
1.1	Suministro e instalación de rieles de sujeción IronRidge XR-10-204B, incluyendo sus respectivos tubos EMT de ½” para formar la estructura que se muestra en los planos 1 y 9, para sujetar los paneles debidamente empernada.	SG	1		
1.2	Suministro e instalación de paneles fotovoltaicos Canadian Solar MAX POWER CS6U-330P, junto a sus respectivos End Clamp para sujetar a la estructura en los lados extremos e Inter Clamp para sujeción entre los MFV. Ver Plano 9 para la colocación de los mismos.	U	108		
<b>2</b>	<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE PFV CON SISTEMA DE TIERRA A COMBINER BOX</b>				
2.1	Suministro e Instalación de canalización correspondiente a la sección desde los PFV hasta la Combiner Box, utilizando tuberías EMT de 1” con sus respectivos accesorios. Instalación de cableado utilizando calibre #12 AWG para aplicaciones fotovoltaicas de 1000 VDC, rojo o negro según su polaridad más un calibre #14 AWG THHN color verde para la unión y aterrizaje a tierra entre cada uno de los PFV y la estructura. Cada empalme deberá estar hecho con	m	90		

	sus respectivos adaptadores T4 y para las conexiones de tierra usar sus respectivos terminales de ojo.				
2.2	Suministro e Instalación de Combiner Box con riel DIN con 8 portafusibles y 2 supresores de transientes cada juego, los supresores de transientes deberán ser de 600 V y 60 kA, además los portafusibles Midnite Solar MNTS para 1000 VDC cilíndrico para riel DIN con sus respectivos fusibles los cuales son 10 de 15 A con medidas de 10 x 38 mm 1000 VDC y 10 de 30 A con medidas de 10 x 38 mm 1000 VDC.	U	3		
<b>3</b>	<b>CONEXIÓN DE COMBINER BOX A INVERSORES, DE INVERSORES A TABLERO DE INVERSORES E INSTALACIÓN DEL TABLERO DE INVERSORES</b>				
3.1	Suministro e Instalación de canalización de las líneas de alimentación entre la Combiner Box y los Inversores mediante tubería EMT de 1", e instalación de cableado utilizando calibre #10 AWG negro y rojo, respectivamente según su polaridad, para aplicaciones fotovoltaicas 1000 VDC, calibre #12 AWG THHN color verde para la unión y aterrizaje a tierra utilizando sus respectivos adaptadores T4 macho y hembra según corresponda y sus respectivos terminales de ojo.	m	150		
3.2	Suministro e Instalación de inversores SMA SUNNY-BOY 10000TL-US de 10000 W a 208 V	U	3		
<b>4</b>	<b>CONEXIÓN DE TABLERO DE INVERSORES A TABLERO GENERAL</b>				
4.1	Suministro e Instalación de la canalización para el Tablero de Inversores hacia el Tablero General existente en el edificio utilizando tubería EMT de 1 1/2", más sus respectivos conductores THHN #2 AWG para línea y THHN #4 AWG para neutro y tierra,	m	18		

	todos debidamente señalizados y utilizando sus terminales para la conexión.				
4.2	Suministro e Instalación de 1 Circuit Breaker de 60 A / 2P a 208/120 V para la conexión al tablero existente, la colocación de un supresor de transientes operando a 208/120 V de 200 kA con protección de 15 A / 3P, 18 kA conectado al tablero general con cable de tierra #1/0.	SG	1		
					<b>Total</b>
					<b>Total + IVA</b>



Panel Canadian Solar CS6U-330P  
Cable de 4mm<sup>2</sup> 12AWG 1000V (UL) 1160mm (45.7 in)

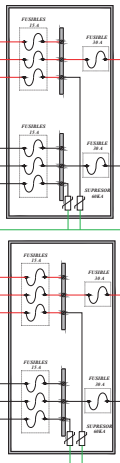


SISTEMA DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

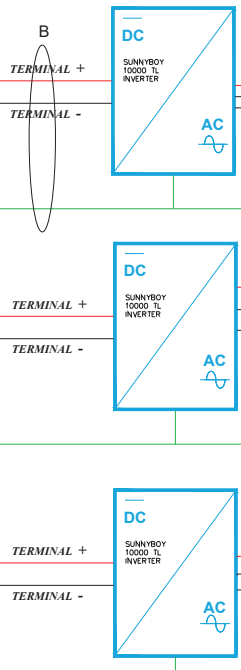


Estructura de aluminio para plafón o techo sin marco, ajuste de 0 a 60°

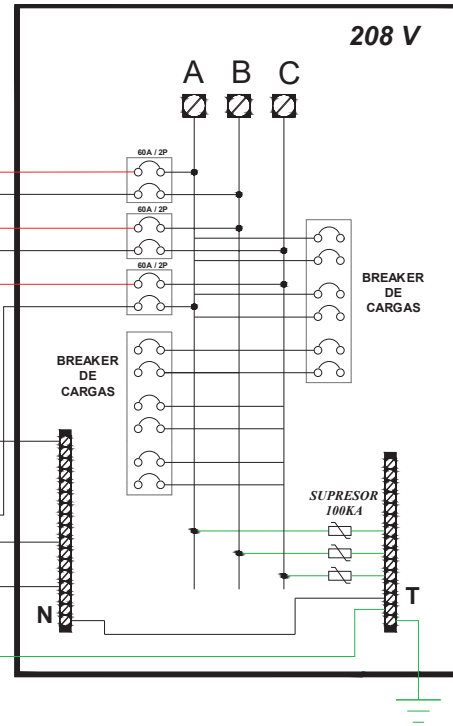
COMBINER BOX



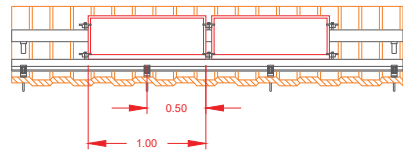
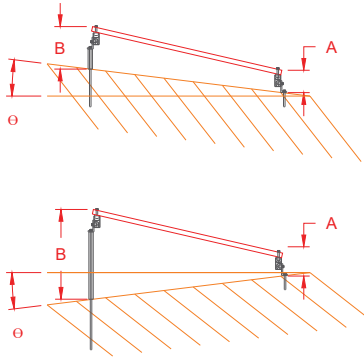
INVERSORES



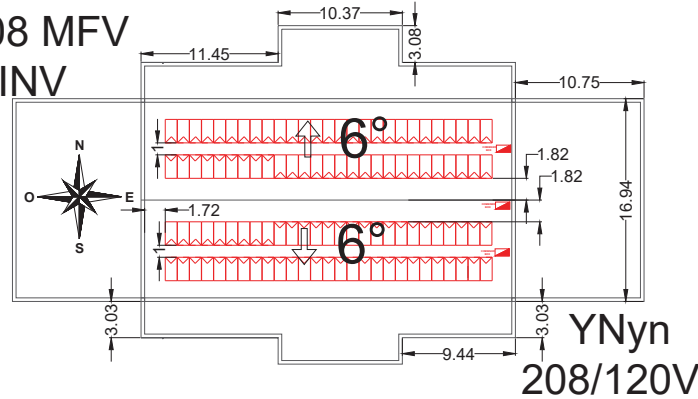
TABLERO GENERAL EDIFICIO DE BIBLIOTECA CENTRAL



TRAMO DE CONDUCTORES	
A	Conductor fotovoltaico AWG 2 #12 (ROJO, NEGRO) + 1 #14 (VERDE)
B	Conductor fotovoltaico AWG 2 #10 (ROJO, NEGRO) + 1 #12 (VERDE)
C	Conductor THHN 2 #6 (ROJO, NEGRO) + 2 #8 (BLANCO, VERDE)



108 MFV  
3 INV



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TRABAJO DE GRADUACIÓN:  
DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA DE LA ACOMETIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

PRESENTAN:  
Br. JESÚS ABILIO DÍAZ ORELLANA  
Br. IVÁN DAVID URBINA NAVARRO

ASESOR:  
MSC. ING. JORGE ALBERTO ZETINO.

CONTIENE:  
DIAGRAMA UNIFILAR, ESTRUCTURAS Y DISTRIBUCIÓN DEL SFVCR DEL EDIFICIO DE LA BIBLIOTECA CENTRAL

ESCALA :  
SIN ESCALA

FECHA:  
NOVIEMBRE 2019

NÚMERO DE PLANO: 9

ANEXOS :

### 3.2.4.9 Edificio de Jurisprudencia y Ciencias Sociales

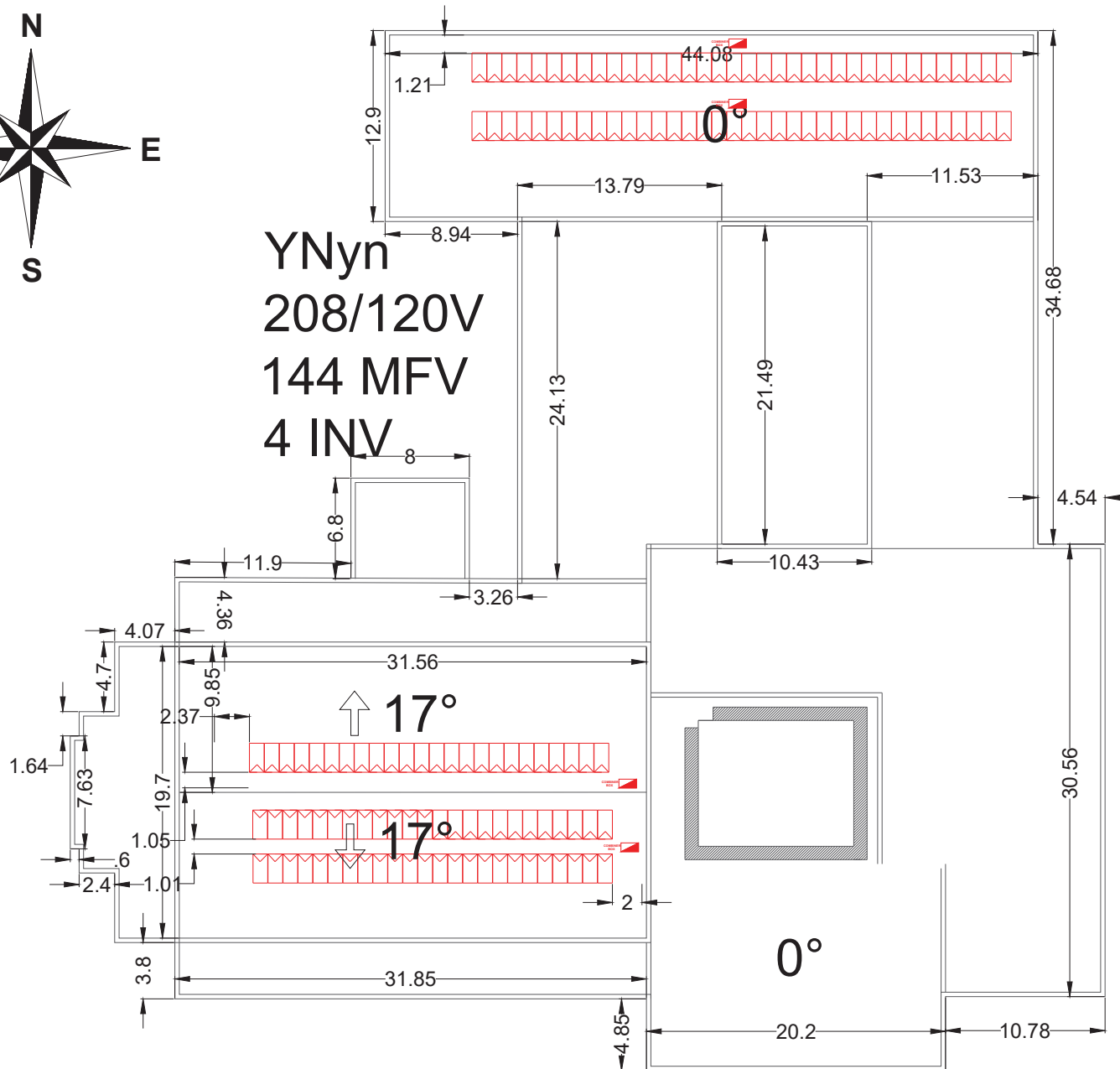
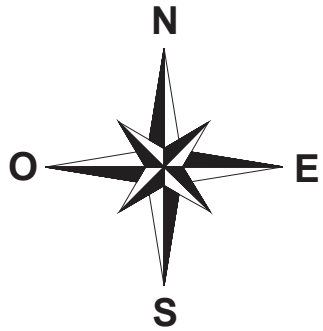
#### Presupuesto

N.º	PARTIDAS	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
<b>1</b>	<b>INSTALACIÓN DE ESTRUCTURA Y PANELES FOTOVOLTAICOS</b>				
1.1	Suministro e instalación de rieles de sujeción IronRidge XR-10-204B, incluyendo sus respectivos tubos EMT de ½” para formar la estructura que se muestra en los planos 1 y 10B, para sujetar los paneles debidamente empernada.	SG	1		
1.2	Suministro e instalación de paneles fotovoltaicos Canadian Solar MAX POWER CS6U-330P, junto a sus respectivos End Clamp para sujetar a la estructura en los lados extremos e Inter Clamp para sujeción entre los MFV. Ver Plano 10B para la colocación de los mismos.	U	144		
<b>2</b>	<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE PFV CON SISTEMA DE TIERRA A COMBINER BOX</b>				
2.1	Suministro e Instalación de canalización correspondiente a la sección desde los PFV hasta la Combiner Box, utilizando tuberías EMT de 1” con sus respectivos accesorios. Instalación de cableado utilizando calibre #12 AWG para aplicaciones fotovoltaicas de 1000 VDC, rojo o negro según su polaridad más un calibre #14 AWG THHN color verde para la unión y aterrizaje a tierra entre cada uno de los PFV y la estructura. Cada empalme deberá estar hecho con sus respectivos adaptadores T4 y para las conexiones de tierra usar sus respectivos terminales de ojo.	m	180		

2.2	Suministro e Instalación de Combiner Box con riel DIN con 8 portafusibles y 2 supresores de transientes cada juego, los supresores de transientes deberán ser de 600 V y 60 kA, además los portafusibles Midnite Solar MNTS para 1000 VDC cilíndrico para riel DIN con sus respectivos fusibles los cuales son 10 de 15 A con medidas de 10 x 38 mm 1000 VDC y 10 de 30 A con medidas de 10 x 38 mm 1000 VDC.	U	4		
<b>3</b>	<b>CONEXIÓN DE COMBINER BOX A INVERSORES, DE INVERSORES A TABLERO DE INVERSORES E INSTALACIÓN DEL TABLERO DE INVERSORES</b>				
3.1	Suministro e Instalación de canalización de las líneas de alimentación entre la Combiner Box y los Inversores mediante tubería EMT de 1", e instalación de cableado utilizando calibre #10 AWG negro y rojo, respectivamente según su polaridad, para aplicaciones fotovoltaicas 1000 VDC, calibre #12 AWG THHN color verde para la unión y aterrizaje a tierra utilizando sus respectivos adaptadores T4 macho y hembra según corresponda y sus respectivos terminales de ojo.	m	195		
3.2	Suministro e Instalación de inversores SMA SUNNY-BOY 10000TL-US de 10000 W a 208 V	U	4		
<b>3.3</b>	<b>TRANSPORTE Y CABLEADO DE LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN DE INVERSORES A TABLERO DE INVERSORES</b>				
3.3.1	Suministro e Instalación de la canalización para las líneas de alimentación desde los inversores hacia el tablero de inversores utilizando tuberías EMT de 1", más instalación de cableado conductor THHN #6 AWG con su respectiva señalización de línea y neutro, además de una línea de tierra THHN #8 AWG con sus respectivos terminales para la conexión.	m	45		
3.3.2	Suministro e Instalación para tablero trifásico 208/120 V de 30 espacios con barra de 250 A y Main de 160 A / 3P, además de 4 Circuit	U	1		

	Breaker de 60 A / 2P a 208/120 V y 1 supresor de transientes en AC a 208/120 V de 100 kA trifásicos.				
<b>4</b>	<b>CONEXIÓN DE TABLERO DE INVERSORES A TABLERO GENERAL</b>				
4.1	Suministro e Instalación de la canalización para el Tablero de Inversores hacia el Tablero General existente en el edificio utilizando tubería EMT de 1 1/2", más sus respectivos conductores THHN #1/0 AWG para línea y THHN #2 AWG para neutro y tierra, todos debidamente señalizados y utilizando sus terminales para la conexión.	m	60		
4.2	Suministro e Instalación de 1 Circuit Breaker de 160 A / 3P a 208/120 V para la conexión al tablero existente, la colocación de un supresor de transientes operando a 208/120 V de 200 kA con protección de 15 A / 3P, 18 kA conectado al tablero general con cable de tierra #1/0.	SG	1		
					<b>Total</b>
					<b>Total + IVA</b>





YNyn  
 208/120V  
 144 MFV  
 4 INV



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TRABAJO DE GRADUACIÓN:  
 DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA DE LA ACOMETIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

PRESENTAN:

Br. JESÚS ABILIO DÍAZ ORELLANA  
 Br. IVÁN DAVID URBINA NAVARRO

ASESOR:

MSC. ING. JORGE ALBERTO ZETINO.

CONTIENE:

DIAGRAMA UNIFILAR, ESTRUCTURAS Y DISTRIBUCIÓN DEL SFVCR DEL EDIFICIO DE JURISPRUDENCIA

ESCALA :

SIN ESCALA

FECHA:

NOVIEMBRE 2019

NÚMERO DE PLANO:

10B

ANEXOS :



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TRABAJO DE GRADUACIÓN:  
DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA DE LA ACOMETIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

PRESENTAN:

Br. JESÚS ABILIO DÍAZ ORELLANA

Br. IVÁN DAVID URBINA NAVARRO

ASESOR:

MSC. ING. JORGE ALBERTO ZETINO.

CONTIENE:

DIAGRAMA UNIFILAR, ESTRUCTURAS Y DISTRIBUCIÓN DEL SFVCR DEL EDIFICIO DE JURISPRUDENCIA

ESCALA :

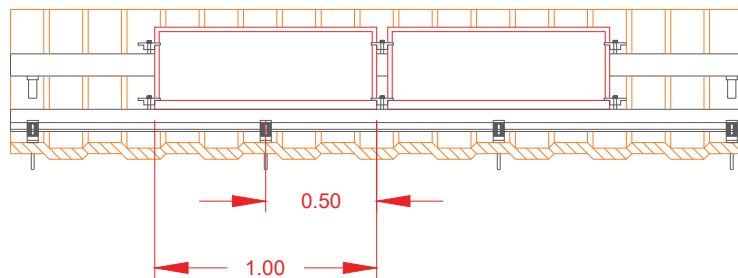
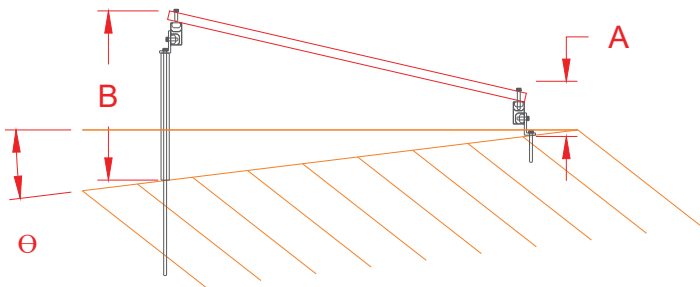
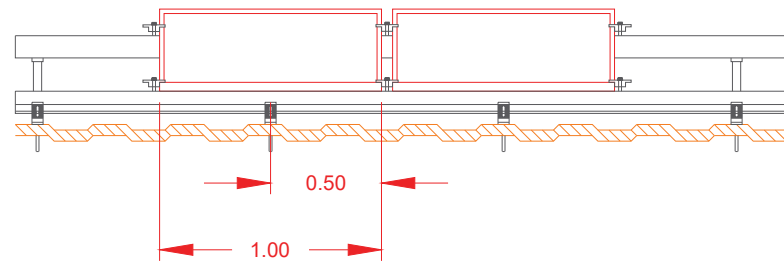
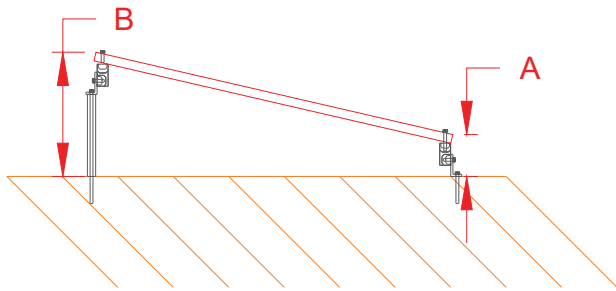
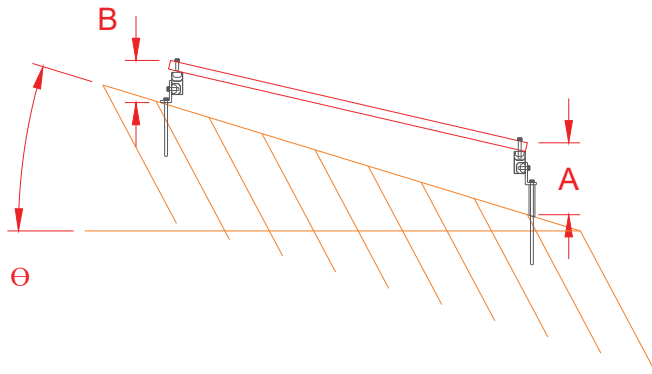
SIN ESCALA

FECHA:

NOVIEMBRE 2019

NÚMERO DE PLANO: 10C

ANEXOS :



### 3.2.4.10 Edificio de Usos Múltiples

#### Presupuesto

N.º	PARTIDAS	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
<b>1</b>	<b>INSTALACIÓN DE ESTRUCTURA Y PANELES FOTOVOLTAICOS</b>		<b>1</b>		
1.1	Suministro e instalación de rieles de sujeción IronRidge XR-10-204B, incluyendo sus respectivos tubos EMT de ½” para formar la estructura que se muestra en los planos 1 y 11, para sujetar los paneles debidamente empernada.	SG	1		
1.2	Suministro e instalación de paneles fotovoltaicos Canadian Solar KuMax CS3U-350P, junto a sus respectivos End Clamp para sujetar a la estructura en los lados extremos e Inter Clamp para sujeción entre los MFV. Ver Plano 11 para la colocación de los mismos.	U	60		
<b>2</b>	<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE PFV CON SISTEMA DE TIERRA A COMBINER BOX</b>				
2.1	Suministro e Instalación de canalización correspondiente a la sección desde los PFV hasta la Combiner Box, utilizando tuberías EMT de 1” con sus respectivos accesorios. Instalación de cableado utilizando calibre #12 AWG para aplicaciones fotovoltaicas de 1000 VDC, rojo o negro según su polaridad más un calibre #14 AWG THHN color verde para la unión y aterrizaje a tierra entre cada uno de los PFV y la estructura. Cada empalme deberá estar hecho con sus respectivos adaptadores T4 y para las conexiones de tierra usar sus respectivos terminales de ojo.	m	60		

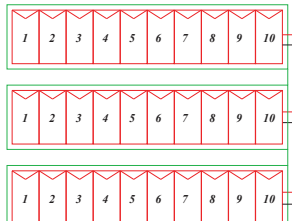
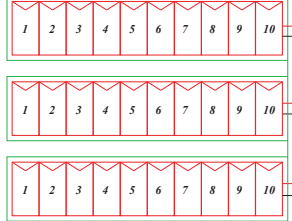


2.2	Suministro e Instalación de Combiner Box con riel DIN con 8 portafusibles y 2 supresores de transientes cada juego, los supresores de transientes deberán ser de 600 V y 60 kA, además los portafusibles Midnite Solar MNTS para 1000 VDC cilíndrico para riel DIN con sus respectivos fusibles los cuales son 10 de 15 A con medidas de 10 x 38 mm 1000 VDC y 10 de 30 A con medidas de 10 x 38 mm 1000 VDC.	U	2		
<b>3</b>	<b>CONEXIÓN DE COMBINER BOX A INVERSORES, DE INVERSORES A TABLERO DE INVERSORES E INSTALACIÓN DEL TABLERO DE INVERSORES</b>				
3.1	Suministro e Instalación de canalización de las líneas de alimentación entre la Combiner Box y los Inversores mediante tubería EMT de 1", e instalación de cableado utilizando calibre #10 AWG negro y rojo, respectivamente según su polaridad, para aplicaciones fotovoltaicas 1000 VDC, calibre #12 AWG THHN color verde para la unión y aterrizaje a tierra utilizando sus respectivos adaptadores T4 macho y hembra según corresponda y sus respectivos terminales de ojo.	m	75		
3.2	Suministro e Instalación de inversores SMA SUNNY-BOY 10000TL-US de 10000 W a 208 V	U	2		
<b>4</b>	<b>CONEXIÓN DE TABLERO DE INVERSORES A TABLERO GENERAL</b>				
4.1	Suministro e Instalación de la canalización para el Tablero de Inversores hacia el Tablero General existente en el edificio utilizando tubería EMT de 1 1/2", más sus respectivos conductores THHN #2 AWG para línea y THHN #4 AWG para neutro y tierra, todos debidamente señalizados y utilizando sus terminales para la conexión.	m	12		

4.2	Suministro e Instalación de Circuit Breaker de 60 A / 2P a 208/120 V para la conexión al tablero existente, la colocación de un supresor de transientes operando a 208/120 V de 200 kA con protección de 15 A / 3P, 18 kA conectado al tablero general con cable de tierra #1/0.	U	2		
					<b>Total</b>
					<b>Total + IVA</b>

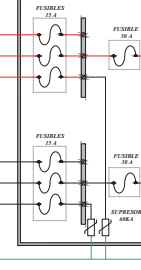
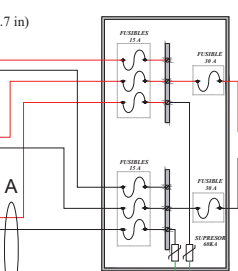
**SISTEMA DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS**

Panel Canadian Solar CS6U-350P  
Cable de 4mm<sup>2</sup> 12AWG 1000V (UL) 1160mm (45.7 in)

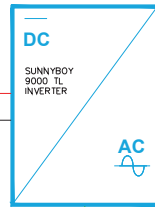
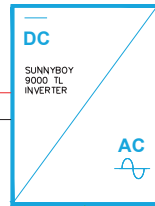


Estructura de aluminio para plafón o techo sin marco, ajuste de 0 a 60°

**COMBINER BOX**

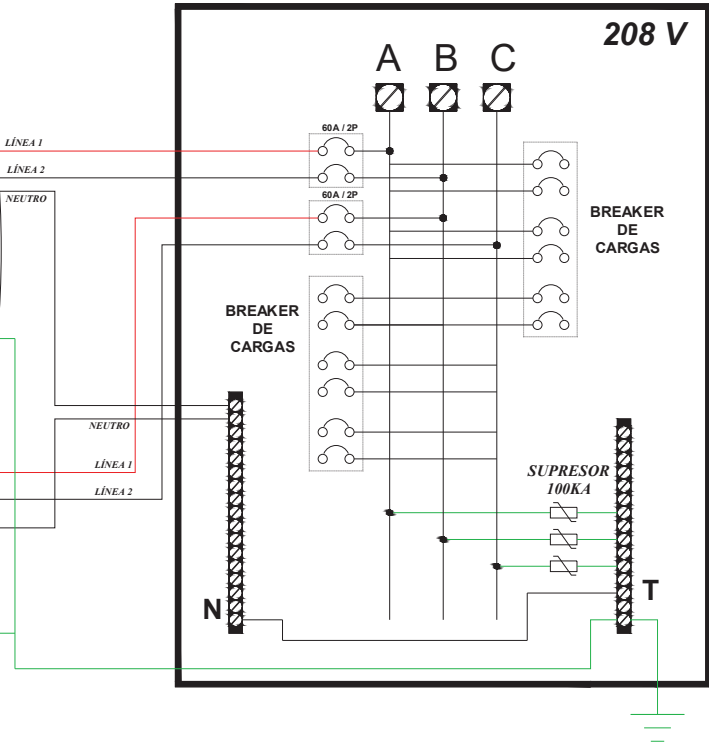


**INVERSORES**

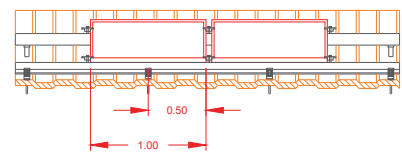
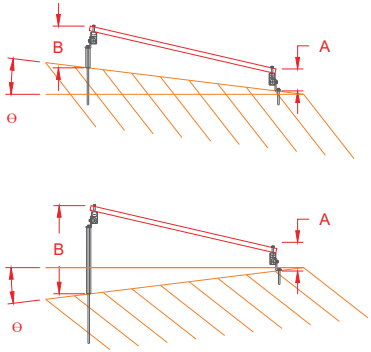


**TABLERO GENERAL EDIFICIO USOS MULTIPLES**

**208 V**



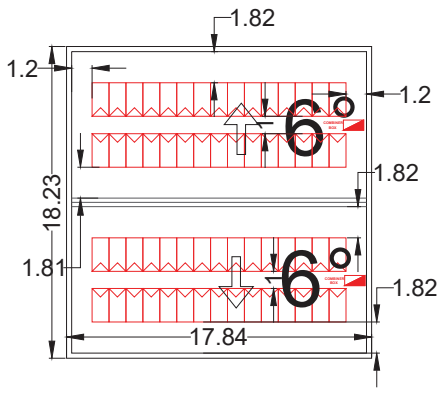
TRAMO DE CONDUCTORES	
A	Conductor fotovoltaico AWG 2 #12 (ROJO, NEGRO) + 1 #14 (VERDE)
B	Conductor fotovoltaico AWG 2 #10 (ROJO, NEGRO) + 1 #12 (VERDE)
C	Conductor THHN 2 #6 (ROJO, NEGRO) + 2 #8 (BLANCO, VERDE)



60 MFV de 350W  
2 INV de 9kW



YNyn  
208/120V



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TRABAJO DE GRADUACIÓN:  
DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA DE LA ACOMETIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

PRESENTAN:  
Br. JESÚS ABILIO DÍAZ ORELLANA  
Br. IVÁN DAVID URBINA NAVARRO

ASESOR:  
MSC. ING. JORGE ALBERTO ZETINO.

CONTIENE:  
DIAGRAMA UNIFILAR, ESTRUCTURAS Y DISTRIBUCIÓN DEL SFVCR DEL EDIFICIO DE USOS MÚLTIPLES

ESCALA :  
SIN ESCALA

FECHA:  
NOVIEMBRE 2019

NÚMERO DE PLANO: 11

ANEXOS :

### 3.2.4.11 Edificio Administrativo de Ciencias Agronómicas

#### Presupuesto

N.º	PARTIDAS	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
<b>1</b>	<b>INSTALACIÓN DE ESTRUCTURA Y PANELES FOTOVOLTAICOS</b>				
1.1	Suministro e instalación de rieles de sujeción IronRidge XR-10-204B, incluyendo sus respectivos tubos EMT de ½” para formar la estructura que se muestra en los planos 1 y 12, para sujetar los paneles debidamente empernada.	SG	1		
1.2	Suministro e instalación de paneles fotovoltaicos Canadian Solar MAX POWER CS6U-330P, junto a sus respectivos End Clamp para sujetar a la estructura en los lados extremos e Inter Clamp para sujeción entre los MFV. Ver Plano 12 para la colocación de los mismos.	U	66		
<b>2</b>	<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE PFV CON SISTEMA DE TIERRA A COMBINER BOX</b>				
2.1	Suministro e Instalación de canalización correspondiente a la sección desde los PFV hasta la Combiner Box, utilizando tuberías EMT de 1” con sus respectivos accesorios. Instalación de cableado utilizando calibre #12 AWG para aplicaciones fotovoltaicas de 1000 VDC, rojo o negro según su polaridad más un calibre #14 AWG THHN color verde para la unión y aterrizaje a tierra entre cada uno de los PFV y la estructura. Cada empalme deberá estar	m	66		

	hecho con sus respectivos adaptadores T4 y para las conexiones de tierra usar sus respectivos terminales de ojo.				
2.2	Suministro e Instalación de Combiner Box con riel DIN con 8 portafusibles y 2 supresores de transientes cada juego, los supresores de transientes deberán ser de 600 V y 60 kA, además los portafusibles Midnite Solar MNTS para 1000 VDC cilíndrico para riel DIN con sus respectivos fusibles los cuales son 10 de 15 A con medidas de 10 x 38 mm 1000 VDC y 10 de 30 A con medidas de 10 x 38 mm 1000 VDC.	U	2		
<b>3</b>	<b>CONEXIÓN DE COMBINER BOX A INVERSORES, DE INVERSORES A TABLERO DE INVERSORES E INSTALACIÓN DEL TABLERO DE INVERSORES</b>				
3.1	Suministro e Instalación de canalización de las líneas de alimentación entre la Combiner Box y los Inversores mediante tubería EMT de 1", e instalación de cableado utilizando calibre #10 AWG negro y rojo, respectivamente según su polaridad, para aplicaciones fotovoltaicas 1000 VDC, calibre #12 AWG THHN color verde para la unión y aterrizaje a tierra utilizando sus respectivos adaptadores T4 macho y hembra según corresponda y sus respectivos terminales de ojo.	m	150		
3.2	Suministro e Instalación de inversores SMA SUNNY-BOY 9000TL-US de 9000 W a 208 V	U	2		
<b>4</b>	<b>CONEXIÓN DE TABLERO DE INVERSORES A TABLERO GENERAL</b>				
4.1	Suministro e Instalación de la canalización para el Tablero de Inversores hacia el Tablero General existente en el edificio utilizando tubería EMT de 1 1/2", más sus respectivos conductores THHN #2 AWG para línea y THHN #4 AWG para neutro y tierra,	m	12		

	todos debidamente señalizados y utilizando sus terminales para la conexión.				
4.2	Suministro e Instalación de 2 Circuit Breaker de 60 A / 2P a 208/120 V para la conexión al tablero existente, la colocación de un supresor de transientes operando a 208/120 V de 200 kA con protección de 15 A / 3P, 18 kA conectado al tablero general con cable de tierra #1/0.	SG	1		
				<b>Total</b>	
				<b>Total + IVA</b>	

## TABLERO GENERAL EDIFICIO ADMINISTRATIVO CIENCIAS AGRONÓMICAS



FACULTAD DE INGENIERÍA Y  
ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA  
ELÉCTRICA

TRABAJO DE GRADUACIÓN:  
DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN  
ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA DE LA  
ACOMETIDA DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS AGRONÓMICAS DEL CAMPUS  
CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL  
SALVADOR

PRESENTAN:

Br. JESÚS ABILIO  
DÍAZ ORELLANA

Br. IVÁN DAVID  
URBINA NAVARRO

ASESOR:

MSC. ING. JORGE ALBERTO  
ZETINO.

CONTIENE:

DIAGRAMA UNIFILAR,  
ESTRUCTURAS Y DISTRIBUCIÓN  
DEL SFVCR DEL EDIFICIO  
ADMINISTRATIVO DE AGRONOMIA

ESCALA :

SIN  
ESCALA

FECHA:

NOVIEMBRE 2019

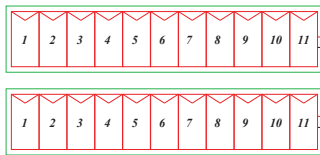
NÚMERO DE PLANO:

12

ANEXOS :

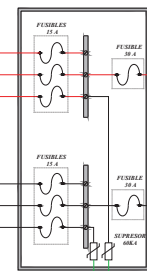
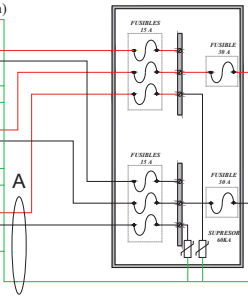
### SISTEMA DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Panel Canadian Solar CS6U-330P  
Cable de 4mm<sup>2</sup> 12AWG 1000V (UL) 1160mm (45.7 in)

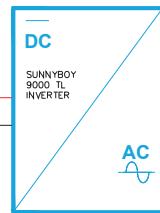
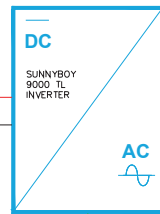


Estructura de aluminio para plafón o techo  
sin marco, ajuste de 0 a 60°

### COMBINER BOX

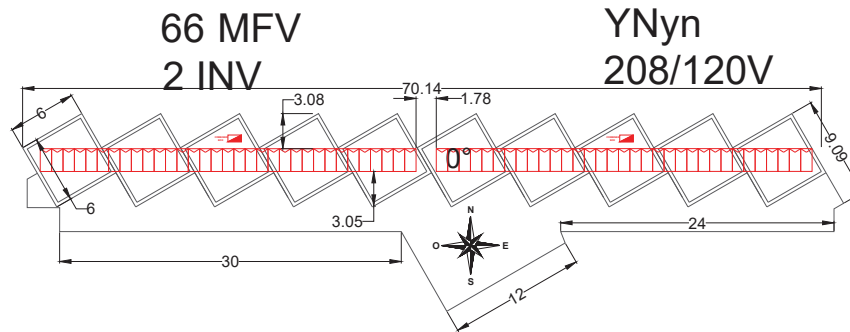
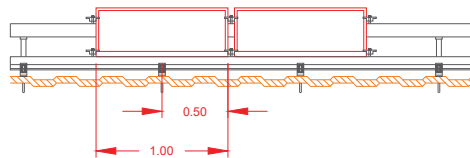
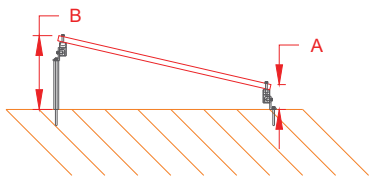
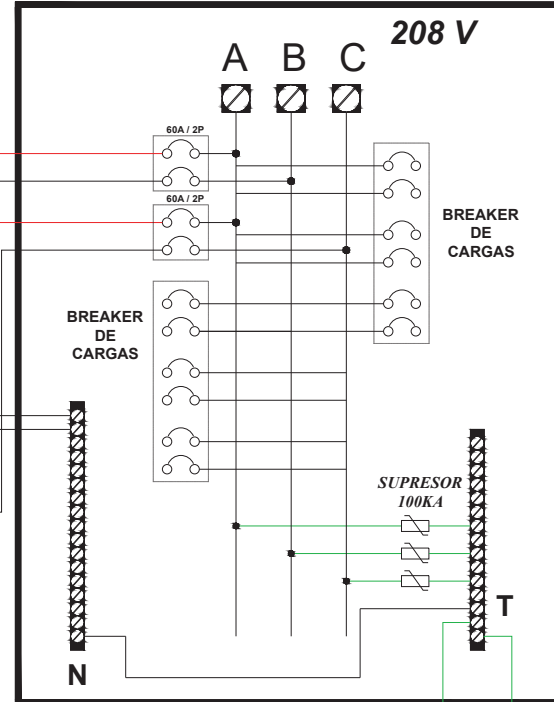


### INVERSORES



### TRAMO DE CONDUCTORES

A	Conductor fotovoltaico AWG 2 #12 (ROJO, NEGRO) + 1 #14 (VERDE)
B	Conductor fotovoltaico AWG 2 #10 (ROJO, NEGRO) + 1 #12 (VERDE)
C	Conductor THHN 2 #6 (ROJO, NEGRO) + 2 #8 (BLANCO, VERDE)



### 3.2.4.12 Edificio de CENSALUD

#### Presupuesto

N.º	PARTIDAS	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
<b>1</b>	<b>INSTALACIÓN DE ESTRUCTURA Y PANELES FOTOVOLTAICOS</b>				
1.1	Suministro e instalación de rieles de sujeción IronRidge XR-10-204B, incluyendo sus respectivos tubos EMT de ½” para formar la estructura que se muestra en los planos 1 y 13, para sujetar los paneles debidamente empernada.	SG	1		
1.2	Suministro e instalación de paneles fotovoltaicos Canadian Solar MAX POWER CS6U-330P, junto a sus respectivos End Clamp para sujetar a la estructura en los lados extremos e Inter Clamp para sujeción entre los MFV. Ver Plano 13 para la colocación de los mismos.	U	231		
<b>2</b>	<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE PFV CON SISTEMA DE TIERRA A COMBINER BOX</b>				
2.1	Suministro e Instalación de canalización correspondiente a la sección desde los PFV hasta la Combiner Box, utilizando tuberías EMT de 1” con sus respectivos accesorios. Instalación de cableado utilizando calibre #12 AWG para aplicaciones fotovoltaicas de 1000 VDC, rojo o negro según su polaridad más un calibre #14 AWG THHN color verde para la unión y aterrizaje a tierra entre cada uno de los PFV y la estructura. Cada empalme deberá estar hecho con sus respectivos	m	405		



	adaptadores T4 y para las conexiones de tierra usar sus respectivos terminales de ojo.				
2.2	Suministro e Instalación de Combiner Box con riel DIN con 8 portafusibles y 2 supresores de transientes cada juego, los supresores de transientes deberán ser de 600 V y 60 kA, además los portafusibles Midnite Solar MNTS para 1000 VDC cilíndrico para riel DIN con sus respectivos fusibles los cuales son 10 de 15 A con medidas de 10 x 38 mm 1000 VDC y 10 de 30 A con medidas de 10 x 38 mm 1000 VDC.	U	7		
<b>3</b>	<b>CONEXIÓN DE COMBINER BOX A INVERSORES, DE INVERSORES A TABLERO DE INVERSORES E INSTALACIÓN DEL TABLERO DE INVERSORES</b>				
3.1	Suministro e Instalación de canalización de las líneas de alimentación entre la Combiner Box y los Inversores mediante tubería EMT de 1", e instalación de cableado utilizando calibre #10 AWG negro y rojo, respectivamente según su polaridad, para aplicaciones fotovoltaicas 1000 VDC, calibre #12 AWG THHN color verde para la unión y aterrizaje a tierra utilizando sus respectivos adaptadores T4 macho y hembra según corresponda y sus respectivos terminales de ojo.	m	450		
3.2	Suministro e Instalación de inversor SMA SUNNY-BOY 9000TL-US de 9000 W a 208 V.	U	7		
<b>3.3</b>	<b>TRANSPORTE Y CABLEADO DE LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN DE INVERSORES A TABLERO DE INVERSORES</b>				
3.3.1	Suministro e Instalación de la canalización para las líneas de alimentación desde los inversores hacia el tablero de inversores utilizando tuberías EMT de 1", más instalación de cableado conductor THHN #6 AWG con su respectiva señalización de línea y neutro, además de una línea de tierra THHN #8 AWG con sus respectivos terminales para la conexión.	m	150		

3.3.2	Suministro e Instalación para tablero trifásico 208/120 V de 30 espacios con barra de 250 A y Main de 250 A / 3P, además de 7 Circuit Breaker de 60 A / 2P a 208/120 V y 1 supresor de transientes en AC a 208/120 V de 100 kA trifásicos.	U	1		
<b>4</b>	<b>CONEXIÓN DE TABLERO DE INVERSORES A TABLERO GENERAL</b>				
4.1	Suministro e Instalación de la canalización para el Tablero de Inversores hacia el Tablero General existente en el edificio utilizando tubería EMT de 2", más sus respectivos conductores THHN #3/0 AWG para línea y THHN #2/0 AWG para neutro y tierra, todos debidamente señalizados y utilizando sus terminales para la conexión.	m	45		
4.2	Suministro e Instalación de 1 Circuit Breaker de 225 A / 3P a 208/120 V para la conexión al tablero existente, la colocación de un supresor de transientes operando a 208/120 V de 200 kA con protección de 15 A / 3P, 18 kA conectado al tablero general con cable de tierra #1/0.	SG	1		
					<b>Total</b>
					<b>Total + IVA</b>



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TRABAJO DE GRADUACIÓN:  
DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA DE LA ACOMETIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

PRESENTAN:

Br. JESÚS ABILIO DÍAZ ORELLANA  
Br. IVÁN DAVID URBINA NAVARRO

ASESOR:

MSC. ING. JORGE ALBERTO ZETINO.

CONTIENE:

DIAGRAMA UNIFILAR, ESTRUCTURAS Y DISTRIBUCIÓN DEL SFVCR DEL EDIFICIO DE #####

ESCALA :

SIN ESCALA

FECHA:

NOVIEMBRE 2019

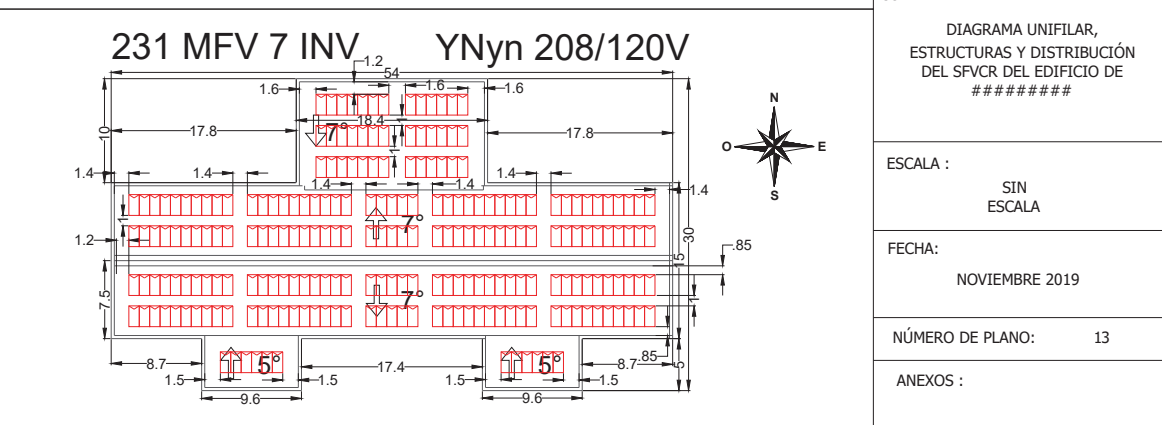
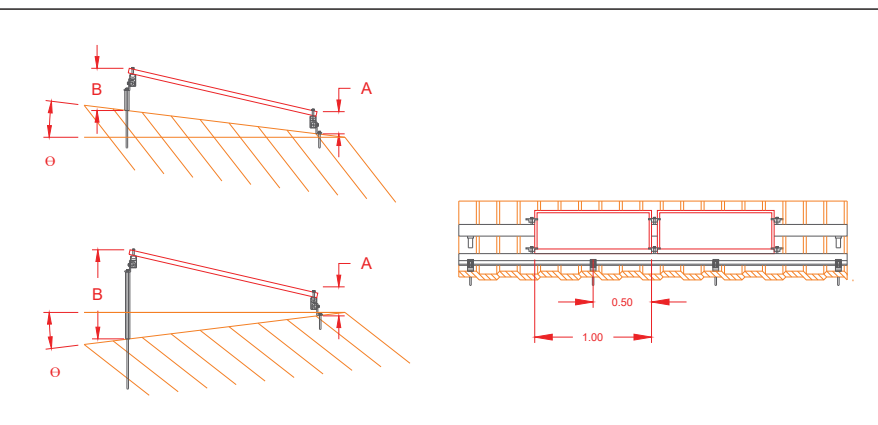
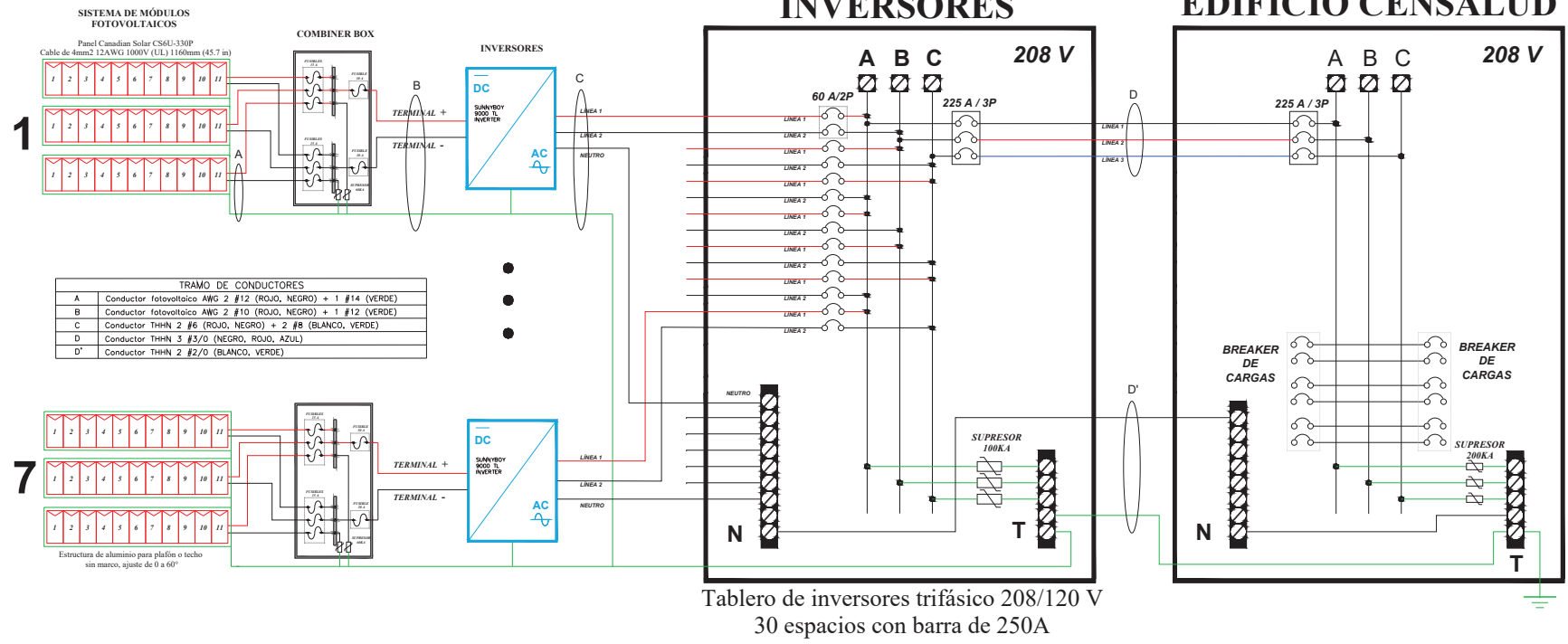
NÚMERO DE PLANO:

13

ANEXOS :

## TABLERO DE INVERSORES

## TABLERO GENERAL EDIFICIO CENSALUD



### 3.2.4.13 Edificio Central de la Facultad de Química y Farmacia

#### Presupuesto

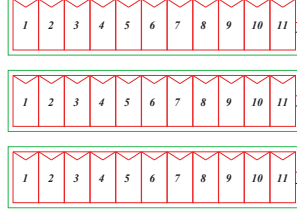
N.º	PARTIDAS	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
<b>1</b>	<b>INSTALACIÓN DE ESTRUCTURA Y PANELES FOTOVOLTAICOS</b>				
1.1	Suministro e instalación de rieles de sujeción IronRidge XR-10-204B, incluyendo sus respectivos tubos EMT de ½” para formar la estructura que se muestra en los planos 1 y 14, para sujetar los paneles debidamente empernada.	SG	1		
1.2	Suministro e instalación de paneles fotovoltaicos Canadian Solar MAX POWER CS6U-350P, junto a sus respectivos End Clamp para sujetar a la estructura en los lados extremos e Inter Clamp para sujeción entre los MFV. Ver Plano 14 para la colocación de los mismos.	U	66		
<b>2</b>	<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE PFV CON SISTEMA DE TIERRA A COMBINER BOX</b>				
2.1	Suministro e Instalación de canalización correspondiente a la sección desde los PFV hasta la Combiner Box, utilizando tuberías EMT de 1” con sus respectivos accesorios. Instalación de cableado utilizando calibre #12 AWG para aplicaciones fotovoltaicas de 1000 VDC, rojo o negro según su polaridad más un calibre #14 AWG THHN color verde para la unión y aterrizaje a tierra entre cada uno de los PFV y la estructura. Cada empalme deberá estar	m	45		

	hecho con sus respectivos adaptadores T4 y para las conexiones de tierra usar sus respectivos terminales de ojo.				
2.2	Suministro e Instalación de Combiner Box con riel DIN con 8 portafusibles y 2 supresores de transientes cada juego, los supresores de transientes deberán ser de 600 V y 60 kA, además los portafusibles Midnite Solar MNTS para 1000 VDC cilíndrico para riel DIN con sus respectivos fusibles los cuales son 10 de 15 A con medidas de 10 x 38 mm 1000 VDC y 10 de 30 A con medidas de 10 x 38 mm 1000 VDC.	U	2		
<b>3</b>	<b>CONEXIÓN DE COMBINER BOX A INVERSORES, DE INVERSORES A TABLERO DE INVERSORES E INSTALACIÓN DEL TABLERO DE INVERSORES</b>				
3.1	Suministro e Instalación de canalización de las líneas de alimentación entre la Combiner Box y los Inversores mediante tubería EMT de 1", e instalación de cableado utilizando calibre #10 AWG negro y rojo, respectivamente según su polaridad, para aplicaciones fotovoltaicas 1000 VDC, calibre #12 AWG THHN color verde para la unión y aterrizaje a tierra utilizando sus respectivos adaptadores T4 macho y hembra según corresponda y sus respectivos terminales de ojo.	m	150		
3.2	Suministro e Instalación de inversor SMA SUNNY-BOY 9000TL-US de 9000 W a 208 V	U	2		
<b>4</b>	<b>CONEXIÓN DE TABLERO DE INVERSORES A TABLERO GENERAL</b>				
4.1	Suministro e Instalación de la canalización para el Tablero de Inversores hacia el Tablero General existente en el edificio utilizando tubería EMT de 1 1/2", más sus respectivos conductores THHN #2 AWG para línea y THHN #4 AWG para neutro y tierra,	m	12		

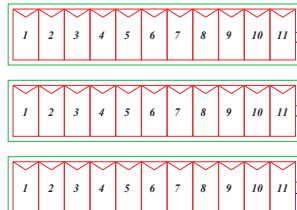
	todos debidamente señalizados y utilizando sus terminales para la conexión.				
4.2	Suministro e Instalación de 2 Circuit Breaker de 60 A / 2P a 208/120 V para la conexión al tablero existente, la colocación de un supresor de transientes operando a 208/120 V de 200 kA con protección de 15 A / 3P, 18 kA conectado al tablero general con cable de tierra #1/0.	SG	1		
					<b>Total</b>
					<b>Total + IVA</b>

TRAMO DE CONDUCTORES	
A	Conductor fotovoltaico AWG 2 #12 (ROJO, NEGRO) + 1 #14 (VERDE)
B	Conductor fotovoltaico AWG 2 #10 (ROJO, NEGRO) + 1 #12 (VERDE)
C	Conductor THHN 2 #6 (ROJO, NEGRO) + 2 #8 (BLANCO, VERDE)

Panel Canadian Solar CS6U-330P  
Cable de 4mm<sup>2</sup> 12AWG 1000V (UL) 1160mm (45.7 in)

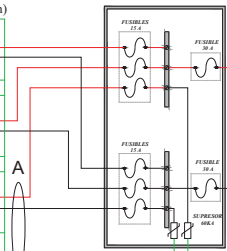


SISTEMA DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

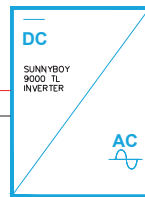
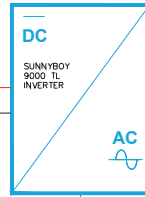


Estructura de aluminio para plafón o techo sin marco, ajuste de 0 a 60°

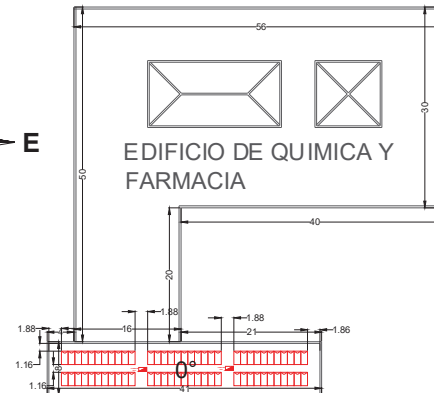
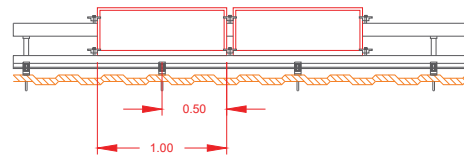
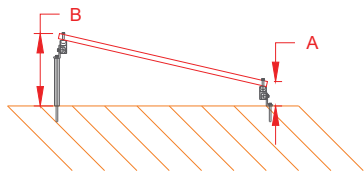
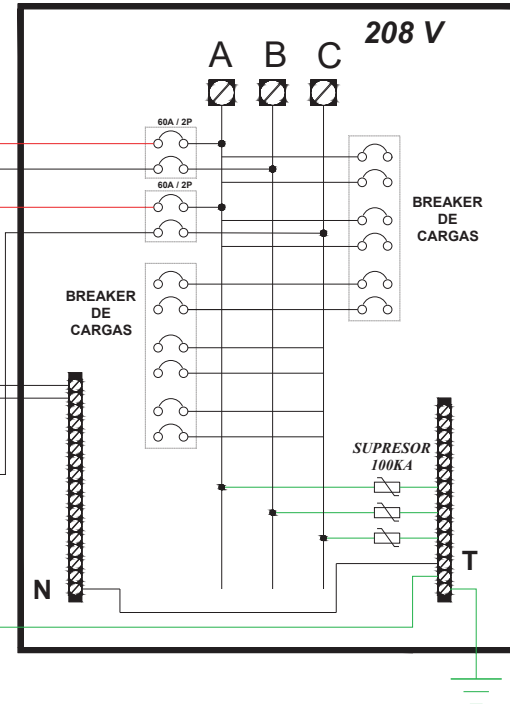
COMBINER BOX



INVERSORES



## TABLERO GENERAL EDIFICIO QUÍMICA Y FARMACIA



YNyn  
208/120V

66  
MFV  
2 INV



FACULTAD DE INGENIERÍA Y  
ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA  
ELÉCTRICA

TRABAJO DE GRADUACIÓN:  
DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN  
ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA DE LA  
ACOMETIDA DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS AGRONÓMICAS DEL CAMPUS  
CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL  
SALVADOR

PRESENTAN:

Br. JESÚS ABILIO  
DÍAZ ORELLANA

Br. IVÁN DAVID  
URBINA NAVARRO

ASESOR:

MSC. ING. JORGE ALBERTO  
ZETINO.

CONTIENE:

DIAGRAMA UNIFILAR,  
ESTRUCTURAS Y DISTRIBUCIÓN  
DEL SFVCR DEL EDIFICIO DE  
QUIMICA Y FARMACIA

ESCALA :

SIN  
ESCALA

FECHA:

NOVIEMBRE 2019

NÚMERO DE PLANO:

14

ANEXOS :

### 3.2.4.14 Edificio de Ciencias de la Salud

#### Presupuesto

N.º	PARTIDAS	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
<b>1</b>	<b>INSTALACIÓN DE ESTRUCTURA Y PANELES FOTOVOLTAICOS</b>				
1.1	Suministro e instalación de rieles de sujeción IronRidge XR-10-204B, incluyendo sus respectivos tubos EMT de ½” para formar la estructura que se muestra en los planos 1 y 15, para sujetar los paneles debidamente empernada.	SG	1		
1.2	Suministro e instalación de paneles fotovoltaicos Canadian Solar MAX POWER CS6U-330P, junto a sus respectivos End Clamp para sujetar a la estructura en los lados extremos e Inter Clamp para sujeción entre los MFV. Ver Plano 15 para la colocación de los mismos.	U	210		
<b>2</b>	<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE PFV CON SISTEMA DE TIERRA A COMBINER BOX</b>				
2.1	Suministro e Instalación de canalización correspondiente a la sección desde los PFV hasta la Combiner Box, utilizando tuberías EMT de 1” con sus respectivos accesorios. Instalación de cableado utilizando calibre #12 AWG para aplicaciones fotovoltaicas de 1000 VDC, rojo o negro según su polaridad más un calibre #14 AWG THHN color verde para la unión y aterrizaje a tierra entre cada uno de los PFV y la estructura. Cada empalme deberá estar hecho con sus respectivos	m	300		



	adaptadores T4 y para las conexiones de tierra usar sus respectivos terminales de ojo.				
2.2	Suministro e Instalación de Combiner Box con riel DIN con 8 portafusibles y 2 supresores de transientes cada juego, los supresores de transientes deberán ser de 600 V y 60 kA, además los portafusibles Midnite Solar MNTS para 1000 VDC cilíndrico para riel DIN con sus respectivos fusibles los cuales son 10 de 15 A con medidas de 10 x 38 mm 1000 VDC y 10 de 30 A con medidas de 10 x 38 mm 1000 VDC.	U	7		
<b>3</b>	<b>CONEXIÓN DE COMBINER BOX A INVERSORES, DE INVERSORES A TABLERO DE INVERSORES E INSTALACIÓN DEL TABLERO DE INVERSORES</b>				
3.1	Suministro e Instalación de canalización de las líneas de alimentación entre la Combiner Box y los Inversores mediante tubería EMT de 1", e instalación de cableado utilizando calibre #10 AWG negro y rojo, respectivamente según su polaridad, para aplicaciones fotovoltaicas 1000 VDC, calibre #12 AWG THHN color verde para la unión y aterrizaje a tierra utilizando sus respectivos adaptadores T4 macho y hembra según corresponda y sus respectivos terminales de ojo.	m	360		
3.2	Suministro e Instalación de inversor SMA SUNNY-BOY 8000-US de 8000 W a 240 V	U	7		
<b>3.3</b>	<b>TRANSPORTE Y CABLEADO DE LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN DE INVERSORES A TABLERO DE INVERSORES</b>				
3.3.1	Suministro e Instalación de la canalización para las líneas de alimentación desde los inversores hacia el tablero de inversores utilizando tuberías EMT de 1", más instalación de cableado conductor THHN #6 AWG con su respectiva señalización de línea y neutro, además de una línea de tierra THHN #8 AWG con sus respectivos terminales para la conexión.	m	90		

3.3.2	Suministro e Instalación para tablero trifásico 240/120 V de 30 espacios con barra de 300 A y Main de 300 A / 3P, además de 6 Circuit Breaker de 60 A / 2P a 240/120 V y 1 supresor de transientes en AC a 240/120 V de 100 kA trifásicos.	U	1		
<b>4</b>	<b>CONEXIÓN DE TABLERO DE INVERSORES A TABLERO GENERAL</b>				
4.1	Suministro e Instalación de la canalización para el Tablero de Inversores hacia el Tablero General existente en el edificio utilizando tubería EMT de 2", más sus respectivos conductores MCM 250 AWG para línea y THHN #4/0 AWG para neutro y tierra, todos debidamente señalizados y utilizando sus terminales para la conexión.	m	60		
4.2	Suministro e Instalación de 1 Circuit Breaker de 300 A / 3P a 240/120 V para la conexión al tablero existente, la colocación de un supresor de transientes operando a 240/120 V de 200 kA con protección de 15 A / 3P, 18 kA conectado al tablero general con cable de tierra #1/0.	SG	1		
				<b>Total</b>	
				<b>Total + IVA</b>	



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TRABAJO DE GRADUACIÓN:  
DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA DE LA ACOMETIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

PRESENTAN:

Br. JESÚS ABILIO DÍAZ ORELLANA  
Br. IVÁN DAVID URBINA NAVARRO

ASESOR:

MSC. ING. JORGE ALBERTO ZETINO.

CONTIENE:

DIAGRAMA UNIFILAR, ESTRUCTURAS Y DISTRIBUCIÓN DEL SFVCR DEL EDIFICIO DE CIENCIAS DE LA SALUD

ESCALA :  
SIN ESCALA

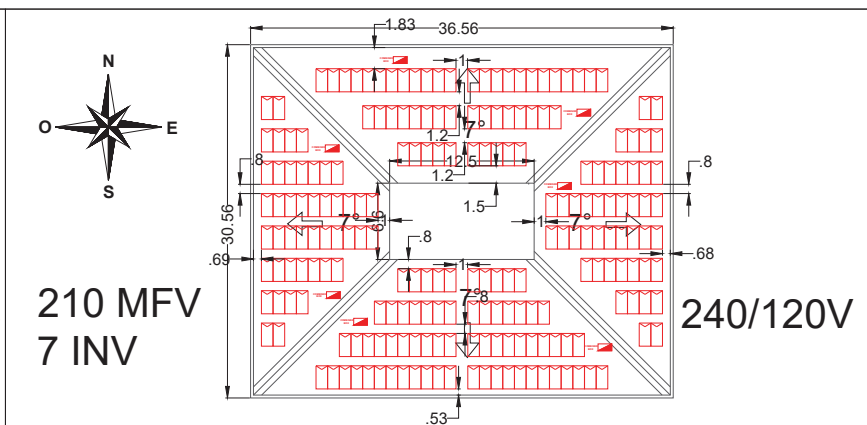
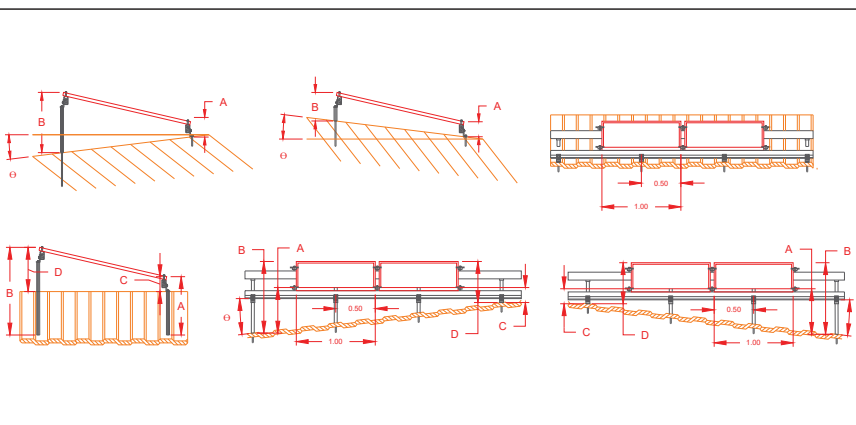
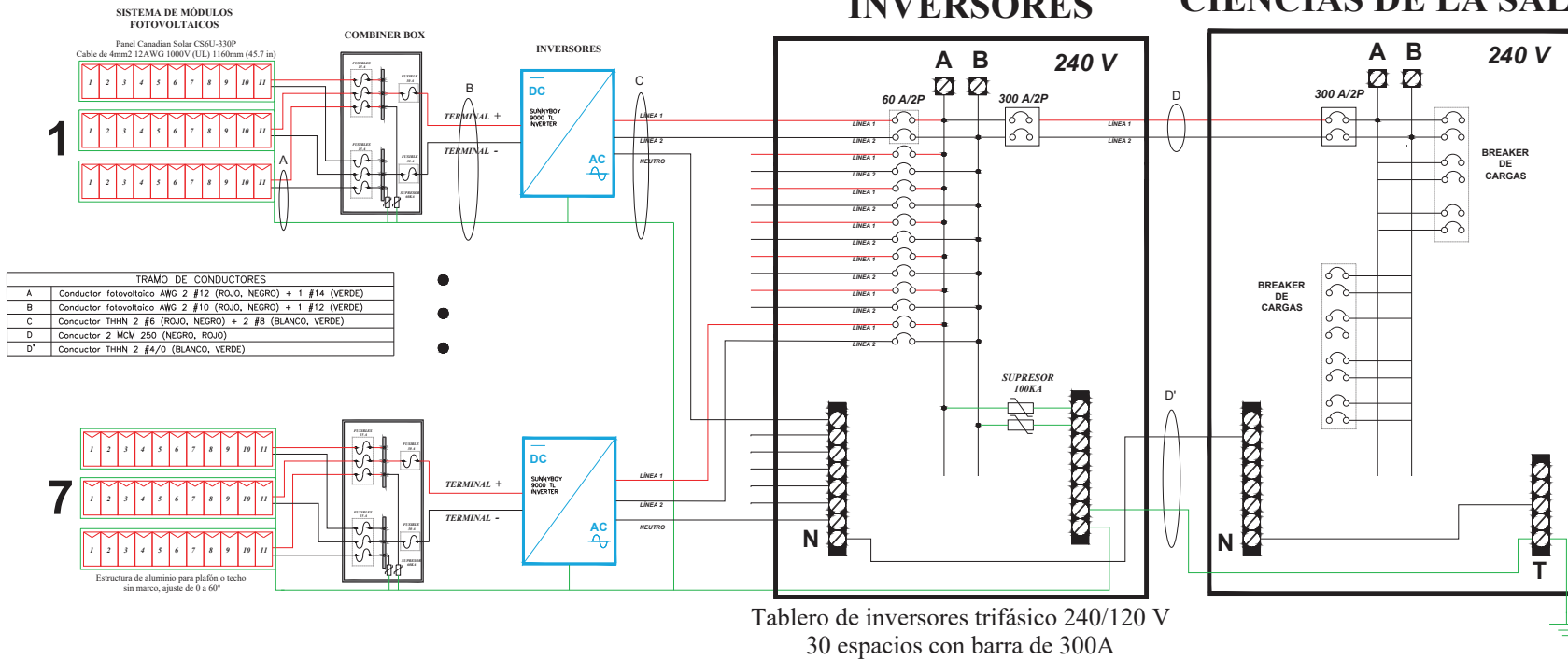
FECHA:  
NOVIEMBRE 2019

NÚMERO DE PLANO: 15

ANEXOS :

## TABLERO DE INVERSORES

## TABLERO GENERAL CIENCIAS DE LA SALUD



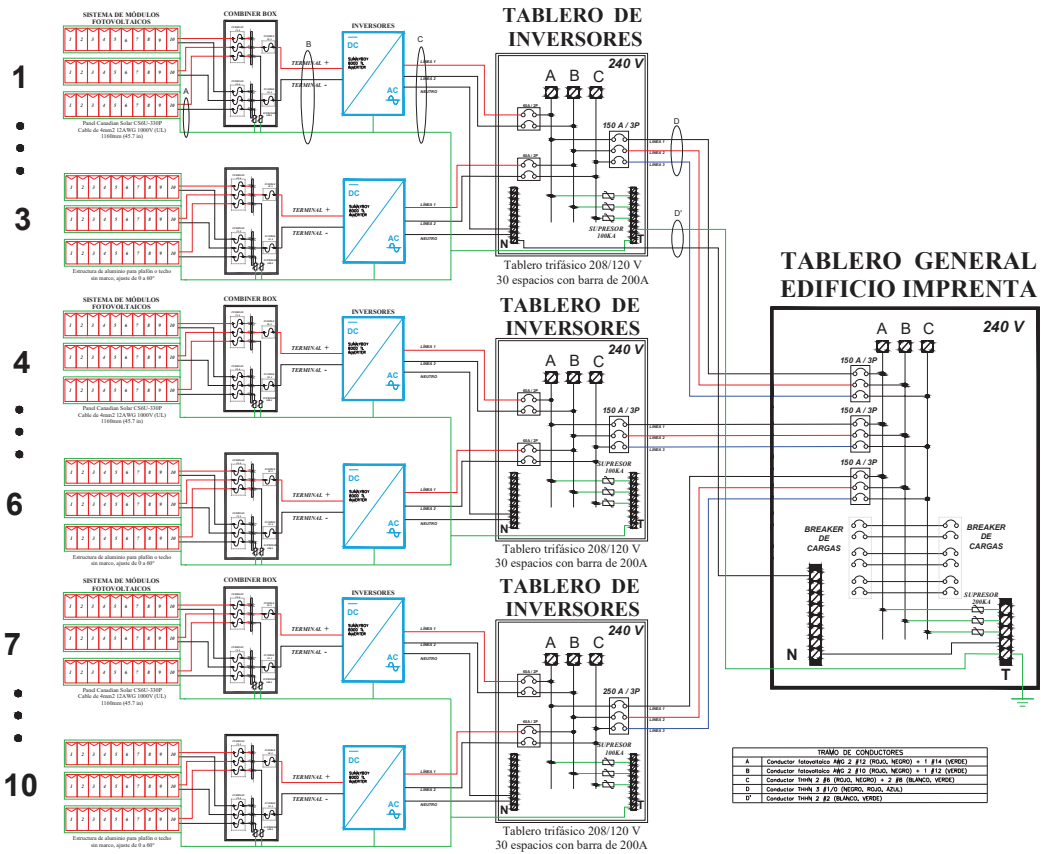
### 3.2.4.15 Edificio de Imprenta

#### Presupuesto

N.º	PARTIDAS	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
<b>1</b>	<b>INSTALACIÓN DE ESTRUCTURA Y PANELES FOTOVOLTAICOS</b>				
1.1	Suministro e instalación de rieles de sujeción IronRidge XR-10-204B, incluyendo sus respectivos tubos EMT de ½” para formar la estructura que se muestra en los planos 1 y 16, para sujetar los paneles debidamente empernada.	SG	1		
1.2	Suministro e instalación de paneles fotovoltaicos Canadian Solar MAX POWER CS6U-330P, junto a sus respectivos End Clamp para sujetar a la estructura en los lados extremos e Inter Clamp para sujeción entre los MFV. Ver Plano 16 para la colocación de los mismos.	U	300		
<b>2</b>	<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE PFV CON SISTEMA DE TIERRA A COMBINER BOX</b>				
2.1	Suministro e Instalación de canalización correspondiente a la sección desde los PFV hasta la Combiner Box, utilizando tuberías EMT de 1” con sus respectivos accesorios. Instalación de cableado utilizando calibre #12 AWG para aplicaciones fotovoltaicas de 1000 VDC, rojo o negro según su polaridad más un calibre #14 AWG THHN color verde para la unión y aterrizaje a tierra entre cada uno de los PFV y la estructura. Cada empalme deberá estar hecho con sus respectivos adaptadores T4 y para las conexiones de tierra usar sus respectivos terminales de ojo.	m	600		

2.2	Suministro e Instalación de Combiner Box con riel DIN con 8 portafusibles y 2 supresores de transientes cada juego, los supresores de transientes deberán ser de 600 V y 60 kA, además los portafusibles Midnite Solar MNTS para 1000 VDC cilíndrico para riel DIN con sus respectivos fusibles los cuales son 10 de 15 A con medidas de 10 x 38 mm 1000 VDC y 10 de 30 A con medidas de 10 x 38 mm 1000 VDC.	U	10		
<b>3</b>	<b>CONEXIÓN DE COMBINER BOX A INVERSORES, DE INVERSORES A TABLERO DE INVERSORES E INSTALACIÓN DEL TABLERO DE INVERSORES</b>				
3.1	Suministro e Instalación de canalización de las líneas de alimentación entre la Combiner Box y los Inversores mediante tubería EMT de 1", e instalación de cableado utilizando calibre #10 AWG negro y rojo, respectivamente según su polaridad, para aplicaciones fotovoltaicas 1000 VDC, calibre #12 AWG THHN color verde para la unión y aterrizaje a tierra utilizando sus respectivos adaptadores T4 macho y hembra según corresponda y sus respectivos terminales de ojo.	m	420		
3.2	Suministro e Instalación de inversor SMA SUNNY-BOY 8000-US de 8000 W a 240 V	U	7		
<b>3.3</b>	<b>TRANSPORTE Y CABLEADO DE LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN DE INVERSORES A TABLERO DE INVERSORES</b>				
3.3.1	Suministro e Instalación de la canalización para las líneas de alimentación desde los inversores hacia el tablero de inversores utilizando tuberías EMT de 1", más instalación de cableado conductor THHN #6 AWG con su respectiva señalización de línea y neutro, además de una línea de tierra THHN #8 AWG con sus respectivos terminales para la conexión.	m	150		
3.3.2	Suministro e Instalación para tablero trifásico 240/120 V de 30 espacios con barra de 200 A y Main de 150 A / 3P, además de 4 Circuit	U	3		

	Breaker de 60 A / 2P a 240/120 V y 1 supresor de transientes en AC a 240/120 V de 100 kA trifásicos.				
<b>4</b>	<b>CONEXIÓN DE TABLERO DE INVERSORES A TABLERO GENERAL</b>				
4.1	Suministro e Instalación de la canalización para el Tablero de Inversores hacia el Tablero General existente en el edificio utilizando tubería EMT de 2", más sus respectivos conductores THHN #1/0 AWG para línea y THHN #2 AWG para neutro y tierra, todos debidamente señalizados y utilizando sus terminales para la conexión.	m	18		
4.2	Suministro e Instalación de 1 Circuit Breaker de 150 A / 3P a 240/120 V para la conexión al tablero existente, la colocación de un supresor de transientes operando a 240/120 V de 200 kA con protección de 15 A / 3P, 18 kA conectado al tablero general con cable de tierra #1/0.	SG	1		
					<b>Total</b>
					<b>Total + IVA</b>



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TRABAJO DE GRADUACIÓN:  
DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA DE LA ACOMETIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

PRESENTAN:  
Br. JESÚS ABILIO DÍAZ ORELLANA  
Br. IVÁN DAVID URBINA NAVARRO

ASESOR:  
MSC. ING. JORGE ALBERTO ZETINO.

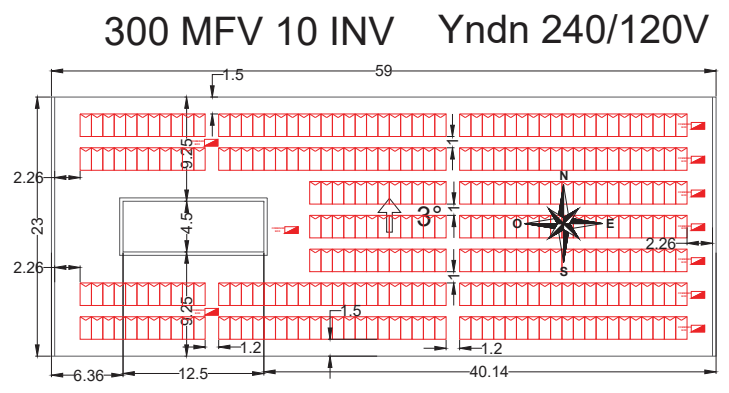
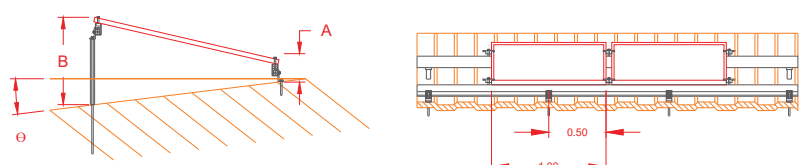
CONTIENE:  
DIAGRAMA UNIFILAR, ESTRUCTURAS Y DISTRIBUCIÓN DEL SFVCR DEL EDIFICIO DE LA IMPRENTA

ESCALA :  
SIN ESCALA

FECHA:  
NOVIEMBRE 2019

NÚMERO DE PLANO: 16

ANEXOS :



### 3.2.4.16 Edificio de Clínicas Odontológicas

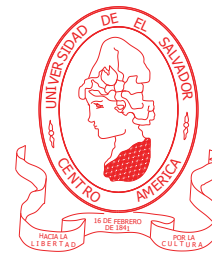
#### Presupuesto

N.º	PARTIDAS	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
<b>1</b>	<b>INSTALACIÓN DE ESTRUCTURA Y PANELES FOTOVOLTAICOS</b>		<b>1</b>		
1.1	Suministro e instalación de rieles de sujeción IronRidge XR-10-204B, incluyendo sus respectivos tubos EMT de ½” para formar la estructura que se muestra en los planos 1 y 17, para sujetar los paneles debidamente empernada.	SG	1.1		
1.2	Suministro e instalación de paneles fotovoltaicos Canadian Solar MAX POWER CS6U-330P, junto a sus respectivos End Clamp para sujetar a la estructura en los lados extremos e Inter Clamp para sujeción entre los MFV. Ver Plano 17 para la colocación de los mismos.	U	231		
<b>2</b>	<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE PFV CON SISTEMA DE TIERRA A COMBINER BOX</b>				
2.1	Suministro e Instalación de canalización correspondiente a la sección desde los PFV hasta la Combiner Box, utilizando tuberías EMT de 1” con sus respectivos accesorios. Instalación de cableado utilizando calibre #12 AWG para aplicaciones fotovoltaicas de 1000 VDC, rojo o negro según su polaridad más un calibre #14 AWG THHN color verde para la unión y aterrizaje a tierra entre cada uno de los PFV y la estructura. Cada empalme deberá estar hecho con sus respectivos	m	420		



	adaptadores T4 y para las conexiones de tierra usar sus respectivos terminales de ojo.				
2.2	Suministro e Instalación de Combiner Box con riel DIN con 8 portafusibles y 2 supresores de transientes cada juego, los supresores de transientes deberán ser de 600 V y 60 kA, además los portafusibles Midnite Solar MNTS para 1000 VDC cilíndrico para riel DIN con sus respectivos fusibles los cuales son 10 de 15 A con medidas de 10 x 38 mm 1000 VDC y 10 de 30 A con medidas de 10 x 38 mm 1000 VDC.	U	7		
<b>3</b>	<b>CONEXIÓN DE COMBINER BOX A INVERSORES, DE INVERSORES A TABLERO DE INVERSORES E INSTALACIÓN DEL TABLERO DE INVERSORES</b>				
3.1	Suministro e Instalación de canalización de las líneas de alimentación entre la Combiner Box y los Inversores mediante tubería EMT de 1", e instalación de cableado utilizando calibre #10 AWG negro y rojo, respectivamente según su polaridad, para aplicaciones fotovoltaicas 1000 VDC, calibre #12 AWG THHN color verde para la unión y aterrizaje a tierra utilizando sus respectivos adaptadores T4 macho y hembra según corresponda y sus respectivos terminales de ojo.	m	450		
3.2	Suministro e Instalación de inversores SMA SUNNY-BOY 9000TL-US de 9000 W a 208 V	U	7		
<b>3.3</b>	<b>TRANSPORTE Y CABLEADO DE LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN DE INVERSORES A TABLERO DE INVERSORES</b>				
3.3.1	Suministro e Instalación de la canalización para las líneas de alimentación desde los inversores hacia el tablero de inversores utilizando tuberías EMT de 1", más instalación de cableado conductor THHN #6 AWG con su respectiva señalización de línea y neutro, además de una línea de tierra THHN #8 AWG con sus respectivos terminales para la conexión.	m	150		

3.3.2	Suministro e Instalación para tablero trifásico 208/120 V de 30 espacios con barra de 250 A y Main de 225 A / 3P, además de 7 Circuit Breaker de 60 A / 2P a 208/120 V y 1 supresor de transientes en AC a 208/120 V de 100 kA trifásicos.	U	1		
<b>4</b>	<b>CONEXIÓN DE TABLERO DE INVERSORES A TABLERO GENERAL</b>				
4.1	Suministro e Instalación de la canalización para el Tablero de Inversores hacia el Tablero General existente en el edificio utilizando tubería EMT de 2", más sus respectivos conductores THHN #3/0 AWG para línea y THHN #2/0 AWG para neutro y tierra, todos debidamente señalizados y utilizando sus terminales para la conexión.	m	24		
4.2	Suministro e Instalación de 1 Circuit Breaker de 225 A / 3P a 208/120 V para la conexión al tablero existente, la colocación de un supresor de transientes operando a 208/120 V de 200 kA con protección de 15 A / 3P, 18 kA conectado al tablero general con cable de tierra #1/0.	SG	1		
					<b>Total</b>
					<b>Total + IVA</b>



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TRABAJO DE GRADUACIÓN:  
DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA DE LA ACOMETIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

PRESENTAN:  
Br. JESÚS ABILIO DÍAZ ORELLANA  
Br. IVÁN DAVID URBINA NAVARRO

ASESOR:  
MSC. ING. JORGE ALBERTO ZETINO.

CONTIENE:  
DIAGRAMA UNIFILAR, ESTRUCTURAS Y DISTRIBUCIÓN DEL SFVCR DEL EDIFICIO DE CLINICAS ODONTOLÓGICAS

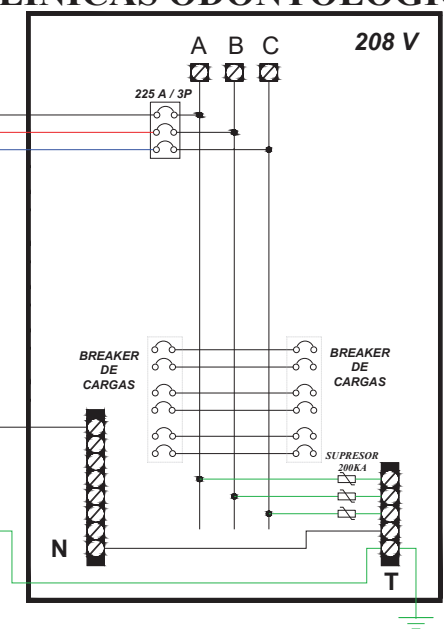
ESCALA :  
SIN ESCALA

FECHA:  
NOVIEMBRE 2019

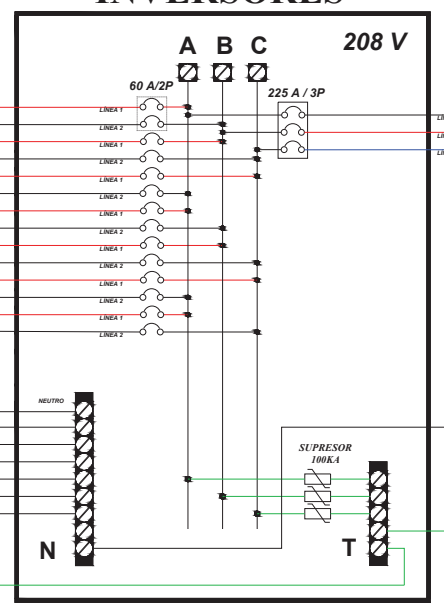
NÚMERO DE PLANO: 17

ANEXOS :

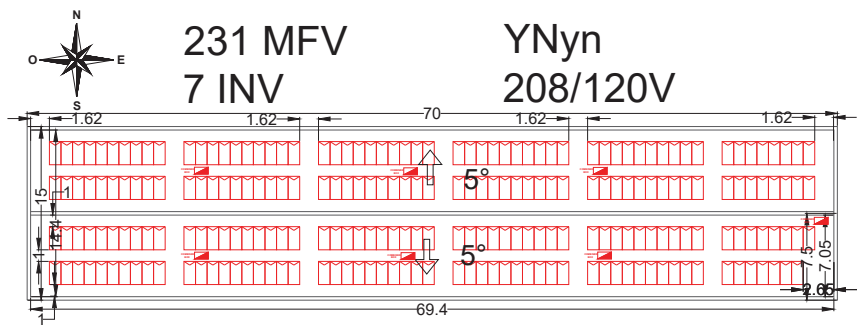
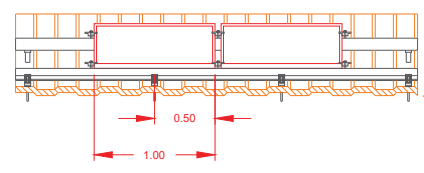
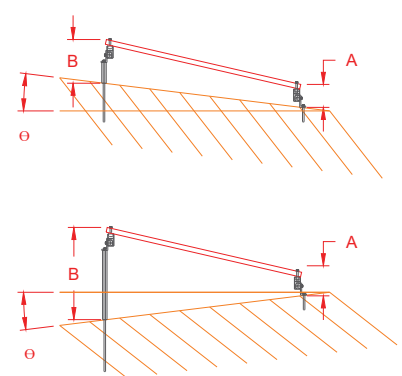
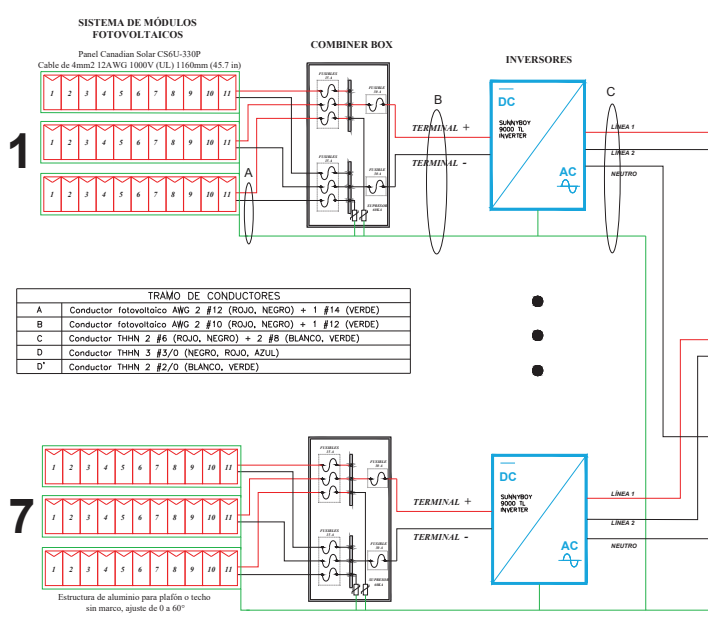
## TABLERO GENERAL CLÍNICAS ODONTOLÓGICAS



## TABLERO DE INVERSORES



Tablero de inversores trifásico 208/120 V  
30 espacios con barra de 250A



### 3.2.4.17 Edificio Administrativo de Odontología

#### Presupuesto

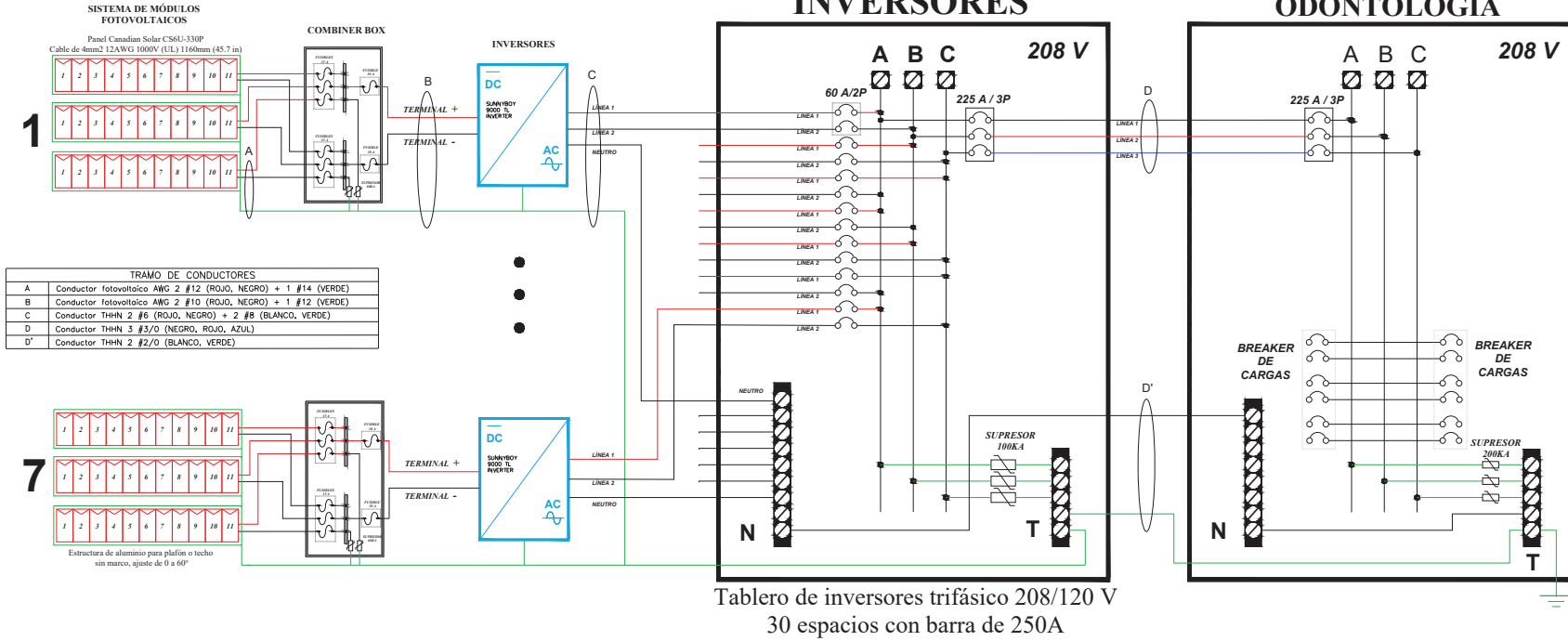
N.º	PARTIDAS	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
<b>1</b>	<b>INSTALACIÓN DE ESTRUCTURA Y PANELES FOTOVOLTAICOS</b>				
1.1	Suministro e instalación de rieles de sujeción IronRidge XR-10-204B, incluyendo sus respectivos tubos EMT de ½” para formar la estructura que se muestra en los planos 1 y 18, para sujetar los paneles debidamente empernada.	SG	1		
1.2	Suministro e instalación de paneles fotovoltaicos Canadian Solar MAX POWER CS6U-330P, junto a sus respectivos End Clamp para sujetar a la estructura en los lados extremos e Inter Clamp para sujeción entre los MFV. Ver Plano 18 para la colocación de los mismos.	U	231		
<b>2</b>	<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE PFV CON SISTEMA DE TIERRA A COMBINER BOX</b>				
2.1	Suministro e Instalación de canalización correspondiente a la sección desde los PFV hasta la Combiner Box, utilizando tuberías EMT de 1” con sus respectivos accesorios. Instalación de cableado utilizando calibre #12 AWG para aplicaciones fotovoltaicas de 1000 VDC, rojo o negro según su polaridad más un calibre #14 AWG THHN color verde para la unión y aterrizaje a tierra entre cada uno de los PFV y la estructura. Cada empalme deberá estar hecho con sus respectivos	m	420		

	adaptadores T4 y para las conexiones de tierra usar sus respectivos terminales de ojo.				
2.2	Suministro e Instalación de Combiner Box con riel DIN con 8 portafusibles y 2 supresores de transientes cada juego, los supresores de transientes deberán ser de 600 V y 60 kA, además los portafusibles Midnite Solar MNTS para 1000 VDC cilíndrico para riel DIN con sus respectivos fusibles los cuales son 10 de 15 A con medidas de 10 x 38 mm 1000 VDC y 10 de 30 A con medidas de 10 x 38 mm 1000 VDC.	U	7		
<b>3</b>	<b>CONEXIÓN DE COMBINER BOX A INVERSORES, DE INVERSORES A TABLERO DE INVERSORES E INSTALACIÓN DEL TABLERO DE INVERSORES</b>				
3.1	Suministro e Instalación de canalización de las líneas de alimentación entre la Combiner Box y los Inversores mediante tubería EMT de 1", e instalación de cableado utilizando calibre #10 AWG negro y rojo, respectivamente según su polaridad, para aplicaciones fotovoltaicas 1000 VDC, calibre #12 AWG THHN color verde para la unión y aterrizaje a tierra utilizando sus respectivos adaptadores T4 macho y hembra según corresponda y sus respectivos terminales de ojo.	m	450		
3.2	Suministro e Instalación de inversor SMA SUNNY-BOY 9000TL-US de 9000 W a 208 V	U	7		
<b>3.3</b>	<b>TRANSPORTE Y CABLEADO DE LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN DE INVERSORES A TABLERO DE INVERSORES</b>				
3.3.1	Suministro e Instalación de la canalización para las líneas de alimentación desde los inversores hacia el tablero de inversores utilizando tuberías EMT de 1", más instalación de cableado conductor THHN #6 AWG con su respectiva señalización de línea y neutro, además de una línea de tierra THHN #8 AWG con sus respectivos terminales para la conexión.	m	150		

3.3.2	Suministro e Instalación para tablero trifásico 208/120 V de 30 espacios con barra de 250 A y Main de 225 A / 3P, además de 7 Circuit Breaker de 60 A / 2P a 208/120 V y 1 supresor de transientes en AC a 208/120 V de 100 kA trifásicos.	U	1		
<b>4</b>	<b>CONEXIÓN DE TABLERO DE INVERSORES A TABLERO GENERAL</b>				
4.1	Suministro e Instalación de la canalización para el Tablero de Inversores hacia el Tablero General existente en el edificio utilizando tubería EMT de 2", más sus respectivos conductores THHN #3/0 AWG para línea y THHN #2/0 AWG para neutro y tierra, todos debidamente señalizados y utilizando sus terminales para la conexión.	m	24		
4.2	Suministro e Instalación de 1 Circuit Breaker de 225 A / 3P a 208/120 V para la conexión al tablero existente, la colocación de un supresor de transientes operando a 208/120 V de 200 kA con protección de 15 A / 3P, 18 kA conectado al tablero general con cable de tierra #1/0.	SG	1		
					<b>Total</b>
					<b>Total + IVA</b>

# TABLERO DE INVERSORES

# TABLERO GENERAL EDIFICIO ADMINISTRATIVO ODONTOLOGÍA



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TRABAJO DE GRADUACIÓN:  
DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA DE LA ACOMETIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

PRESENTAN:  
Br. JESÚS ABILIO DÍAZ ORELLANA  
Br. IVÁN DAVID URBINA NAVARRO

ASESOR:  
MSC. ING. JORGE ALBERTO ZETINO.

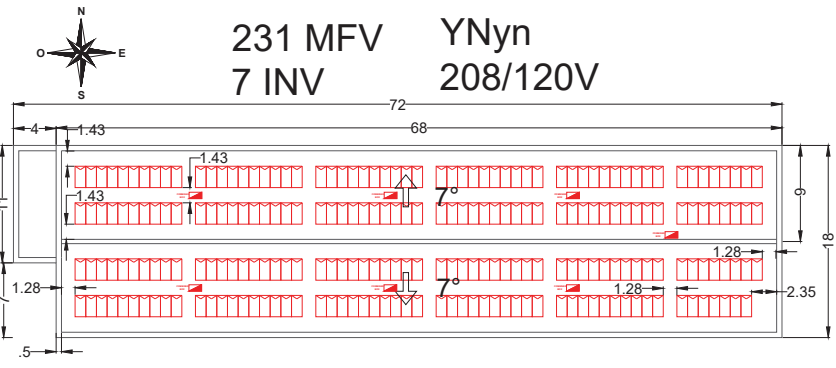
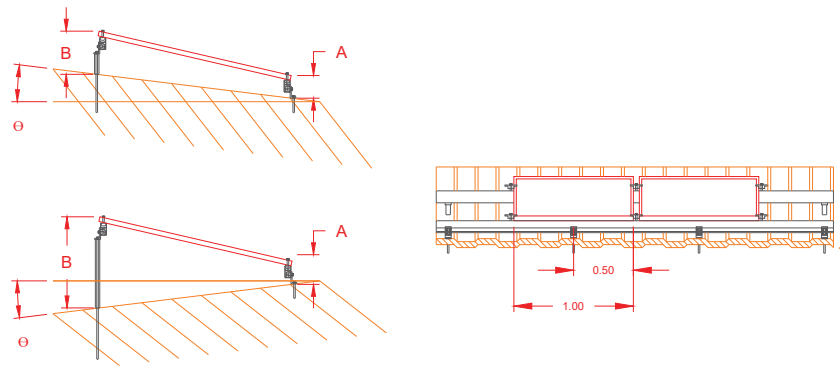
CONTIENE:  
DIAGRAMA UNIFILAR, ESTRUCTURAS Y DISTRIBUCIÓN DEL SFVCR DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO ODONTOLOGIA

ESCALA :  
SIN ESCALA

FECHA:  
NOVIEMBRE 2019

NÚMERO DE PLANO: 18

ANEXOS :



### 3.2.4.18 Edificio de la Facultad de Odontología

#### Presupuesto

N.º	PARTIDAS	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
<b>1</b>	<b>INSTALACIÓN DE ESTRUCTURA Y PANELES FOTOVOLTAICOS</b>				
1.1	Suministro e instalación de rieles de sujeción IronRidge XR-10-204B, incluyendo sus respectivos tubos EMT de ½” para formar la estructura que se muestra en los planos 1 y 19, para sujetar los paneles debidamente empernada.	SG	1		
1.2	Suministro e instalación de paneles fotovoltaicos Canadian Solar KuMax CS3U-350P, junto a sus respectivos End Clamp para sujetar a la estructura en los lados extremos e Inter Clamp para sujeción entre los MFV. Ver Plano 19 para la colocación de los mismos.	U	60		
<b>2</b>	<b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE PFV CON SISTEMA DE TIERRA A COMBINER BOX</b>				
2.1	Suministro e Instalación de canalización correspondiente a la sección desde los PFV hasta la Combiner Box, utilizando tuberías EMT de 1” con sus respectivos accesorios. Instalación de cableado utilizando calibre #12 AWG para aplicaciones fotovoltaicas de 1000 VDC, rojo o negro según su polaridad más un calibre #14 AWG THHN color verde para la unión y aterrizaje a tierra entre cada uno de los PFV y la estructura. Cada empalme deberá estar hecho con sus respectivos adaptadores T4 y para las conexiones de tierra usar sus respectivos terminales de ojo.	m	60		

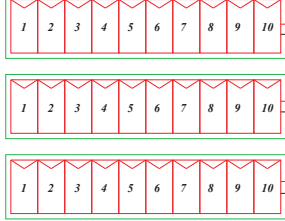


2.2	Suministro e Instalación de Combiner Box con riel DIN con 8 portafusibles y 2 supresores de transientes cada juego, los supresores de transientes deberán ser de 600 V y 60 kA, además los portafusibles Midnite Solar MNTS para 1000 VDC cilíndrico para riel DIN con sus respectivos fusibles los cuales son 10 de 15 A con medidas de 10 x 38 mm 1000 VDC y 10 de 30 A con medidas de 10 x 38 mm 1000 VDC.	U	2		
<b>3</b>	<b>CONEXIÓN DE COMBINER BOX A INVERSORES, DE INVERSORES A TABLERO DE INVERSORES E INSTALACIÓN DEL TABLERO DE INVERSORES</b>				
3.1	Suministro e Instalación de canalización de las líneas de alimentación entre la Combiner Box y los Inversores mediante tubería EMT de 1”, e instalación de cableado utilizando calibre #10 AWG negro y rojo, respectivamente según su polaridad, para aplicaciones fotovoltaicas 1000 VDC, calibre #12 AWG THHN color verde para la unión y aterrizaje a tierra utilizando sus respectivos adaptadores T4 macho y hembra según corresponda y sus respectivos terminales de ojo.	m	75		
3.2	Suministro e Instalación de 2 inversores SMA SUNNY-BOY 9000TL-US de 9000 W a 208 V	U	2		
<b>4</b>	<b>CONEXIÓN DE TABLERO DE INVERSORES A TABLERO GENERAL</b>				
4.1	Suministro e Instalación de la canalización para el Tablero de Inversores hacia el Tablero General existente en el edificio utilizando tubería EMT de 1 1/2”, más sus respectivos conductores THHN #2 AWG para línea y THHN #4 AWG para neutro y tierra, todos debidamente señalizados y utilizando sus terminales para la conexión.	m	12		

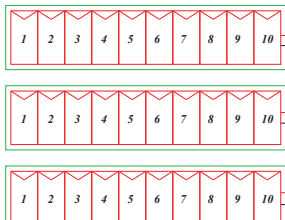
4.2	Suministro e Instalación de 2 Circuit Breaker de 60 A / 2P a 208/120 V para la conexión al tablero existente, la colocación de un supresor de transientes operando a 208/120 V de 200 kA con protección de 15 A / 3P, 18 kA conectado al tablero general con cable de tierra #1/0.	SG	1		
					<b>Total</b>
					<b>Total + IVA</b>

TRAMO DE CONDUCTORES	
A	Conductor fotovoltaico AWG 2 #12 (ROJO, NEGRO) + 1 #14 (VERDE)
B	Conductor fotovoltaico AWG 2 #10 (ROJO, NEGRO) + 1 #12 (VERDE)
C	Conductor THHN 2 #6 (ROJO, NEGRO) + 2 #8 (BLANCO, VERDE)

Panel Canadian Solar CS6U-350P  
Cable de 4mm<sup>2</sup> 12AWG 1000V (UL) 1160mm (45.7 in)

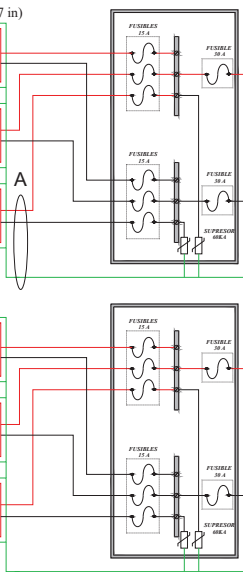


SISTEMA DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

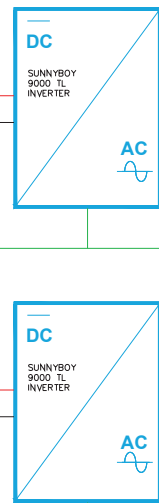


Estructura de aluminio para plafón o techo sin marco, ajuste de 0 a 60°

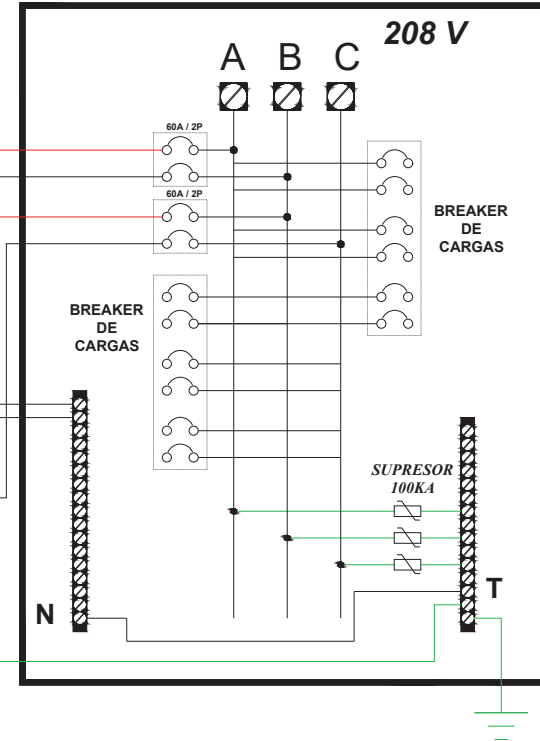
COMBINER BOX



INVERSORES



# TABLERO GENERAL EDIFICIO ODONTOLOGÍA



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TRABAJO DE GRADUACIÓN:  
DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA DE LA ACOMETIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

PRESENTAN:

Br. JESÚS ABILIO DÍAZ ORELLANA  
Br. IVÁN DAVID URBINA NAVARRO

ASESOR:

MSC. ING. JORGE ALBERTO ZETINO.

CONTIENE:

DIAGRAMA UNIFILAR, ESTRUCTURAS Y DISTRIBUCIÓN DEL SFVCR DEL EDIFICIO DE ODONTOLOGIA

ESCALA :

SIN ESCALA

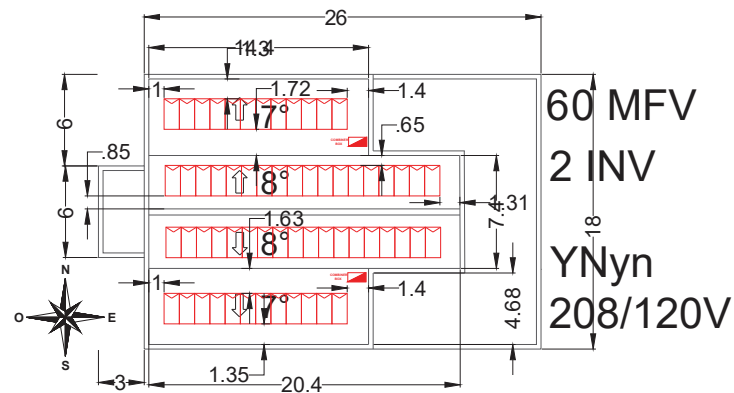
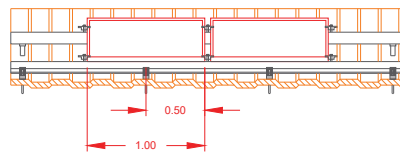
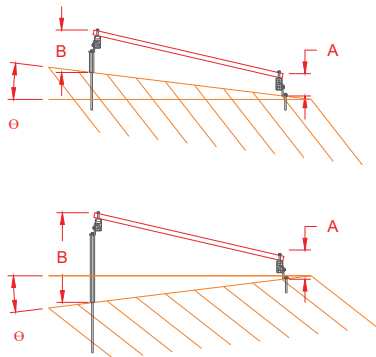
FECHA:

NOVIEMBRE 2019

NÚMERO DE PLANO:

19

ANEXOS :



## 3.3 Sistema de Distribución Subterránea

### 3.3.1 Equipo a Utilizar

#### 3.3.1.1 Switchgear o Tablero de Distribución en Media Tensión

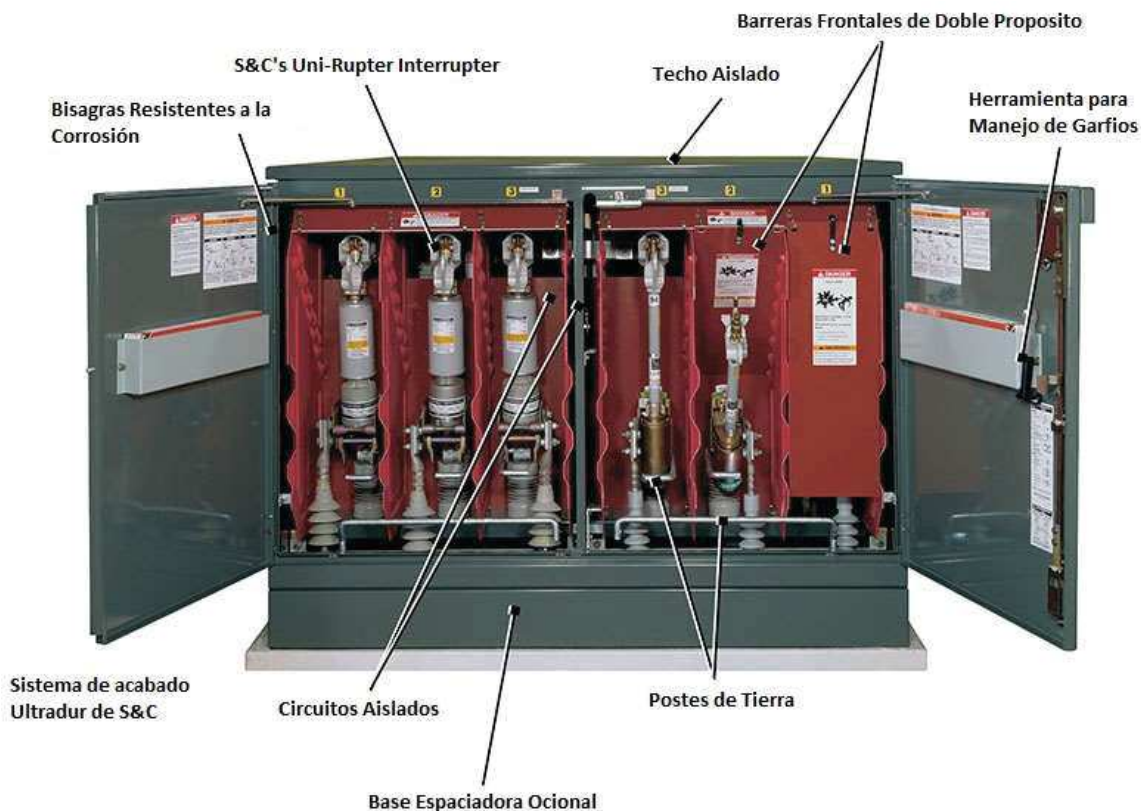
El switchgear a utilizar será del Tipo Pedestal PMH-9 de Supervisión Remota de S&C, con capacidad de 25 kV. Con la incorporación de Interruptores Mini-Rupter S&C y Fusibles de Potencia con Uni-Rupter S&C en gabinetes independientes.

El modelo contiene 4 vías, con 2 interruptores de carga y 2 de alimentación, también tiene un interruptor Mini-Rupter de accionamiento por botones pulsadores de apertura y cierre en operación Local o Remota, con 2 moto operadores para los compartimentos 1 y 2, manejando cargas de hasta 600 amperes para el seccionamiento trifásico con fuente de 25 kV.

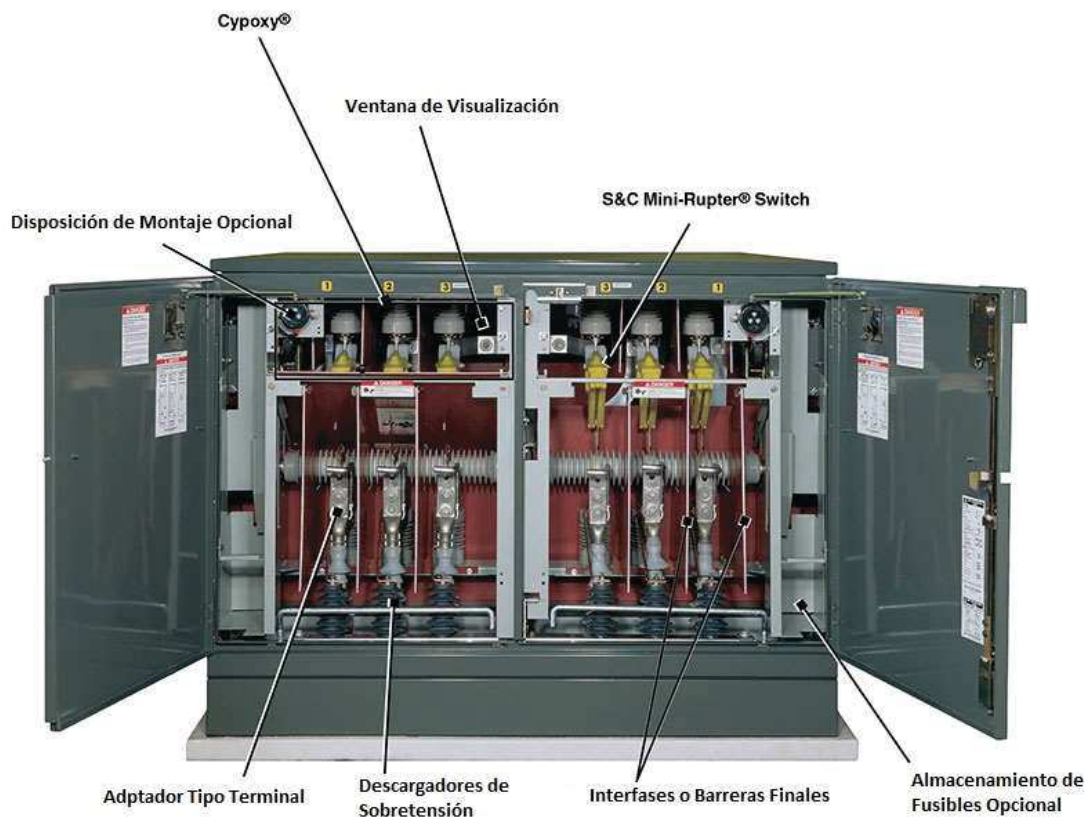
Cuenta con aditamentos para conexión a tierra para conectar a tierra los cables de forma simple, directa y visible.

Utilizar Fusibles de Potencia de S&C de 200 A SML-20 de operación con Pértiga.

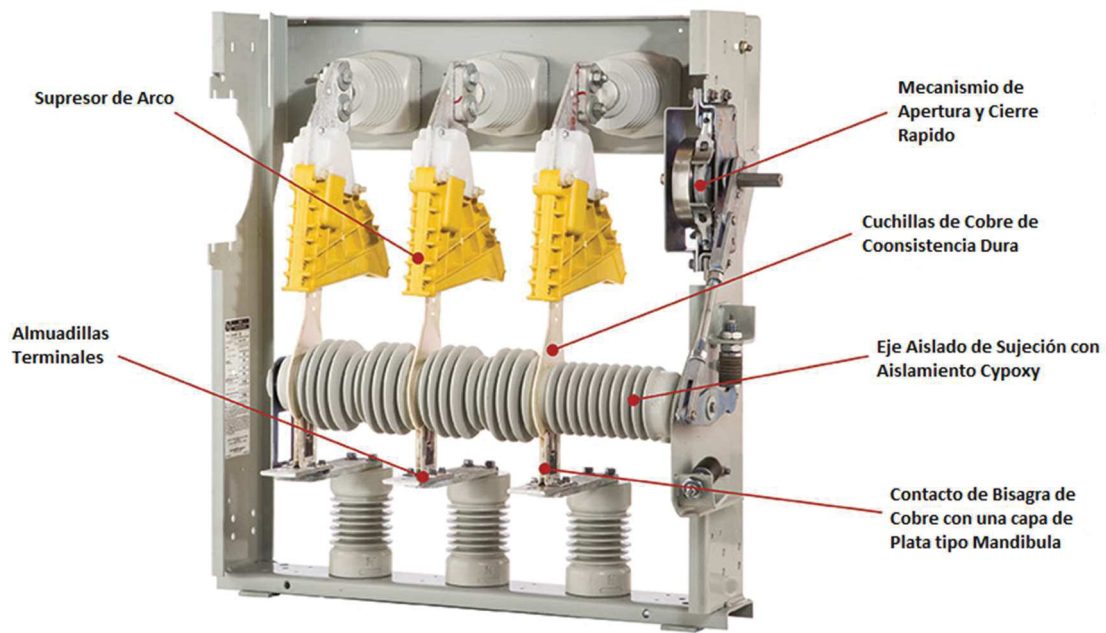
#### Características de los Compartimentos para Fusibles PMH

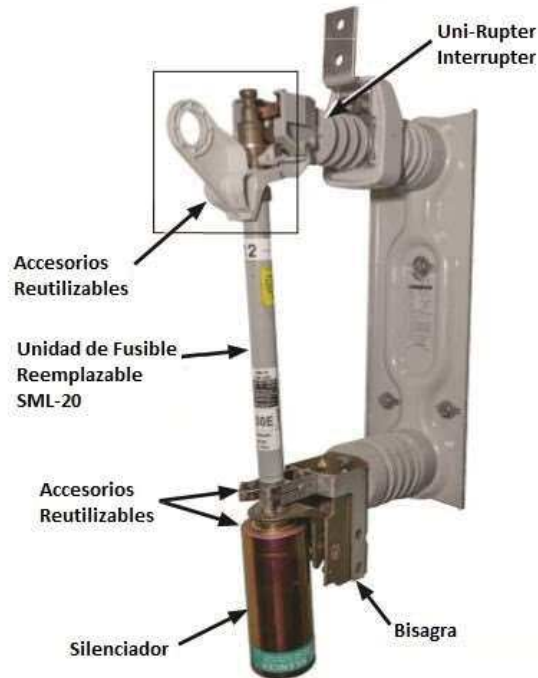


## Características de los Compartimentos para Interruptores PMH



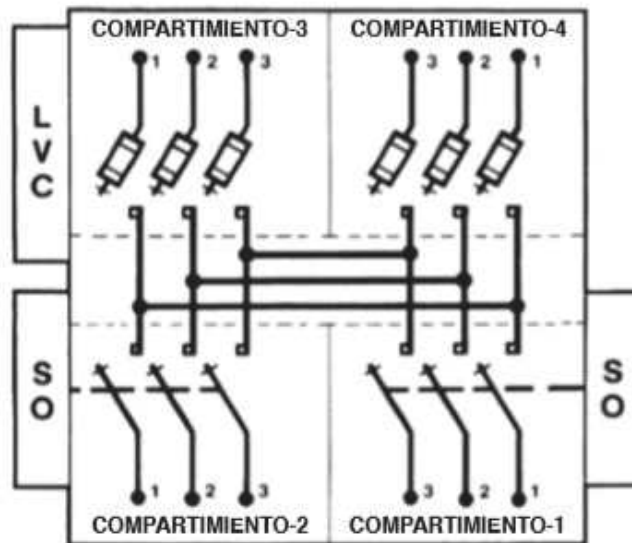
## Mini-Rupter





Este switchgear deberá incorporar Fusibles de Potencia SML y sistema Uni-Rupter.

Esquema general del Switchgear con 2 fusibles para la carga con Uni-Rupter y 2 seccionadores Mini-Rupter del lado de la fuente con sus respectivos moto operadores.



Los compartimientos 3 y 4 serán utilizados para el anillo, en cambio el compartimento 1 será para la alimentación de la acometida dejando el compartimento 2 para una futura línea de alimentación.



### 3.3.1.2 Transformador Tipo Pedestal

Los transformadores a instalar deben cumplir con los requerimientos de potencia y tensión especificados para cada diseño, así como las ampacidades respectivas de cada uno.

Se deberán instalar transformadores tipo Pad Mounted aptos para la colocación a intemperie y que cumplan las normativas de fabricación y funcionamiento aplicables.



El Pad Mounted que se propone a utilizar tiene en el primario una configuración tipo “T Blade” que se utiliza en redes subterráneas en configuración anillo.

Los transformadores a instalar deberán ser estrictamente de marcas reconocidas (ABB, General Electric, etc.), trifásicos y monofásicos como lo especifique cada diseño.

#	Edificio	Subestación Nueva (kVA)	Tipo	Nombre de Subestación	Subestaciones a Comprar
1	Laboratorios Química y Farmacia	150	3F	TT18	SI
2	Química y Farmacia				
3	Administrativo Agronomía	150	3F	TT1	SI
4	Planta Piloto				
5	Laboratorio de Recursos Materiales				
6	Bodega	45	3F	TT2	SI
7	Computo				
8	Ciencias Agronómicas				
9	Bomba Bosquecito				
10	CENSALUD	501	3F	TT3	NO

11	<b>Computo Unidad de Nuevo Ingreso 1</b>	100	3F	TT4	NO
12	<b>Computo Unidad de Nuevo Ingreso 2</b>	100	3F	TT5	NO
13	<b>Unidad de Transporte</b>	50	1F	TM1	SI
14	<b>Estacionamiento Techado Unidad de Transporte</b>				
15	<b>Oficinas Centrales</b>	300	3F	TT6	NO
16	<b>Psicología</b>	75	3F	TT8	SI
17	<b>Biblioteca Central</b>	150	3F	TT7	SI
18	<b>Artes</b>	225	3F	TT9	NO
19	<b>Rectoría</b>	300	3F	TT10	NO
20	<b>Cine Teatro</b>	225	3F	TT11	NO
21	<b>Locales para Capacitación</b>				
22	<b>Taller Obra de Banco</b>				
23	<b>Taller de Mecánica</b>	100	3F	TT12	SI
24	<b>Bodega Frente a Talleres</b>				
25	<b>Taller</b>				
26	<b>Luminarias</b>				
27	<b>Valencia</b>	225	3F	TT14	NO
28	<b>Medicina</b>	300	3F	TT13	NO
29	<b>Odontología</b>	150	3F	TT15	SI
30	<b>Administrativo Odontología</b>	300	3F	TT16	SI
31	<b>Auditorio Odontología</b>				
32	<b>Clínicas Odontológicas</b>				
33	<b>Imprenta</b>	300	3F	TT17	SI
34	<b>Bienestar Universitario</b>				
35	<b>Biblioteca Química y Farmacia</b>				
36	<b>Ciencias de la Salud</b>				

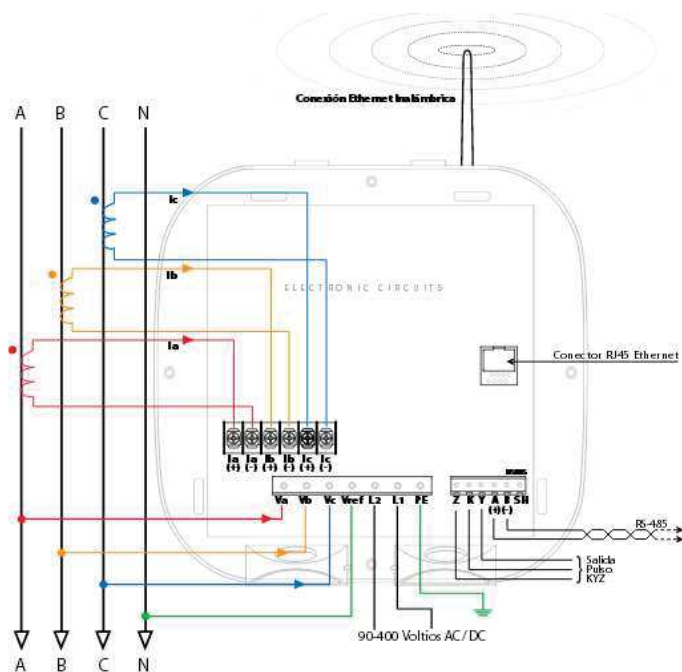


### 3.3.1.3 Medidores Tipo Analizador de Energía



Con el objetivo de llevar un registro de la energía consumida por cada una de las subestaciones de la acometida primaria de Agronomía, se deberá instalar un equipo electrónico de medición en cada uno de los MAIN de los tableros generales de cada uno de los Pad Mounted. Se deberá instalar un medidor con capacidad Ethernet Wifi para el monitoreo remoto, el cual es un medidor modelo SHARK-200S y su respectiva configuración.

#### Esquema de Conexión del Medidor



### 3.3.1.4 Tableros Secundarios

Los tableros deberán ser de la marca SIEMENS específicamente los modelos de tableros S4 y S5, dependiendo de la carga a instalar los cuales están especificados en cada presupuesto y diseño, para interruptor general N-3R con puerta, la cual cuenta con certificación IP54.



El tablero S4 cuenta con barras de 600 A y el tablero S5 cuenta con barras de 800 A.

Para la selección del Tablero con sus protecciones específicas se toma en cuenta los Diagramas Unifilares que correspondería a cada tablero secundario según la edificación a instalar. Es de mencionar que estos cuentan con ranura para poder ponerle chapas de seguridad.

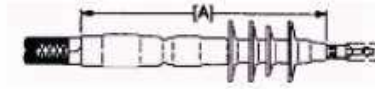
A continuación, se muestra una tabla con los transformadores que se compraran o no, de igual el nombre que recibe cada uno de estos y el tipo de subestación, ya sea monofásica (1F) o trifásica (3F).

### 3.3.1.5 Terminales de Potencia

Se deberá instalar terminales de potencia de la marca 3M, los cuales están construidos bajo el estándar IEEE 48-1990, los cuales funcionaran a tensiones de 25 kV, compuestos por 4 faldones y pueden ser instalados a la intemperie.

El modelo específico es el terminal serie 7692-S-4 marca 3M bajo el ambiente de operación medio (áreas industriales no contaminantes sujetas a lluvia y con una densidad urbana promedio, etc.)

Propiedades Físicas y Eléctricas del terminal de potencia seleccionado:



Numero del Juego	Dimensión A (Máxima)	Distancia Máxima de Corrimiento (Esgurrimiento) Mojado	Máxima Distancia del Arco
7692-S-4	311 mm (12.25")	470 mm (18.5")	311 mm (12.25")

### 3.3.1.6 Derivador Múltiple

Se especifican a continuación los derivadores a utilizar los cuales se detallan a continuación siendo de 4, 5 o 6 vías dependiendo del diseño.



#### Derivador 1

El derivador 1 (D1) será del modelo J5-62226-25 de 5 vías de la marca Elastimold con la siguiente configuración de las derivaciones:

Vía 1 - 600 A	Vía 2 - 200 A	Vía 3 - 200 A	Vía 4 - 200 A	Vía 5 - 600 A
Entrada Troncal	Conectado a TT3	Carga Futura	Carga Futura	Salida Troncal

## Derivador 2

El derivador 2 (D2) será del modelo J6-622226-25 de 6 vías de la marca Elastimold con la siguiente configuración de las derivaciones:

Vía 1 - 600 A	Vía 2 - 200 A	Vía 3 - 200 A	Vía 4 - 200 A	Vía 5 - 200 A	Vía 6 - 600 A
Entrada Troncal	Conectado a TT6	Conectado a TT7	Conectado a TM2	Carga Futura	Salida Troncal

## Derivador 3

El derivador 3 (D3) será del modelo J5-622226-25 de 5 vías de la marca Elastimold con la siguiente configuración de las derivaciones:

Vía 1 - 600 A	Vía 2 - 200 A	Vía 3 - 200 A	Vía 4 - 200 A	Vía 5 - 600 A
Entrada Troncal	Conectado a TT4	Conectado a TT5	Carga Futura	Salida Troncal

## Derivador 4

El derivador 4 (D4) será del modelo J5-222222-25 de 5 vías de la marca Elastimold con la siguiente configuración de las derivaciones:

Vía 1 - 200 A	Vía 2 - 200 A	Vía 3 - 200 A	Vía 4 - 200 A	Vía 5 - 600 A
Entrada Anillo	Conectado a TT8	Conectado a TT9	Conectado a TT10-11	Salida continuando el anillo

### Derivador 5

El derivador 5 (D5) será del modelo J5-22222-25 de 5 vías de la marca Elastimold con la siguiente configuración de las derivaciones:

Vía 1 - 200 A	Vía 2 - 200 A	Vía 3 - 200 A	Vía 4 - 200 A	Vía 5 - 200 A
Entrada Anillo	Conectado a TT13	Conectado a TT14	Carga Futura	Salida continuando el anillo

### Derivador 6

El derivador 6 (D6) será del modelo 274J4 de 4 vías de la marca Elastimold con la siguiente configuración de las derivaciones:

Vía 1 - 200 A	Vía 2 - 200 A	Vía 3 - 200 A	Vía 4 - 200 A
Entrada Anillo	Conectado a TT15	Carga Futura	Salida continuando el anillo

### Derivador 7

El derivador 7 (D7) será del modelo 274J4 de 4 vías de la marca Elastimold con la siguiente configuración de las derivaciones:

Vía 1 - 200 A	Vía 2 - 200 A	Vía 3 - 200 A	Vía 4 - 200 A
Entrada Anillo	Conectado a TT17	Carga Futura	Salida continuando el anillo

Todos los derivadores a instalar deben llevar sus respectivos tapones aisladores para su respectiva corriente y calibre de conductor.

### 3.3.1.7 Terminales Tipo Codo con Portafusible

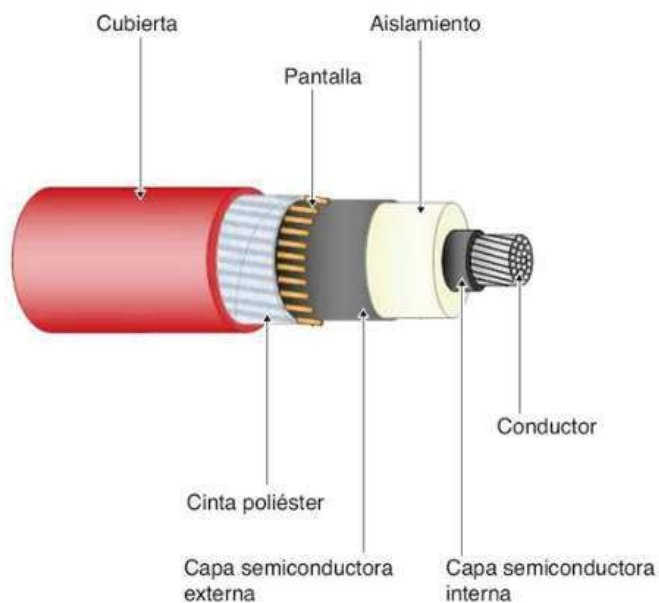
Se deberán instalar terminales tipo codo que cumplan con la norma IEEE STANDARD 386, que permitan la operación con carga.

Se deberán instalar de la marca Elastimold que es la misma del derivador a utilizar.



### 3.3.1.8 Cableado

Se deberá instalar cableado con recubrimiento aislante XLPE (polietileno reticulado) con pantalla metálica, pantalla semiconductora externa, aislamiento, pantalla semiconductora interna y conductor.



Se deberá instalar cableado de la marca Viakon para esta aplicación subterránea en calibres XLPE #1/0 y #4/0 AWG según sea requerido en el diseño adjunto.

Para transporte del neutros se deberá utilizar cable #1/0 como mínimo según normativa aplicable para el nivel de tensión a utilizar.

### 3.3.2 Presupuesto

Línea de Distribución Eléctrica Subterránea de la Facultad de Ciencias Agronómicas					
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	P.U. (\$)	P.T. (\$)
<b>1</b>	<b>Obra civil y Tendido de Cable</b>				
1.1	Suministro e Instalación de Canalización de Tramo Troncal en tubería PVC de 6" grado eléctrico DB-60, más una tubería de 6" DB-60 de reserva y 2 tubería de PVC grado eléctrico DB-60 de 2" para línea de datos, recubiertas en lodocreto, con separadores cada 3 metros, 3 cables XLPE-TR #4/0 + 1 cable RHW-2 para polarización, debidamente señalizados. La zanja tendrá un ancho de 0.7 m y una profundidad de 1.25 m, todo debidamente señalado con la cinta de Precaución. Ver Plano de Canalización.	350	m		
1.2	Suministro e Instalación de Canalización para distribución configuración anillo, compuesta por dos tuberías de 6" PVC DB-60 y una tubería de PVC grado eléctrico DB-60 de 2" para línea de datos, cubiertas con lodocreto, con separadores de tubo cada 3 metros, 3 cables XLPE 25 kV #1/0 + 1 cable RHW-2 #1/0 para polarización, debidamente señalizados. La zanja tendrá un ancho de 0.7 m y 1.25 m de profundidad, todo debidamente señalado con la cinta de Precaución. Ver Plano de Canalización.	1070	m		
1.3	Suministro e Instalación de Pozos de Paso (Cuyas dimensiones se presentan en los planos anexos), tapadera de lámina lagrimada seccionada, el fondo con una capa de grava #2 como drenaje natural, paredes hechas con ladrillo, las paredes deben tener un acabado liso, estructura de soporte para cables y una escalaria.	25	U		
1.4	Suministro e Instalación de Pozos para instalar derivadores de 4, 5 o 6 Vías dependiendo del tramo en cuestión. El pozo tendrá dimensiones que se presentan en los planos Anexados, tapaderas de lámina lagrimada seccionada, paredes hechas con ladrillo, las paredes deben	7	U		



	tener un acabado liso, estructura de soportes para cables, una escalaria y en el fondo tendrá una capa de grava #2 como drenaje natural.				
1.5	Suministro e Instalación de Pozo de registro para transformadores Pad-Mounted con dimensiones descritas en Planos Anexos, con un hueco para subir con la tubería y dejar la mecha de conexión para el transformador. Las paredes del pozo serán de ladrillo y deberán tener acabado liso de concreto, escalaria, estructura de soportes para cables, 3 tapaderas de lámina lagrimada seccionada. La tubería para cable primario y de reserva debe quedar a 1 m de profundidad y la del cable secundario y de reserva a 0.75 metros de profundidad.	20	U		
1.6	Suministro e Instalación de Bases para equipos pedestal hechas con concreto de F'c= 210 Kg/cm <sup>2</sup> , reforzado con varilla de hierro #3, pernos de anclaje grado 60, rodeada de una franja de grava con 50 cm ancho y 20 de profundidad conectado a un pozo impermeabilizado (0.6 x 0.6 x 0.6 m) con tubería de 1" TMG o acero al carbón. La base debe instalarse en suelo compactado.	20	U		
1.7	Suministro e Instalación de Pozos Secundarios (Cuyas dimensiones se presentan en los planos Anexos), tapadera de lámina lagrimada seccionada, el fondo con una capa de grava #2 como drenaje natural, paredes hechas con ladrillo, deben tener un acabado liso, estructura de soporte para cables y una escalaria.	3	U		
<b>2</b>	<b>Equipo e Instalación de Red Primaria</b>				
2.1	Suministro e Instalación de la Conexión de Acometida Aéreo-Subterránea existente, compuesta por una estructura de remate de una línea trifásica de 12.6 metros; formada por cable ACSR #1/0, cuya medición primaria en el punto de entrega se tiene existente, con Recloser ABB y protecciones por fase de 200 A con su respectivo limitador de corriente, todo instalado en un poste de concreto de 40 ft existente.	1	S.G		
2.2	Suministro e Instalación de Switchgear S&C Modelo PMH-9 con Operación Remota, Tipo Pad-Mounted, con equipo de semi	1	S.G		

	automáticos compuestos por sensores de corriente y tensión, moto operadores para dos vías con su respectivo módulo de control. Interruptores de falla tripolares de 12.5 kA. Con sistema interruptor Mini-Rupter y Uni-Rupter con Fault Filter, se deberá incluir el software para programación de curvas TCC.				
<b>2.3</b>	Suministro e Instalación de Convertidores de comunicación serial RS-232 a fibra óptica.	2	U		
<b>2.4</b>	Suministro e instalación de cable de fibra óptica para exteriores, para comunicar equipo de control del SwitchGear 1 y 3 que es el que llevaría la Acometida de Agronomía.	350	m		
<b>2.5</b>	Suministro e Instalación de Transformador Pad Mounted Monofásico de 50 kVA, 60 Hz, 13,2 kV, BIL 125 kV, lado de baja 240/120 V con BIL de 30 kV, frente muerto, con fusible tipo bayoneta de 3 A (con curva C05) y fusible limitador de corriente, 2 terminales tipo codo, conectores para baja tensión tipo espada con 4 agujeros, terminales para baja tensión. Se toma en cuenta la instalación, conexión en baja y media tensión.	2	U		
<b>2.6</b>	Suministro e Instalación de Transformador Pad Mounted Trifásico de 75 kVA, 60 Hz, 23/13,2 kV, BIL de 125 kV, T "Blade" conexión en anillo, lado de baja 208/120 V con BIL de 30 kV, frente muerto, con fusible tipo bayoneta de 6 A (con curva C05) y fusible limitador de corriente, 6 terminales tipo codo, conectores para baja tensión tipo espada con 4 agujeros, terminales para baja tensión. Se toma en cuenta la instalación, conexión en baja y media tensión.	1	U		
<b>2.7</b>	Suministro e Instalación de Transformador Pad Mounted Trifásico de 100 kVA, 60 Hz, 23/13,2 kV, BIL de 125 kV, T "Blade" conexión en anillo, lado de baja 208/120 V con BIL de 30 kV, frente muerto, con fusible tipo bayoneta de 6 A (con curva C08) y fusible limitador de corriente, 3 terminales tipo codo, conectores para baja tensión tipo espada con 4 agujeros, terminales para baja tensión. Se toma en cuenta la instalación, conexión en baja y media tensión.	1	U		

2.8	Suministro e Instalación de Transformador Pad Mounted Trifásico de 150 KVA, 60 Hz, 23/13,2 KV, BIL de 125 kV, T "Blade" conexión en anillo, lado de baja 208/120 V con BIL de 30 kV, frente muerto, con fusible tipo bayoneta de 12 A (con curva C05) y fusible limitador de corriente, 6 terminales tipo codo, conectores para baja tensión tipo espada con 4 agujeros, terminales para baja tensión. Se toma en cuenta la instalación, conexión en baja y media tensión.	4	U		
2.9	Suministro e Instalación de Transformador Pad Mounted Trifásico de 300 KVA, 60 Hz, 23/13,2 KV, BIL de 125 kV, T "Blade" conexión en anillo, lado de baja 208/120 V con BIL de 30 kV, frente muerto, con fusible tipo bayoneta de 20 A (con curva C08) y fusible limitador de corriente, 6 terminales tipo codo, conectores para baja tensión tipo espada con 4 agujeros, terminales para baja tensión. Se toma en cuenta la instalación, conexión en baja y media tensión.	2	U		
2.10	Desmontaje de medidores Shark 200-S, para su montaje en las nuevas subestaciones a instalar. En el caso de que se realice cambio de Transformador en esta de lo contrario se mantienen en su puesto.	9	U		
2.11	Equipo de medición de diferentes parámetros eléctricos (tensión, corriente, potencia, energía, frecuencia entre otros) modelo Shark 200-S. Se incluye el módulo de medición, transductores y equipo de comunicación con central de datos. El equipo será instalado en el MAIN del tablero principal de cada edificio. Estos con sus respectivos Routers	11	U		
2.12	Conjunto total de Derivadores (Datos de cantidades y valores de Amperaje se encuentran descritos en el apartado de Especificaciones de Equipos Subterráneos). En el pozo se instalarán 3 derivadores de 4, 5 o 6 Vías, con sus respectivos Conectores Tipo Codo con Portafusible, su fusible y accesorios para polarización.	1	SG		
<b>3</b>	<b>Equipo e Instalación de Red Secundaria</b>				
3.1	Suministro e Instalación de Tablero Secundario para Intemperie Marca Siemens Tipo S4 con interruptor general tipo MAIN de ABB T5 TMA	1	S.G		

	400A / 3P, más un Circuit Breaker de 175 A/3P, para el edificio administrativo de agronomía, más un Circuit Breaker de 80 A/3P para el edificio de Planta Piloto y un Circuit breaker de 90 A/3P para el Edificio del Laboratorio de Ciencias Naturales, todos los anteriores a 208/120 V. El tablero general tendrá puerta, N-3R, con llave de seguridad y con Barras de 400 A. Este deberá llevar su respectivo alimentador y canalización correspondiente al transformador TT1, he incluirá la construcción de base de concreto para la instalación del tablero. AIC de 10 kA instalado.				
<b>3.2</b>	Suministro e Instalación de Alimentador de TG de TT1 a TG Edificio Administrativo de Agronomía, con 3 #2/0 + 2 #1/0 THHN en tubería PVC de 2".	50	m		
<b>3.3</b>	Suministro e Instalación de Alimentador de TG de TT1 a TG del Edificio de Planta Piloto, con 3 #2 + 2 #4 THHN en tubería PVC de 1 1/2".	70	m		
<b>3.4</b>	Suministro e Instalación de Alimentador de TG de TT1 a TG del Edificio Laboratorio de Ciencias Naturales, con 3 #2 + 2 #4 THHN en tubería PVC de 1 1/2".	150	m		
<b>3.5</b>	Suministro e Instalación de Tablero Secundario para Intemperie Marca Siemens Tipo S4 con interruptor general tipo MAIN ABB T4 TMA 160 A / 3P, más un Circuit Breaker de 40 A/2P para el edificio de Bodega de Agronomía, más un Circuit Breaker de 50 A/2P para el Edificio de Computo de Agronomía, más un Circuit Breaker de 20 A/2P para el Edificio de Ciencias Agronómicas, más un Circuit Breaker de 30 A/2P para el Edificio de Bomba de Riego Área Verde, todos los anteriores a 240/120 V. El tablero general tendrá puerta, N-3R, con llave de seguridad y con Barras de 400 A. Este deberá llevar su respectivo alimentador y canalización correspondiente al transformador TT2, he incluirá la construcción de base de concreto para la instalación del tablero. AIC de 10 kA instalado.	1	S.G		

<b>3.6</b>	Suministro e Instalación de Alimentador de TG de TT2 a TG del Edificio de Bodega de Agronomía, con 2 #4 + 2 #6 THHN en tubería PVC de 1 1/2".	70	m		
<b>3.7</b>	Suministro e Instalación de Alimentador de TG de TT2 a TG del Edificio de Computo de Agronomía, con 2 #4 + 2 #6 THHN en tubería PVC de 1 1/2".	30	m		
<b>3.8</b>	Suministro e Instalación de Alimentador de TG de TT2 a TG del Edificio de Ciencias Agronómicas, con 2 #4 + 2 #6 THHN en tubería PVC de 1 1/2".	30	m		
<b>3.9</b>	Suministro e Instalación de Alimentador de TG de TT2 a TG del Edificio de Bomba de Riego Área Verde, con 2 #4 + 2 #6 THHN en tubería PVC de 1 1/2".	51	m		
<b>3.10</b>	Suministro e Instalación de Tablero Secundario para Intemperie Marca Siemens Tipo S4 con interruptor general tipo MAIN ABB T4 TMA 250A / 3P, más un Circuit Breaker de 50A/3P para el edificio del Taller de Obra de Banco, más un Circuit breaker de 70A/3P del Edificio de Taller de Mecánica, más un Circuit Breaker de 20A/3P del Edificio de Bodega Frente a Talleres, más un Circuit Breaker de 70A/3P del Edificio de Taller, más un Circuit Breaker de 30A/3P de Luminarias Exteriores, todos los anteriores a 208/120 V. El tablero general tendrá puerta, N-3R, con llave de seguridad y con Barras de 400 A. Este deberá llevar su respectivo alimentador y canalización correspondiente al transformador TT12, he incluirá la construcción de base de concreto para la instalación del tablero. AIC de 10 kA instalado.	1	S.G		
<b>3.11</b>	Suministro e Instalación de Alimentador de TG de TT12 a TG del Edificio de Taller de Obra de Banco, con 3 #6 + 2 #8 THHN en tubería PVC de 1".	10	m		
<b>3.12</b>	Suministro e Instalación de Alimentador de TG de TT12 a TG del Edificio de Taller de Mecánica, con 3 #6 + 2 #8 THHN en tubería PVC de 1".	20	m		

<b>3.13</b>	Suministro e Instalación de Alimentador de TG de TT12 a TG del Edificio de Bodega Frente a Talleres, con 3 #6 + 2 #8 THHN en tubería PVC de 1".	30	m		
<b>3.14</b>	Suministro e Instalación de Alimentador de TG de TT12 a TG del Edificio de Taller, con 3 #6 + 2 #8 THHN en tubería PVC de 1".	20	m		
<b>3.15</b>	Suministro e Instalación de Alimentador de TG de TT12 a TG de Luminarias Exteriores, con 3 #6 + 2 #8 THHN en tubería PVC de 1".	20	m		
<b>3.16</b>	Suministro e Instalación de Tablero Secundario para Intemperie Marca Siemens Tipo S5 con Interruptor General tipo MAIN ABB T6 TMA 630 A / 3P, más un Circuit Breaker de 200A/3P para el Edificio Administrativo de Odontología, más un Circuit Breaker de 250A/3P para el Edificio de Clínicas Odontológicas, más un Circuit Breaker de 150A/3P para el Edificio de Auditorio de Odontología, todos los anteriores a 208/120V. El tablero general tendrá puerta, N-3R, con llave de seguridad y con barras de 800 A. Este deberá llevar su respectivo alimentador y canalización correspondiente al transformador TT16, he incluirá la construcción de base de concreto para la instalación del tablero. AIC de 10 kA instalado.	1	S.G		
<b>3.17</b>	Instalación de Alimentador de TG de TT16 a TG del Edificio Administrativo de Odontología, con cableado existente, canalización subterránea existente.	1	U		
<b>3.18</b>	Instalación de Alimentador de TG de TT16 a TG del Edificio de Clínicas Odontológicas, con cableado existente, canalización subterránea existente.	1	U		
<b>3.19</b>	Suministro e Instalación de Alimentador de TG de TT16 a TG del Edificio de Auditorio de Odontología, con cableado 3 #1/0 + 2 #2 THHN en tubería PVC de 2".	50	m		
<b>3.20</b>	Suministro e Instalación de Tablero Secundario para Intemperie Marca Siemens Tipo S5 con Interruptor General tipo MAIN ABB T6 800 A / 3P, más un Circuit Breaker de 350A/3P para el Edificio de la Imprenta, más un Circuit Breaker de 300A/3P para el Edificio de Bienestar	1	S.G		

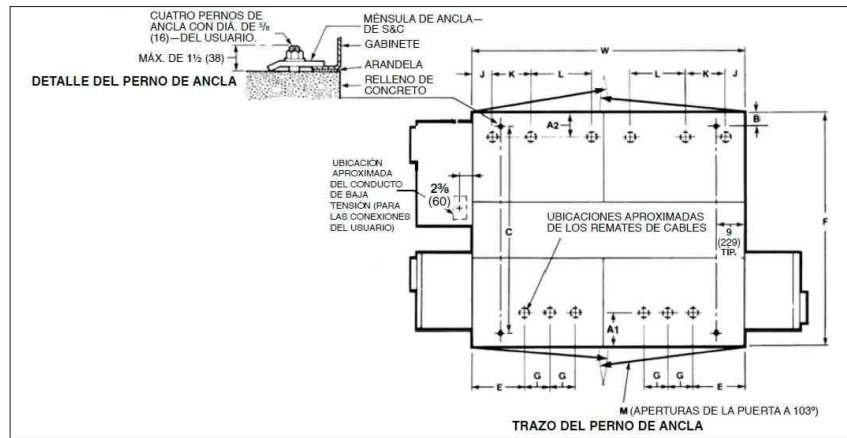
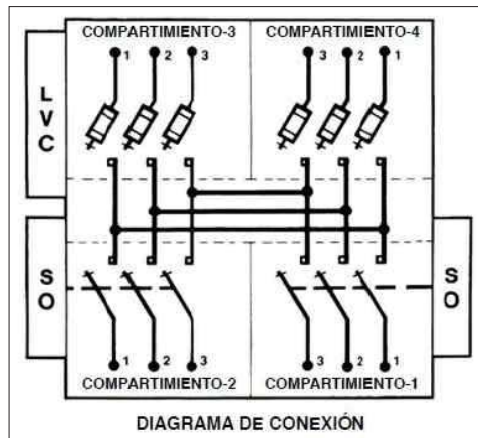
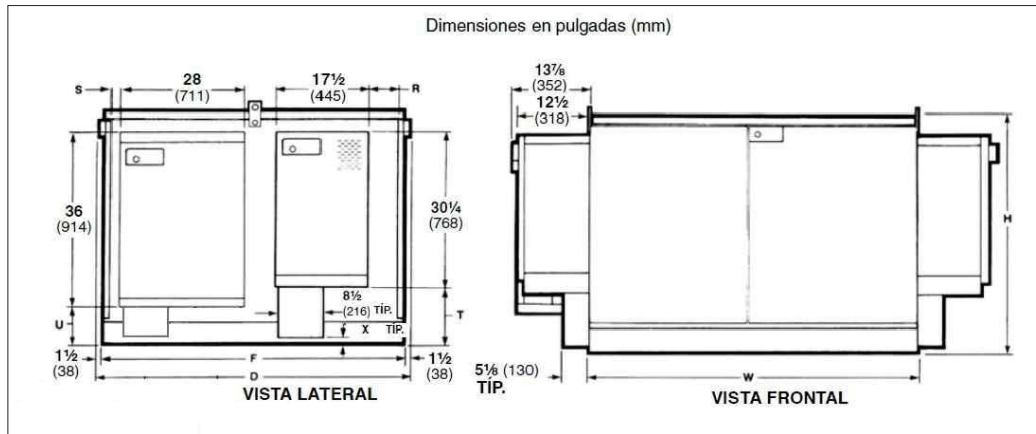
	Universitario, más un Circuit Breaker de 90A/3P para el Edificio de Ciencias de la Salud, más un Circuit Breaker de 50A/3P para el Edificio de Biblioteca de Química y Farmacia, todos los anteriores a 240/120V. El tablero general tendrá puerta, N-3R, con llave de seguridad y con barras de 800 A. Este deberá llevar su respectivo alimentador y canalización correspondiente al transformador TT17, he incluirá la construcción de base de concreto para la instalación del tablero. AIC de 10 kA instalado.				
3.21	Instalación de Alimentador de TG de TT17 a TG del Edificio de Imprenta, con cableado existente, canalización subterránea existente.	1	U		
3.22	Suministro e Instalación de Alimentador de TG de TT17 a TG del Edificio de Bienestar Universitario, con cableado 6 #1/0 + 4 #2 THHN en 2 tuberías PVC de 2".	75	m		
3.23	Suministro e Instalación de Alimentador de TG de TT17 a TG del Edificio de Ciencias de la Salud, con cableado 3 #2 + 2 #4 THHN, canalización subterránea existente.	60	m		
3.24	Suministro e Instalación de Alimentador de TG de TT17 a TG del Edificio de Biblioteca Química y Farmacia, con cableado 3 #4 + 2 #6 THHN, canalización subterránea existente.	75	m		
<b>4</b>	<b>Sistema de puesta a tierra</b>				
4.1	SPT configuración S12: 58 m de cable de cobre THHN #2/0, 12 barras coperweld 5/8" x 10', 4 molde thermoweld cable-cable 2/0, 2 molde thermoweld en T 2/0, 2 molde thermoweld cable 2/0 - varilla 5/8", 12 pólvora thermoweld #90, 5 chispero thermoweld #90. Esta será instalada en la ubicación de los transformadores.	19	U		
4.2	Instalación de barra coperweld 5/8" x 10' para pozos derivadores de la red eléctrica subterránea, la cual deberá ser con soldadura exotérmica, con su cable de tierra conectando los derivadores, estructuras metálicas del pozo y armazón de hierro del pozo.	7	U		
<b>5</b>	<b>Desmontaje de estructuras</b>				

5.1	Desconexión de línea aérea primaria, desmontaje de estructuras, bancos de transformadores y Movilización de equipo con grúa. Todos estos distribuidos a lo largo de la Acometida en Cuestión	1	SG		
<b>6</b>	<b>Capacitaciones y Equipos de Seguridad</b>				
6.1	Capacitación para electricistas e ingenieros de la Universidad de El Salvador encargados de la inspección y ejecución del mantenimiento de la línea de distribución subterránea. Con duración de una semana y dirigida para 5 personas.	1	S.G		
6.2	Equipamiento de seguridad para ser utilizados por los técnicos encargados de brindar mantenimiento correctivo y preventivo de la línea de distribución eléctrica subterránea de la Acometida de la Facultad de Ciencias Agronómicas.	1	S.G		
				<b>TOTAL</b>	
				<b>TOTAL CON IVA</b>	



# Modelo PMH-9

25 kV con dos moto-operadores



kV, Nom.	A <sub>1</sub> ♦	A <sub>2</sub>	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	R	S	T	U	W	X
14.4	9 <sup>7</sup> / <sub>8</sub> (251)	7 (178)	3 <sup>7</sup> / <sub>8</sub> (98)	53 (1356)	63 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> (1619)	12 <sup>7</sup> / <sub>8</sub> (327)	60 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> (1543)	6 (152)	50 (1270)	4 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> (121)	9 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> (248)	14 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> (375)	34 (864)	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> (140)	1 (25)	16 (406)	10 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> (260)	67 (1702)	7 <sup>8</sup> / <sub>16</sub> (22)
25	14 <sup>1</sup> / <sub>8</sub> (359)	11 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> (286)	3 <sup>7</sup> / <sub>8</sub> (98)	69 (1753)	79 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> (2026)	13 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> (349)	76 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> (1949)	7 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> (191)	61 (1549)	6 (152)	12 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> (318)	16 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> (419)	41 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> (1054)	9 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> (248)	5 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> (133)	25 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> (654)	20 (508)	82 (2083)	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> (13)



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TRABAJO DE GRADUACIÓN:  
DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA DE LA ACOMETIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

PRESENTAN:

Br. JESÚS ABILIO DÍAZ ORELLANA  
Br. IVÁN DAVID URBINA NAVARRO

ASESOR:

MSC. ING. JORGE ALBERTO ZETINO.

CONTIENE:

DIAGRAMA DE DIMENSIONES Y CONEXIÓN DE SWITCHGEAR S&C PMH-9 CON OPERACIÓN REMOTA

ESCALA :

SIN ESCALA

FECHA:

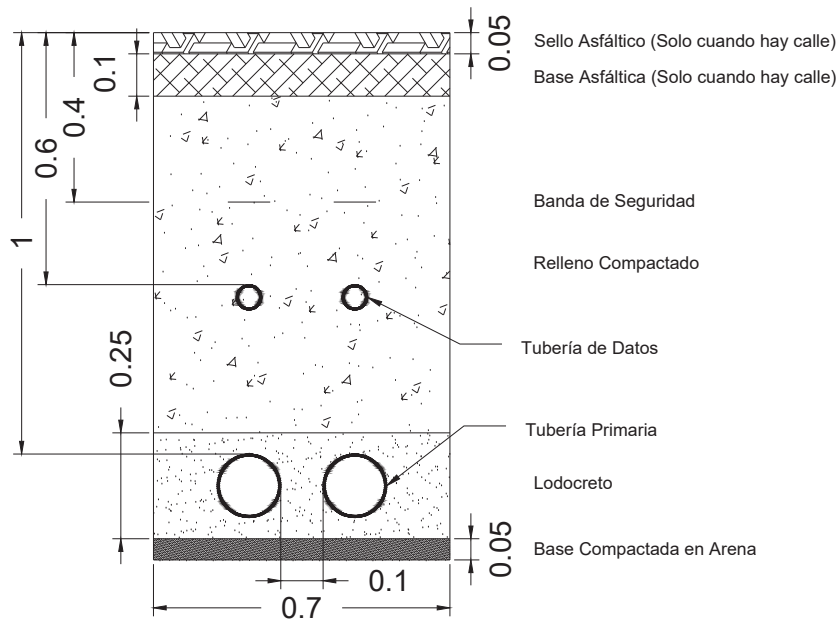
NOVIEMBRE 2019

NÚMERO DE PLANO:

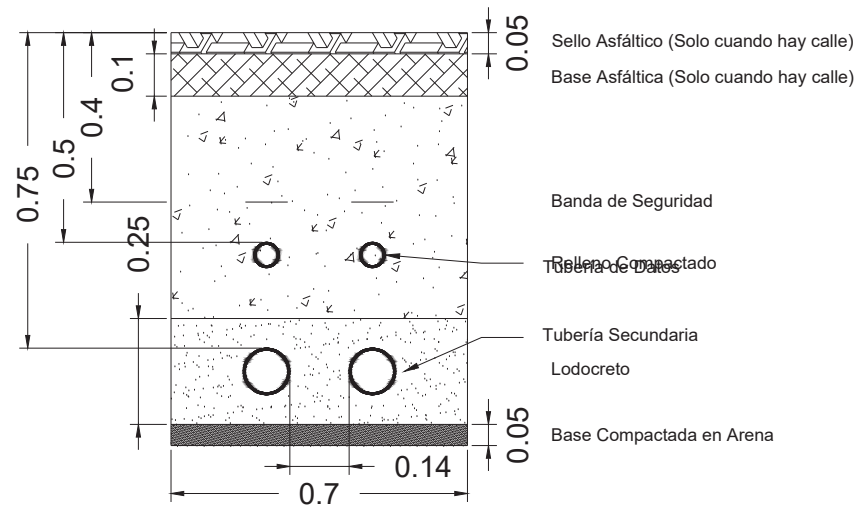
20

ANEXOS :

## Canalización Primaria



## Canalización Secundaria



Utilizar tubería PVC grado eléctrico, tipo EB 40 en acera y EB 80 bajo tráfico, ambos tipos de tubería deberán ser recubiertos en lodocreto. También podrá utilizarse tuberías DB 60 para la acera y DB 120 para zonas con tráfico vehicular ambas recubiertas en lodocreto.



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TRABAJO DE GRADUACIÓN:  
DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA DE LA ACOMETIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

PRESENTAN:

Br. JESÚS ABILIO  
DÍAZ ORELLANA  
Br. IVÁN DAVID  
URBINA NAVARRO

ASESOR:

MSC. ING. JORGE ALBERTO  
ZETINO.

CONTIENE:

DIAGRAMA DE CANALIZACIÓN  
PRIMARIA Y SECUNDARIA

ESCALA :

SIN  
ESCALA

FECHA:

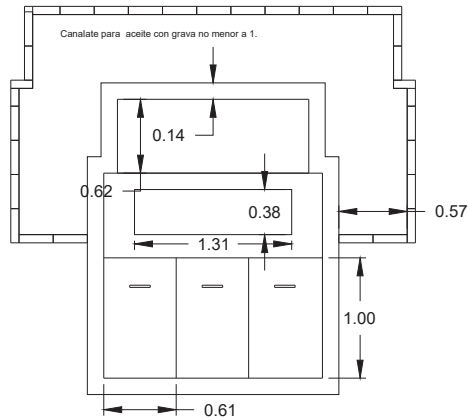
NOVIEMBRE 2019

NÚMERO DE PLANO:

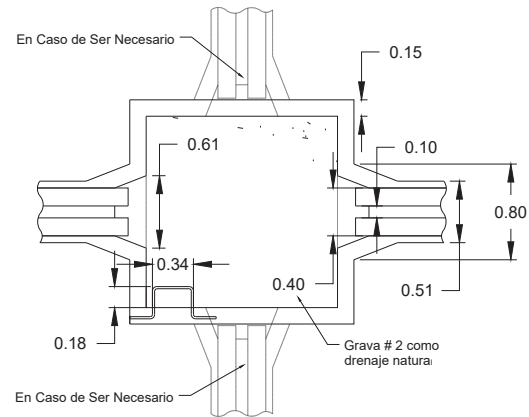
21

ANEXOS :

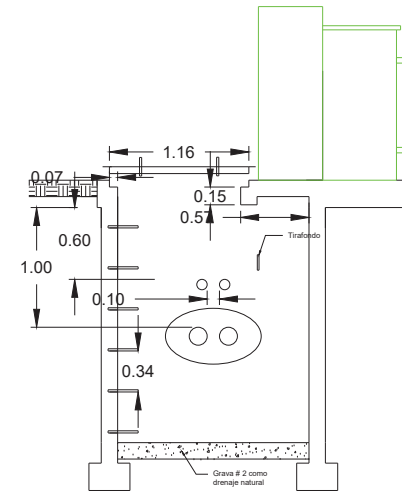
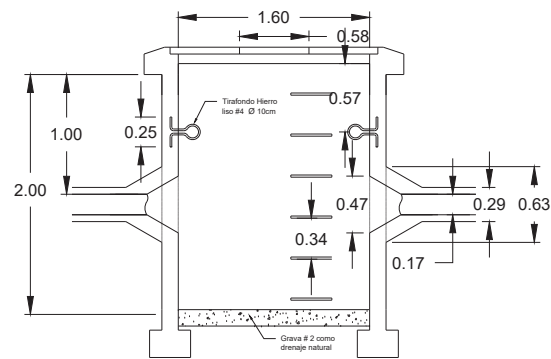
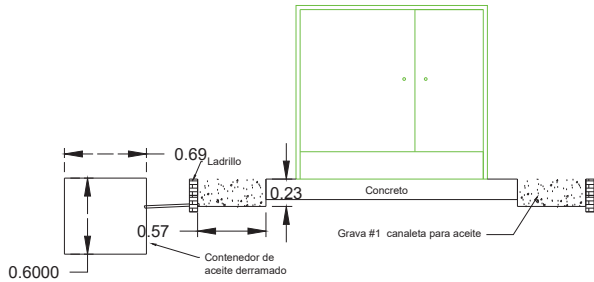
Vista de Planta Con Tapas



Vista de Planta Sin Tapas



Vista Laterales



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TRABAJO DE GRADUACIÓN:  
DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA DE LA ACOMETIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

PRESENTAN:

Br. JESÚS ABILIO  
DÍAZ ORELLANA

Br. IVÁN DAVID  
URBINA NAVARRO

ASESOR:

MSC. ING. JORGE ALBERTO  
ZETINO.

CONTIENE:

DIAGRAMA DE DISEÑO DE POZOS PARA TRANSFORMADORES

ESCALA :

SIN  
ESCALA

FECHA:

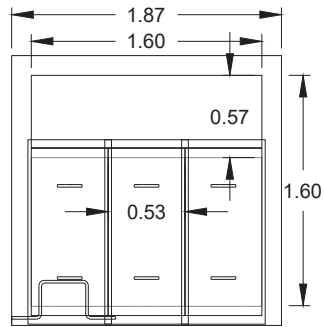
NOVIEMBRE 2019

NÚMERO DE PLANO:

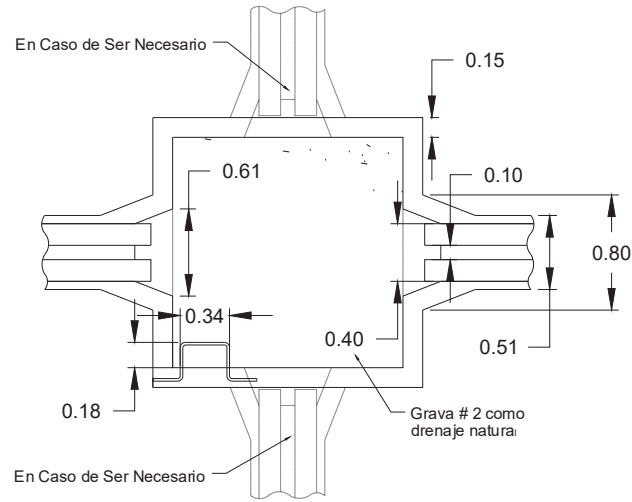
22

ANEXOS :

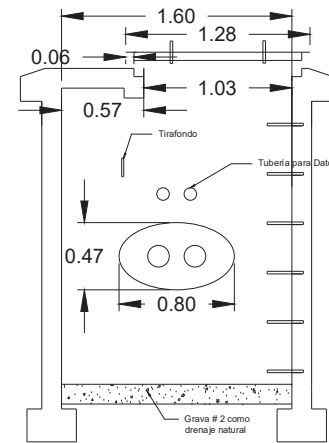
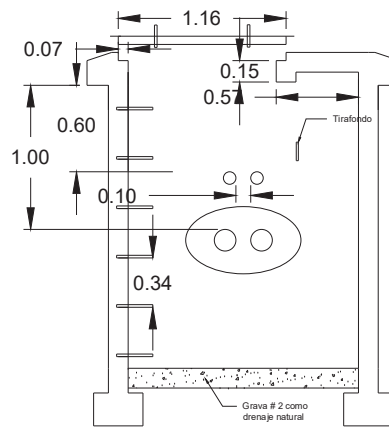
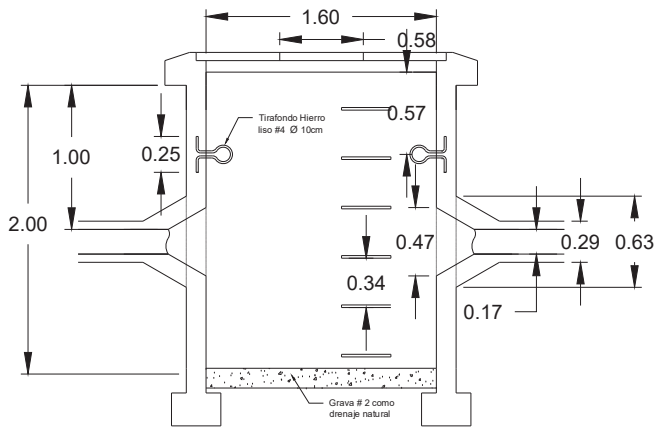
### Vista de Planta Con Tapas



### Vista de Planta Sin Tapas



### Vista Laterales



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TRABAJO DE GRADUACIÓN:  
DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA DE LA ACOMETIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

PRESENTAN:

Br. JESÚS ABILIO DÍAZ ORELLANA

Br. IVÁN DAVID URBINA NAVARRO

ASESOR:

MSC. ING. JORGE ALBERTO ZETINO.

CONTIENE:

DIAGRAMA DE DISEÑO DE POZOS PARA TRANSFORMADORES

ESCALA :

SIN ESCALA

FECHA:

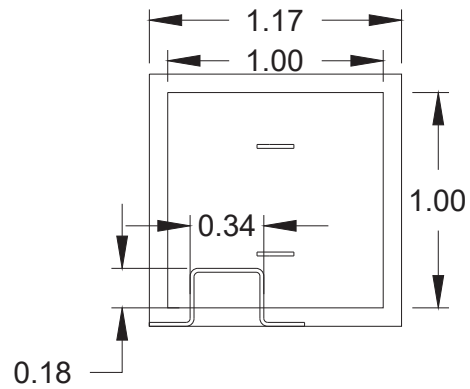
NOVIEMBRE 2019

NÚMERO DE PLANO: 23

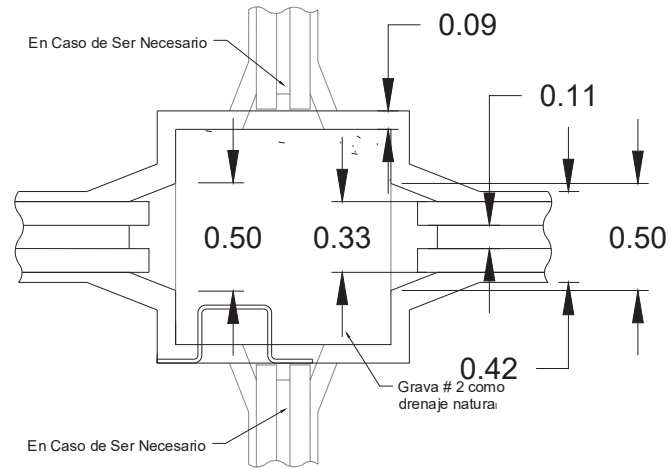
ANEXOS :



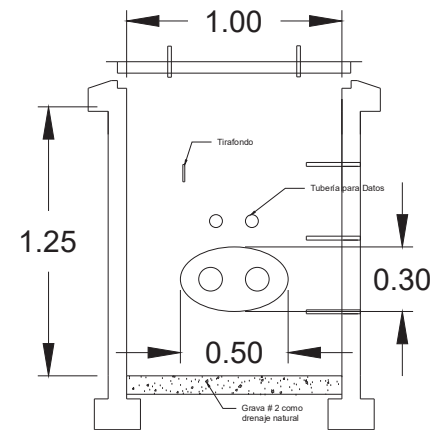
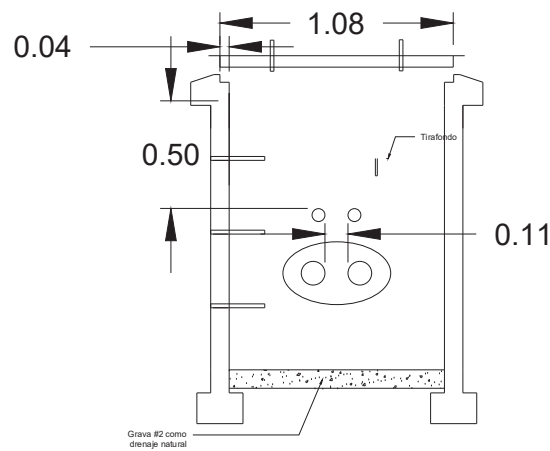
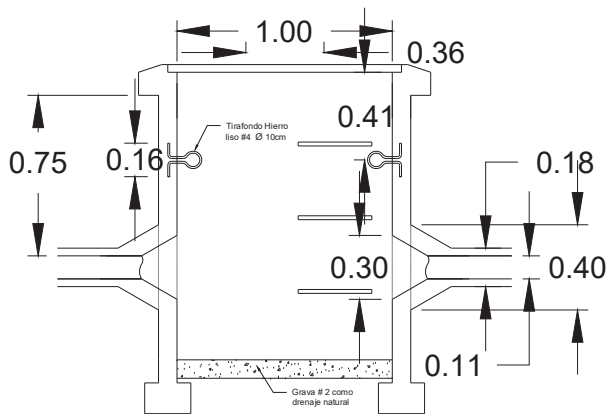
Vista de Planta Con Tapas



Vista de Planta Sin Tapas



Vista Laterales



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TRABAJO DE GRADUACIÓN:  
DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA DE LA ACOMETIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

PRESENTAN:

Br. JESÚS ABILIO DÍAZ ORELLANA

Br. IVÁN DAVID URBINA NAVARRO

ASESOR:

MSC. ING. JORGE ALBERTO ZETINO.

CONTIENE:

DIAGRAMA DE DISEÑO DE POZOS PARA LÍNEAS SECUNDARIAS

ESCALA :

SIN ESCALA

FECHA:

NOVIEMBRE 2019

NÚMERO DE PLANO:

25

ANEXOS :



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TRABAJO DE GRADUACIÓN:  
DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA DE LA ACOMETIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

PRESENTAN:

Br. JESÚS ABILIO  
DÍAZ ORELLANA

Br. IVÁN DAVID  
URBINA NAVARRO

ASESOR:

MSC. ING. JORGE ALBERTO  
ZETINO.

CONTIENE:

DIAGRAMA UNIFILAR  
DEL SISTEMA  
SUBTERRÁNEO

ESCALA :

SIN  
ESCALA

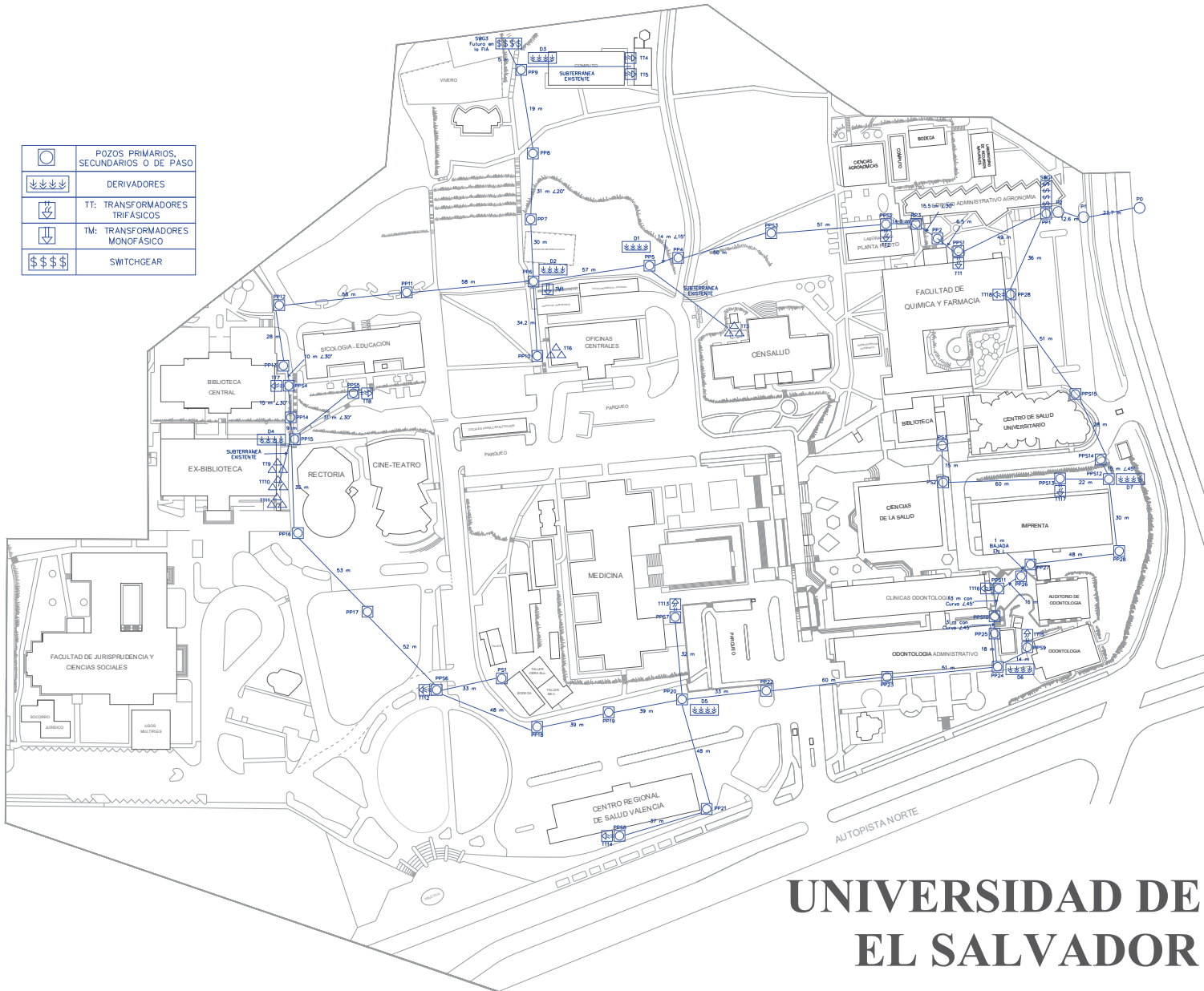
FECHA:

NOVIEMBRE 2019

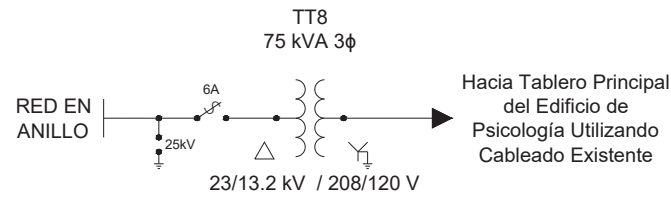
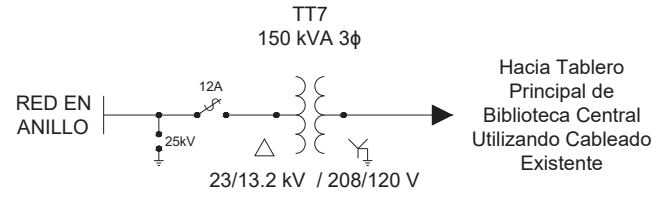
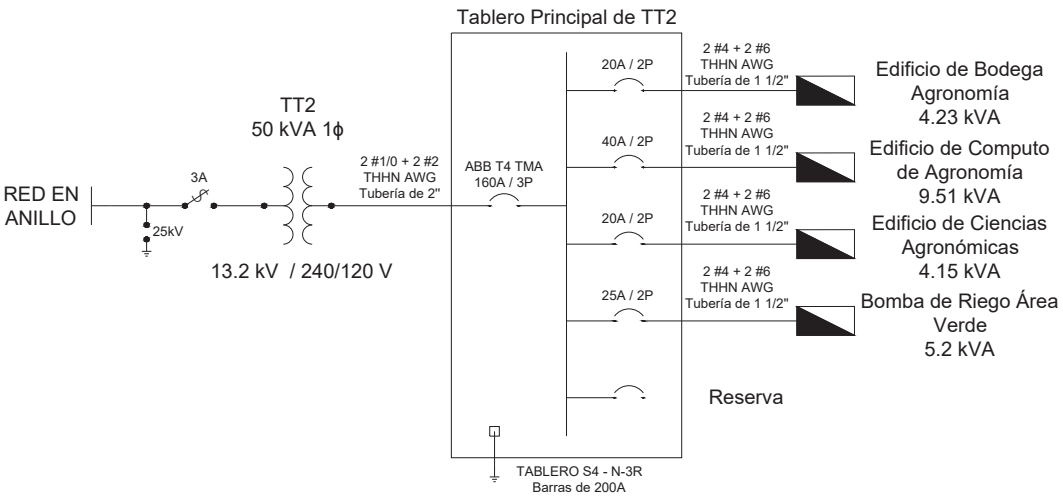
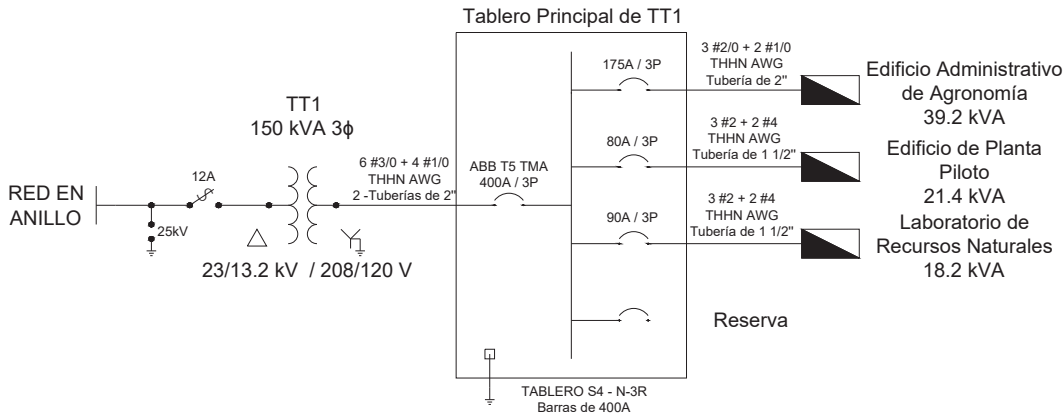
NÚMERO DE PLANO:

26

ANEXOS :



# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TRABAJO DE GRADUACIÓN:  
DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA DE LA ACOMETIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

PRESENTAN:  
Br. JESÚS ABILIO DÍAZ ORELLANA  
Br. IVÁN DAVID URBINA NAVARRO

ASESOR:  
MSC. ING. JORGE ALBERTO ZETINO.

CONTIENE:  
DIAGRAMA UNIFILAR DE TABLEROS SECUNDARIOS

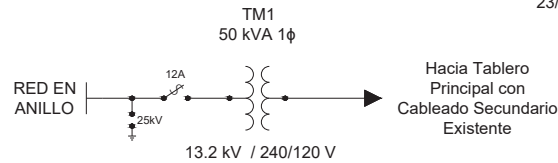
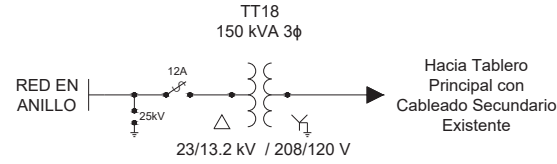
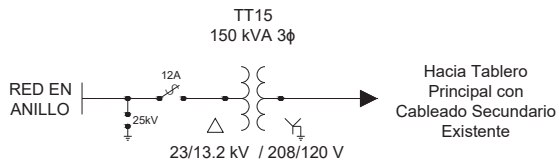
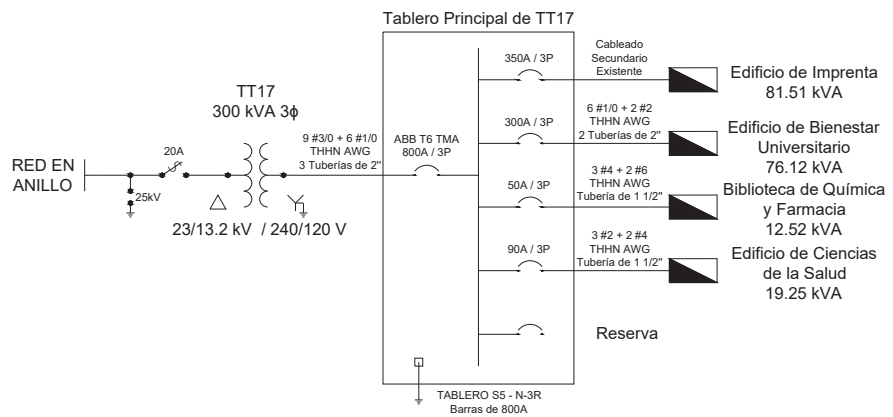
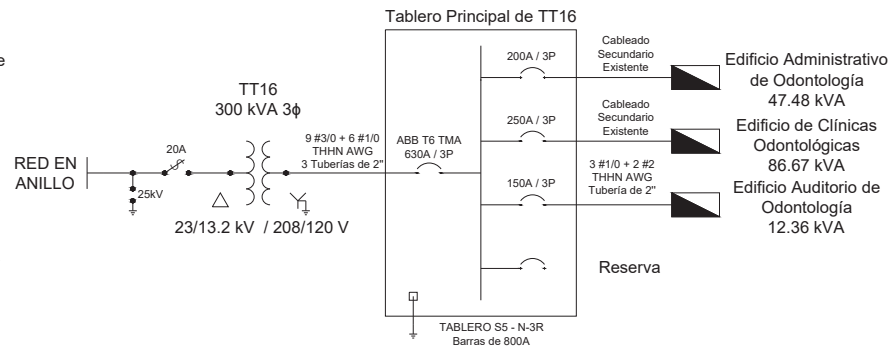
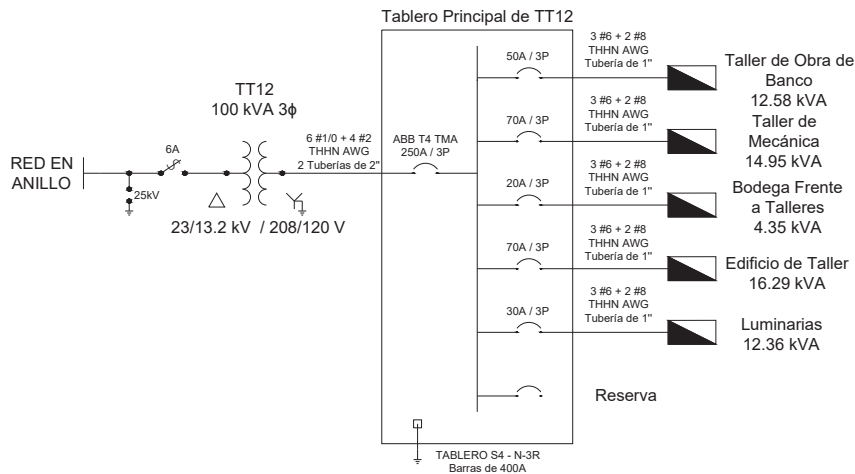
ESCALA :  
SIN ESCALA

FECHA:  
NOVIEMBRE 2019

NÚMERO DE PLANO: 27A

ANEXOS :





FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TRABAJO DE GRADUACIÓN:  
DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA SUBTERRÁNEA DE LA ACOMETIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS DEL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

PRESENTAN:

Br. JESÚS ABILIO  
DÍAZ ORELLANA  
Br. IVÁN DAVID  
URBINA NAVARRO

ASESOR:

MSC. ING. JORGE ALBERTO ZETINO.

CONTIENE:

DIAGRAMA UNIFILAR DE TABLEROS SECUNDARIOS

ESCALA :

SIN ESCALA

FECHA:

NOVIEMBRE 2019

NÚMERO DE PLANO:

27B

ANEXOS :

## CONCLUSIONES

- Mediante los planos presentados en donde se encuentran los diagramas unifilares, de conexión y distribución de módulos del diseño fotovoltaico, dimensiones de los diferentes pozos de registro, diagramas unifilares y de ubicación de la nueva red eléctrica subterránea, las diferentes especificaciones técnicas de equipo y cálculos pertinentes como lo son fallas de cortocircuito, calibre de conductores, impedancias, tensiones de halado, cálculos de red de tierra, cálculos de la parte fotovoltaica y bibliografía técnica aplicada como lo son normativas internacionales y nacionales de diseño, se puede dar por finalizado el diseño fotovoltaico y de la red de distribución eléctrica subterránea para la Acometida de la Facultad de Ciencias Agronómicas del Campus Central de la Universidad de El Salvador.
- Con base a la evidencia obtenida en el análisis de las edificaciones que comprenden la acometida primaria de la Facultad de Ciencias Agronómicas se obtuvo un total de 18 edificaciones aptas para implementación fotovoltaica conectada a la red, cumpliendo con los requerimientos pertinentes para el diseño, teniendo un total de 95 inversores y 3,219 módulos fotovoltaicos, de los cuales se tendrá una potencia total instalada de 1,064.67 kWp, con lo cual se espera una reducción anual de \$1,657,636.71 lo que representa un ahorro mensual de \$235,372.76 y con base a la facturación de datos históricos más alta se tendría una reducción del 40% del gasto mensual que tiene la universidad en dicha acometida y recuperando la inversión completa en un total de 7 años.
- De acuerdo a los datos obtenidos en el estudio de cargas se observó que todas las subestaciones de la acometida de la Facultad de Ciencias Agronómicas se encuentran sobre dimensionadas, de donde algunas presentan solo un 20% de uso. En el diseño subterráneo se ha considerado un aumento de la carga en un 25%, por lo cual solo en algunas subestaciones se sigue repitiendo el caso, por lo cual se presentan las nuevas subestaciones a instalar con transformadores tipo Pad Mounted. Estas van diseñadas de tal manera que realicen un anillo en toda la acometida con la finalidad de que se tenga más confiabilidad y continuidad del servicio eléctrico. El sistema en anillo se diseñó con 200 Amperios a 23 kV dado que con base a las subestaciones a instalar la máxima corriente no excede este valor y tomando en cuenta las especificaciones que dicta el NEC 2008 se utilizará un cable XLPE #1/0. Por otra parte, para el tramo troncal se utiliza cable XLPE #4/0 ya que este tendrá que soportar la carga que representaría la FIA en el SwitchGear de interconexión entre acometidas. La colocación de los pozos se realizó con base al recorrido del campus colocándolos en los lugares más idóneos para estos, de igual manera en los derivadores se tomó a bien dejar terminales para futuras cargas.

- Tomando en cuenta que la carpeta técnica tiene la finalidad de que el proyecto se encuentre listo para realizar una futura licitación, se le da formato de partidas a los diferentes presupuestos que se tienen en la parte del diseño fotovoltaico y el diseño subterráneo. Dichas partidas se encuentran divididas por edificaciones en el caso de los sistemas fotovoltaicos con la finalidad de que se pueda ir implementando por secciones, dependiendo del presupuesto que cuente la universidad. Por otra parte, el diseño subterráneo se dejó con una sola licitación la cual se tendrá que realizar de una sola vez debido al tipo de proyecto, dejando la desconexión de la acometida área hasta la culminación del mismo. En la carpeta se presentan todos los equipos y componentes a utilizar con sus respectivas características las cuales se deberán respetar al momento de licitar.

## **BIBLIOGRAFÍA**

### **Tesis de Índice de Producción de Energía Fotovoltaica en el AMSS**

<http://ri.ues.edu.sv/11148/1/Índices%20de%20producción%20de%20energía%20fotovoltaica%20en%20el%20AMSS.pdf>

### **Tipo de Conexión entre Módulos**

<https://www.monsolar.com/blog/conexion-serie-de-paneles-solares-leapfrog-wiring-o-salto-de-la-rana/>

### **Valor del costo del kWh según SIGET**

<https://www.siget.gob.sv/entra-en-vigencia-el-nuevo-pliego-tarifario-de-energia-electrica/>

### **Análisis de Consumo Electrico UES**

<http://www.herramienta-facturas.appspot.com/>

### **Mi Consumo de Energía UES**

<http://ues.miconsumodeenergia.com/>

### **Composición de Cable XLPE**

<https://propol.wordpress.com/2009/05/21/%C2%BFque-es-el-xlpe-o-polietileno-reticulado/>

### **Características de Construcción de Cable de Media Tensión**

<https://www.topcable.com/blog-electric-cable/caracteristicas-constructivas-de-un-cable-de-media-tension/> partes del cable MT

### **Fusibles Limitadores de Corriente**

[https://grupoteimexico.com.mx/fusibles\\_limitadores\\_de\\_corriente.php](https://grupoteimexico.com.mx/fusibles_limitadores_de_corriente.php)

## **NORMAS Y ESTÁNDARES**

### **Estándar de construcción de líneas subterráneas.**

Estándar vigente en el país por SIGET.

<b>NORMAS</b>	<b>CAMPO DE APLICACIÓN</b>
<b>ASTM D 3487</b>	Aceite dieléctrico para transformadores de distribución
<b>ANSI / IEEE C 57.12.00</b>	Transformadores tipo pedestal
<b>ANSI / IEEE C 57.109</b>	Requerimientos de corto circuito para transformadores de distribución
<b>ANSI / IEEE C 57.12.28</b>	Establece los requerimientos de diseño, pintura y seguridad en la construcción de gabinetes de pedestal para transformadores
<b>ANSI / IEEE 386</b>	Norma para accesorios con aislamiento en media tensión (codos, empalmes, terminales, regletas, etc.)
<b>NEMA TP1</b>	Eficiencias de transformadores
<b>ANSI / IEEE C 57.12. 90</b>	Pruebas electromecánicas en transformadores pedestal
<b>ICEA S-94-649 o IEC-840</b>	Diseño, fabricación y pruebas en cables de media tensión
<b>IEC 885-2</b>	Descargas parciales en cables de media tensión