

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS  
AMÉRICAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA  
PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN**

**Para optar por el grado de Bachillerato en  
Ingeniería Electromecánica**

**Diseño eléctrico óptimo para los talleres del COVAO Diurno,  
con el desarrollo de un diseño con energías renovables**

**Rigoberto Brenes Zúñiga**

**AUTOR**

**Ing. Álvaro Rojas Camacho**

**TUTOR**

**San José, Costa Rica**

## Contenido

Introducción .....	14
Justificación .....	15
Tema.....	17
Problema.....	17
Objetivo general.....	17
Objetivos específicos .....	17
Alcances.....	19
Limitaciones.....	19
Antecedentes .....	20
Título: Estudio del potencial solar en Costa Rica.....	20
Título: Diseño eléctrico de un sistema fotovoltaico para una granja avícola .....	22
<b>Capítulo I.....</b>	<b>24</b>
<b>Marco Teórico .....</b>	<b>24</b>
Marco teórico.....	25
Sistemas fotovoltaicos .....	25
Conversión fotovoltaica .....	25
Tipos paneles fotovoltaicos.....	26
Sistemas de aprovechamiento de la energía solar.....	27
Autoconsumo fotovoltaico .....	28
Balanceo neto .....	29
Componentes de un sistema solar fotovoltaico.....	31
Cálculo de la cantidad de paneles que se instalarán en un sistema fotovoltaico .....	37
Instalación eléctrica o diseño eléctrico.....	42
Valor actual neto.....	43
Tasa interna de retorno o tasa interna de rentabilidad.....	44
<b>Capítulo II .....</b>	<b>46</b>
<b>Diagnóstico .....</b>	<b>46</b>
<i>Nombre:</i> .....	46
<i>Ubicación:</i> .....	47
<i>Tipo de Colegio:</i> .....	47
Orígenes Institucionales: (1874-1907) .....	48
<i>El Período Salesiano: (1907-1953)</i> .....	49

<i>El COVAO: (1953-1977)</i> .....	50
<i>Situación Actual: (1977 - actualidad)</i> .....	50
<b>Capítulo III</b> .....	65
<b>Marco Metodológico</b> .....	65
Tipo de investigación .....	66
Etapas de investigación descriptiva .....	66
<b>Capítulo IV</b> .....	69
<b>Desarrollo</b> .....	69
Resúmenes de tableros.....	70
Distribución de tableros .....	75
Planos eléctricos.....	103
Diagramas unifilares .....	115
Memoria de cálculo del proyecto .....	117
Diseño del sistema fotovoltaico.....	123
Calculo del retorno de la inversión .....	132
Análisis de resultados.....	137
Conclusiones.....	141
Recomendaciones.....	143
Bibliografía.....	145
Anexos .....	146

## Tabla de cuadros

Cuadro 1 Composición de la irradiación.....	21
Cuadro 2 Declinación solar por mes.....	21
Cuadro 3 Consumos energéticos en colones de los últimos doce meses.....	52
Cuadro 4 Distribución de elementos taller mecánica automotriz.....	57
Cuadro 5 Distribución de elementos taller mecánica de precisión.....	58
Cuadro 6 Distribución de elementos taller Diseño Gráfico.....	59
Cuadro 7 Distribución de elementos taller Electrónica Industrial.....	61
Cuadro 8 Energía consumida por mes.....	125
Cuadro 9 Potencia generada por módulos.....	127
Cuadro 10 Inversión del sistema fotovoltaico.....	132
Cuadro 11 Ahorro estimado en colones con el proyecto fotovoltaico.....	133
Cuadro 12 Calculo de VAN y TIR en EXCEL.....	135
Cuadro 13 Cálculo de potencia demandada por área.....	136

## Tabla de figuras

Figura 1 Mapa de irradiación solar Costa Rica.....	23
Figura 2 Panel solar monocristalino .....	26
Figura 3 Panel solar policristalino.....	27
Figura 4 Esquema de un sistema de autoconsumo.....	29
Figura 5 Gráfico sistema autoconsumo vrs balanceo neto.....	31
Figura 6 Componentes básicos de un sistema generador fotovoltaico.....	32
Figura 7 Módulo fotovoltaico.....	33
Figura 8 Efecto de la temperatura en suministro de corriente.....	33
Figura 9 Regulador de voltaje.....	34
Figura 10 Baterías.....	35
Figura 11 Inversores.....	36
Figura 12 Símbolo de un panel solar. ....	38
Figura 13 Conexiones de paneles solares en paralelo.....	38
Figura 14 Conexiones de paneles solares en serie.....	40
Figura 15 Conexiones de paneles solares en mito.....	41
Figura 16 Plano eléctrico normalizado.....	43
Figura 17 Plano Levantamiento planta física del colegio.....	47
Figura 18 Planta física del taller de Mecánica Automotriz.....	53
Figura 19 Planta física del taller de Mecánica de precisión.....	54
Figura 20 Planta física del taller de Diseño Gráfico.....	55
Figura 21 Planta física del taller de Electrónica Industrial.....	56
Figura 22 Vista satelital área de talleres del COVAO.....	62
Figura 23 Resumen datos incidencia brillo solar.....	63
Figura 24 Promedio en Valle Central Incidencia del brillo solar.....	63
Figura 25 Promedio anual en el país Incidencia del brillo solar.....	64
Figura 26 Plano de circuitos de iluminación Mecánica Automotriz.....	102
Figura 27 Plano de circuitos de tomas generales Mecánica Automotriz...	103
Figura 28 Plano de circuitos de tomas especiales Mecánica Automotriz...	104
Figura 29 Plano de circuitos de iluminación Mecánica de precisión.....	105
Figura 30 Plano de circuitos de tomas generales Mecánica de presición..	106
Figura 31 Plano de circuitos de tomas especiales Mecánica de presición..	107
Figura 32 Plano de circuitos de iluminación Diseño gráfico.....	108
Figura 33 Plano de circuitos de tomas generales Diseño gráfico.....	109
Figura 34 Plano de circuitos de tomas especiales Diseño gráfico.....	110
Figura 35 Plano de circuitos de iluminación Mecánica Automotriz.....	111
Figura 36 Plano de circuitos de tomas generales Mecánica Automotriz...	112
Figura 37 Plano de circuitos de tomas especiales Mecánica Automotriz...	113
Figura 38 Diagrama unifilar sistema de 220V Bifásico.....	114
Figura 39 Diagrama unifilar sistema de 208V Trifásico.....	115
Figura 40 Conexión a la red de un sistema fotovoltaico.....	123
Figura 41 Conexión de los paneles solares.....	128
Figura 42 Conexión de los paneles solares al inversor.....	129
Figura 43 Sistemas de anclaje.....	131

## Introducción

El desarrollo de las prácticas y trabajos de campo es una de las actividades científicas, tecnológicas y educativas que el individuo debe incluir en su formación académica es de suma importancia, pues gracias al uso de los diferentes talleres y equipos que se tiene en los diversos centros educativos, se llegara a mejorar las destrezas

En los tiempos actuales es casi una obligación en las diferentes academias para competir en el mundo globalizado, que los espacios para la ubicación de los talleres de las prácticas y desarrollo de trabajos de campos tengan las condiciones óptimas para un buen desarrollo; por ello se propondrá un diseño que sea acorde con la normativa actual para el resguardo tanto de los equipos como de la seguridad de los estudiantes que hacen uso de estos espacios.

Igualmente aprovechar la energía solar, que como se ha visto, presenta grandes ventajas recurso energético abundante en el país y la disminución de la emisión de gases de efecto invernadero por en la producción de energía eléctrica, o bien se puede aprovechar por captación térmica, que permite la transformación de la radiación solar en energía calorífica, o por captación fotovoltaica, que transforma la radiación solar en energía eléctrica. Por cuanto en este diseño se recomendará la implantación y el uso de paneles fotovoltaicos que ayuden en el ahorro de la facturación del consumo eléctrico que tiene el área de talleres del COVAO Diurno.

## Justificación

El diseño se desarrollará en las instalaciones de cuatro talleres de las especialidades industriales, los cuales son Mecánica de Precisión, Mecánica Automotriz, Diseño Gráfico y Electrónica Industrial del Colegio Vocacional de Artes y Oficios de Cartago (Área de talleres), los cuales debido a su ubicación espacial son los que se podrían aplicar en un diseño, además corresponden al área con el techo más factible para el desarrollo de un sistema fotovoltaico, el cual se implantará para el autoconsumo y el ahorro sustancial en la facturación eléctrica del Colegio.

Los talleres por lo general manejan cargas que no son usadas en el régimen industrial o constantes, ya que se aplican para el uso de prácticas de campo y laboratorios teniendo una distribución de cargas de la siguiente manera:

Taller Automotriz:

- Compresor
- Diversos equipos de diagnóstico computarizados
- Centro de cómputo
- Tomas generales de 110V y de 208V (Trifásicos)
- Luminarias

Taller de mecánica precisión:

- Tornos

- Fresadoras
- Esmeriles
- Centros de control numérico CNC
- Taladros de banco
- Máquinas de soldar
- Equipo para tratamientos térmicos
- Centro de computo
- Tomas generales de 110V y de 208V (Trifásicos)
- Luminarias

Taller Impresión Offset:

- Máquinas de impresión (Varias)
- Guillotina
- Tomas generales de 110V y de 208V (Trifásicos)
- Luminarias

Taller Electrónica Industrial:

- Paneles de control industrial
- Paneles de programación de PLC´s
- Robots industrial
- Esmeriles
- Taladros de banco
- Centros de computo

- Equipos Varios (Fuentes, Osciloscopios y otros)
- Tomas generales de 110V y de 208V (Trifásicos)
- Luminarias

## Tema

Diseño de un sistema eléctrico correspondiente al área de talleres del Colegio Vocacional de Artes y Oficios de Cartago, el cual incluye un sistema de generación fotovoltaica para autoconsumo en dichos talleres.

## Problema

¿Cuál sería el sistema eléctrico idóneo para el área de talleres del Colegio Vocacional de Artes y Oficios ubicado en Cartago, Costa Rica y el diseño de un sistema de energías renovables en este?

## Objetivo general

Diseñar un sistema eléctrico óptimo para el área de talleres del Colegio Vocacional de Artes y Oficios ubicado, en Cartago, Costa Rica y diseñar un sistema de energías renovables para este.

## Objetivos específicos

- Obtener cuál es el consumo por medio de la facturación de energía eléctrica, que se tiene en un lapso de 12 meses.

- Determinar cuál sería la irradiación solar para establecer la cantidad óptima de paneles solares por instalar, por medio las mediciones ellas en sitios cercanos al colegio.
- Determinar consumos y factores según el NEC NFPA 2008 de uso de los diversos equipos que se tienen en los talleres para poder realizar los cálculos idóneos de consumo, conductores y protecciones que deberían llevar el diseño eléctrico que se realizará.
- Determinar el área requerida y ubicación de los paneles solares, además de las diversas configuraciones de los equipos seleccionados para el desempeño óptimo.
- Determinar el ahorro con la implantación de los sistemas fotovoltaicos, en la facturación eléctrica y cuál sería la inversión inicial que se debe manejar en este caso.
- Calcular cuál es el valor actual neto y la tasa interna de retorno en el proyecto de la implantación de los paneles fotovoltaicos al sistema aplicar y determinar cuál sería su rentabilidad.

## Alcances

Dentro de las aplicaciones y elementos que se harán entrega en esta tesina corresponderá a los siguientes:

- Los dibujos de los diferentes planos y hojas de cálculo del diseño eléctrico óptimo para el área de taller del Colegio en CD y físico
- Propuesta de un sistema fotovoltaico de autoconsumo para complementarlo con el diseño eléctrico entregado, junto con un análisis de algunos aspectos financieros para poder ver su factibilidad, además del posible ahorro que se tendría en la facturación eléctrica de dicha área

## Limitaciones

Dentro de las limitaciones se pueden mencionar las siguientes:

- No contar con planos de las áreas propuestas, lo que hace difícil el desarrollo de los diversos dibujos de planos que hay que realizar.
- No tener acceso algunos datos de facturación eléctrica, pues se debe contar con el aval de Junta Directiva por ser un ente privado subvencionado por el Estado.
- La mala distribución y trabajos no adecuados que se tiene en los talleres, ya que durante muchos años y debido al crecimiento de la población estudiantil se han hecho ampliaciones a los talleres sin ninguna supervisión ingenieril ni arquitectónica.

## Antecedentes

**Título: Estudio del potencial solar en Costa Rica**

**Autor: M.Sc. JAIME WRIGHT GILMORE**

**Año: 2006**

**Institución: Instituto Costarricense de Electricidad**

En este trabajo se aplica un estudio de la radiación solar en Costa Rica y determinar su potencial como recurso energético. El interés de datos cuantitativos de radiación solar, sin embargo, no es limitado al uso directo de la energía solar para la generación de potencia. Existen muchas otras actividades para las cuales esta información es necesaria o al menos útil. A la par de las ciencias meteorológicas, como un todo, estas actividades como agricultura, irrigación, forestal y arquitectura pueden ser beneficiadas con dichos datos.

Igualmente indica los diferentes factores que afectan la irradiación solar en la superficie terrestre como son:

- A. Latitud del lugar.
- B. Tipo de superficie.
- C. Cantidad de cielo cubierto de nubes.
- D. Contenido de vapor de agua y de aerosoles de la atmósfera.
- E. Día del año (posición de la órbita terrestre).

Se desarrollan aplicaciones de mediciones en diversos espacios para observar cuál sería la energía entregada y la composición de dicha irradiación a nivel de la colocación de los paneles solares.

Cuadro 1. Composición de la irradiación  
Tomado Estudio del potencial solar en Costa Rica

Longitud de onda ( $\mu\text{m}$ )	% sobre la energía total	Naturaleza de la radiación
0,25 a 0,4	1 a 3%	Ultravioleta
0,4 a 0,75	40 a 42%	Visible
0,75 a 2,5	55 a 59%	Infrarrojo

Además hace referencia a equipos que tienen la aplicación de poder realizar la medición de dicha irradiación utilizando el equipo llamado helifonógrafo que permite medir la duración correspondiente al brillo solar, es una esfera de cristal que concentra los rayos solares y quema una faja subdividida en intervalos y a medida que la inclinación del sol va variando, va quemando la faja, al disminuir la intensidad del brillo solar, ya sea por nubosidad u otras razones, la faja deja de quemarse. Esto permite un registro de las horas de sol en el día.

Igualmente el estudio indica las zonas de mayor influencia en la radiación solar aplicada en Costa Rica y cuáles son los elementos que pueden contribuir con una mejor exposición como corresponde a la época del año y la rotación que se tenga o declinación como lo muestra la siguiente tabla

Cuadro 2. Declinación solar por mes  
Tomado Estudio del potencial solar en Costa Rica

Mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
$\delta$ (grados)	-20.9	-12.9	-2.0	9.6	18.7	23.0	21.2	13.8	2.9	-8.7	-18.4	-23.0
$N$ (horas)	11.5	11.7	12.0	12.2	12.6	12.6	12.5	12.3	12.0	11.8	11.5	11.4

**Título: Diseño eléctrico de un sistema fotovoltaico para una granja avícola**

**Autor: Giancarlo Sibaja Núñez**

**Año: 2017**

**Institución: Universidad Internacional de las Américas**

Este Trabajo corresponde al estudio y desarrollo de un sistema eléctrico de una granja avícola ubicada en la zona de San Ramón. Tiene tres galpones que funcionan al mismo tiempo, en cada uno se almacenan 38.000 pollos de engorde.

La producción de estos dura cuarenta días, que se dividen en cuatro etapas o periodos. En las tres primeras los sistemas de iluminación, de alimentación, los motores de líneas y el “*auger*” trabajan durante las tres etapas.

En este caso se presenta un diseño eléctrico que utilizará en el desarrollo de elementos propios de esta granja como corresponde a motores y sistemas necesarios para el buen funcionamiento, además realiza un estudio de la incidencia de la irradiación solar en algunas partes del país y como en la zona de San Ramón donde tiene buenos índices de dicha irradiación tal y como lo muestra la fig 1 que corresponde la mapa de calor de Costa Rica

Igualmente desarrolla un estudio de los diversos elementos financieros como son el VAN y el TIR y cuál es el impacto de inversión y ahorro que se tendrá con la aplicación de dicho proyecto

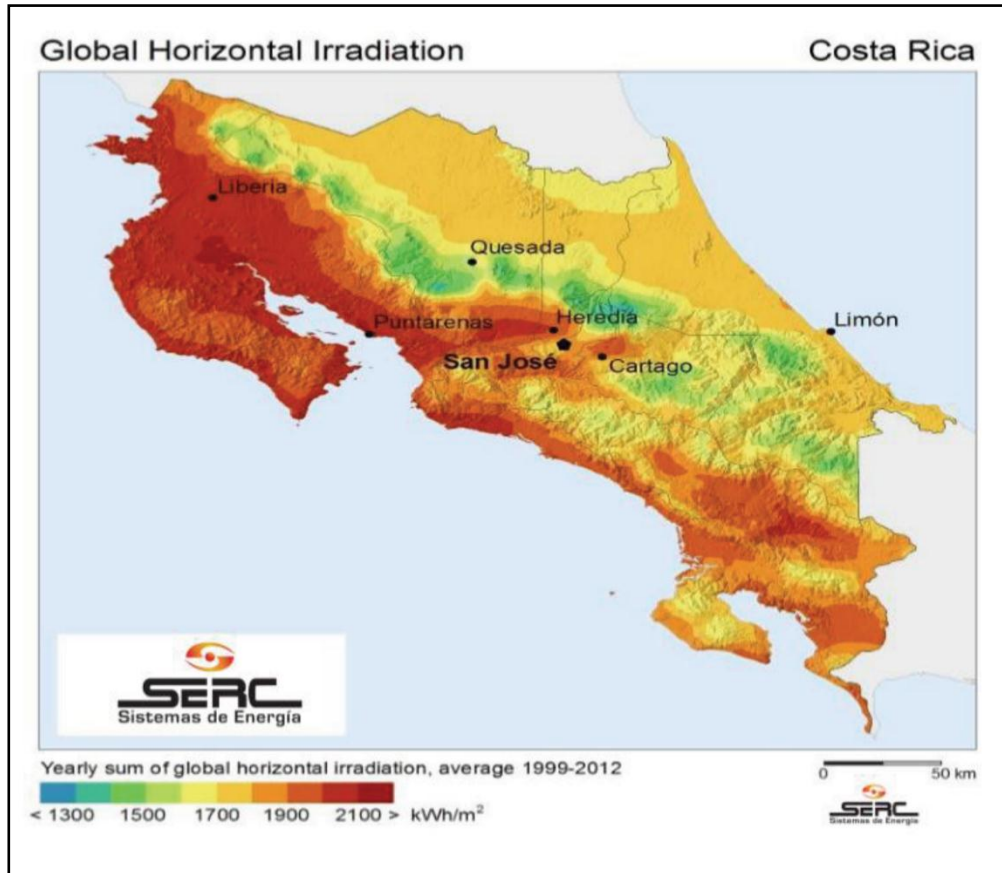


Fig 1. Mapa de irradiación solar Costa Rica  
 Tomado Diseño eléctrico de un sistema fotovoltaico para una granja avícola

# Capítulo I

## Marco Teórico

## Marco teórico

### **Sistemas fotovoltaicos**

Los sistemas fotovoltaicos transforman la luz solar en energía eléctrica, una partícula luminosa con energía (fotón) se convierte en una energía electromotriz (voltaica), de ahí su nombre, fotovoltaico.

### **Conversión fotovoltaica**

Es un proceso por el cual la energía solar se transforma directamente en electricidad. El dispositivo o elemento que media en el proceso es la célula solar o célula fotovoltaica. A esta conversión fotovoltaica se le llama efecto fotoeléctrico.

El efecto fotoeléctrico consiste en la emisión de electrones por un material cuando se le ilumina con radiación electromagnética (luz visible o ultravioleta, en general).

El efecto fotoeléctrico fue descubierto y descrito por Heinrich Hertz en 1887.

Cuando la energía luminosa, principalmente la radiación solar, incide en la célula fotoeléctrica, existe un desprendimiento de electrones de los átomos que comienzan a circular libremente en el material. Si se mide el voltaje existente entre los dos extremos del material, se observa una diferencia de potencial entre 0,5 y 0,6 voltios.

## Tipos paneles fotovoltaicos

Tradicionalmente estaban definidos tres tipos de paneles dependiendo de la forma de procesar el Silicio: monocristalinos, policristalinos y amorfos. Hoy nuevas tecnologías en la producción de los paneles están revolucionando la generación eléctrica fotovoltaica.

Celdas esféricas: están compuestas por pequeños corpúsculos de silicio como gotas de silicio, consiste en una matriz de pequeñas células solares esféricas capaces de absorber la radiación solar con cualquier ángulo.

Celdas monocristalinas: se componen de secciones de un único cristal de silicio (reconocibles por su forma circular o hexagonal).

Celdas Policristalinas: cuando están formadas por pequeñas partículas cristalizadas.

Celdas Amorfas: cuando el silicio no se ha cristalizado.<sup>1</sup>



Fig 2. Panel solar monocristalino

---

<sup>1</sup> <http://www.energiza.org/solar-fotovoltaica/paneles-fotovoltaicos-concepto-y-tipos>

Tomado <http://www.energiza.org/solar-fotovoltaica>



Fig 3. Panel solar policristalino  
Tomado <http://www.energiza.org/solar-fotovoltaica>

### **Sistemas de aprovechamiento de la energía solar.**

Se considera energía solar toda aquella que, directa o indirectamente, procede del Sol. La energía generada por el viento, las olas o la energía hidráulica son originadas indirectamente por el Sol. Sin embargo, y a partir de ahora, sólo se considerará la energía solar directa, a la que se denominará simplemente energía solar. Este tipo de energía se puede canalizar de dos formas: por captación térmica y por captación fotónica. La captación térmica aprovecha que la energía solar al ser interceptada por una superficie absorbente se degrada, apareciendo un efecto térmico.

Si se obtiene el calor sin mediación de elementos mecánicos, se habla de energía solar pasiva. Si el aprovechamiento se realiza mediante elementos mecánicos, se trata de energía solar activa. La captación fotónica, como indica su nombre, está basada en las propiedades de los fotones asociados a las radiaciones electromagnéticas. La captación fotoquímica hace referencia a la fotosíntesis, que

transforma la energía radiante en energía química acumulada en los enlaces de compuestos orgánicos. La captación energética a través de células solares o fotovoltaicas permite la transformación energética de la radiación solar en energía eléctrica aprovechando las propiedades eléctricas de los materiales semiconductores.

## **Autoconsumo fotovoltaico**

El autoconsumo fotovoltaico hace referencia a la producción individual de electricidad para el propio consumo, mediante paneles solares fotovoltaicos.

Esta práctica puede ser llevada a cabo por individuos, familias, empresas, centros públicos, entre otros, siempre y cuando la electricidad producida solo la utilicen ellos mismos. El sistema tecnológico que se emplea para generar la electricidad es denominado sistema de autoconsumo.

Gracias a los avances tecnológicos, la sofisticación y la economía de escala, el costo de la energía solar fotovoltaica se ha reducido de forma constante desde que se fabricaron las primeras células solares comerciales<sup>1</sup>, y su costo medio de generación eléctrica ya es competitivo con las fuentes de energía convencionales; en un creciente número de regiones geográficas del país se incentiva y se aplica el uso de paneles solares para el desarrollo de dichos sistemas de autoconsumo<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> <http://www.acesolar.org/mapa/>

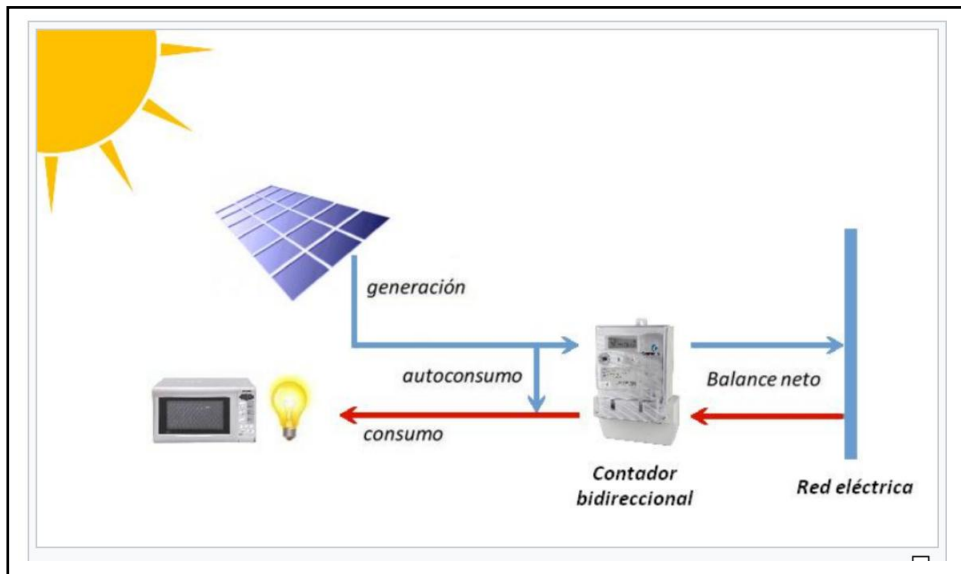


Fig 4. Esquema de un sistema de autoconsumo  
 Tomado [https://es.wikipedia.org/wiki/Autoconsumo\\_fotovoltaico](https://es.wikipedia.org/wiki/Autoconsumo_fotovoltaico)

## Balanceo neto

El balanceo neto corresponde a la energía que se puede suministrar a la red del sobrante que se esté generando por medio de los diferentes sistemas fotovoltaicos que se tengan instalados.

La generación de electricidad distribuida consiste en enlazar un sistema de producción propio (paneles solares, por ejemplo) a la red del servicio público, de forma que se sustituye parte de la energía que se tomaba de la red. Así, el consumidor producirá parte de la energía que consume, otra la tomará de la red.

Con estas reglas se establecen las condiciones de acceso e interconexión del productor-consumidor a la red eléctrica, así como la metodología para establecer las tarifas por el uso de esa red.

Según la nueva metodología de Aresep, lo que el generador pagará será solo por los kilovatios que tome de la red pública.

Juan Manuel Quesada, intendente de Energía de la Aresep, precisó que la propuesta de tarifas por el uso de la red se llevó a cabo en audiencia pública el 17 de marzo. Los montos por kilovatio hora (kWh) varían entre las empresas debido a las diferencia en tamaño y costos de mantenimiento de cada una.

- Instituto Costarricense de Electricidad (ICE): ¢28,26 kWh.
- Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL): ¢17,99 kWh.
- **Junta Administrativa de Servicio Eléctrico (JASEC): ¢14,64 kWh.**
- Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH): ¢11,60 kWh.
- Coopelesca : ¢27,30 kWh.
- Coopegauanacaste: ¢21,31 kWh.
- Coopesantos : ¢29,74 kWh.
- Coopealfaro : ¢28,61 kWh.<sup>3</sup>

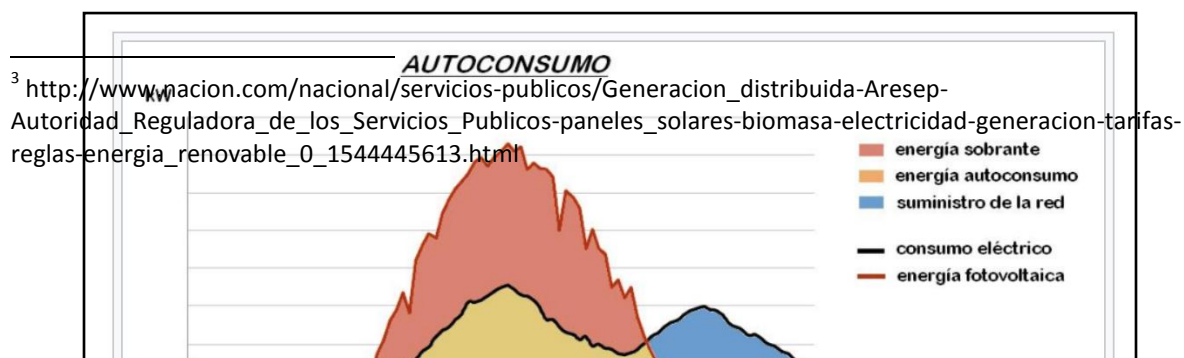


Fig 5. Gráfico sistema autoconsumo vrs balanceo neto  
Tomado [https://es.wikipedia.org/wiki/Autoconsumo\\_fotovoltaico](https://es.wikipedia.org/wiki/Autoconsumo_fotovoltaico)

## Componentes de un sistema solar fotovoltaico

Los paneles solares o módulos fotovoltaicos están formados por la interconexión de células solares encapsuladas entre materiales que las protegen de los efectos de la intemperie. Son las encargadas de captar la energía procedente del sol en forma de radiación solar y transformarla en energía eléctrica por el efecto fotovoltaico.

Los sistemas fotovoltaicos autónomos más habituales son de poca potencia, habitualmente de entre 3 y 10 Kwp pero también existen casos muy rentables como son el bombeo de agua, alimentación de equipos de medida, de telecomunicaciones, iluminación y señalización en lugares aislados etc.

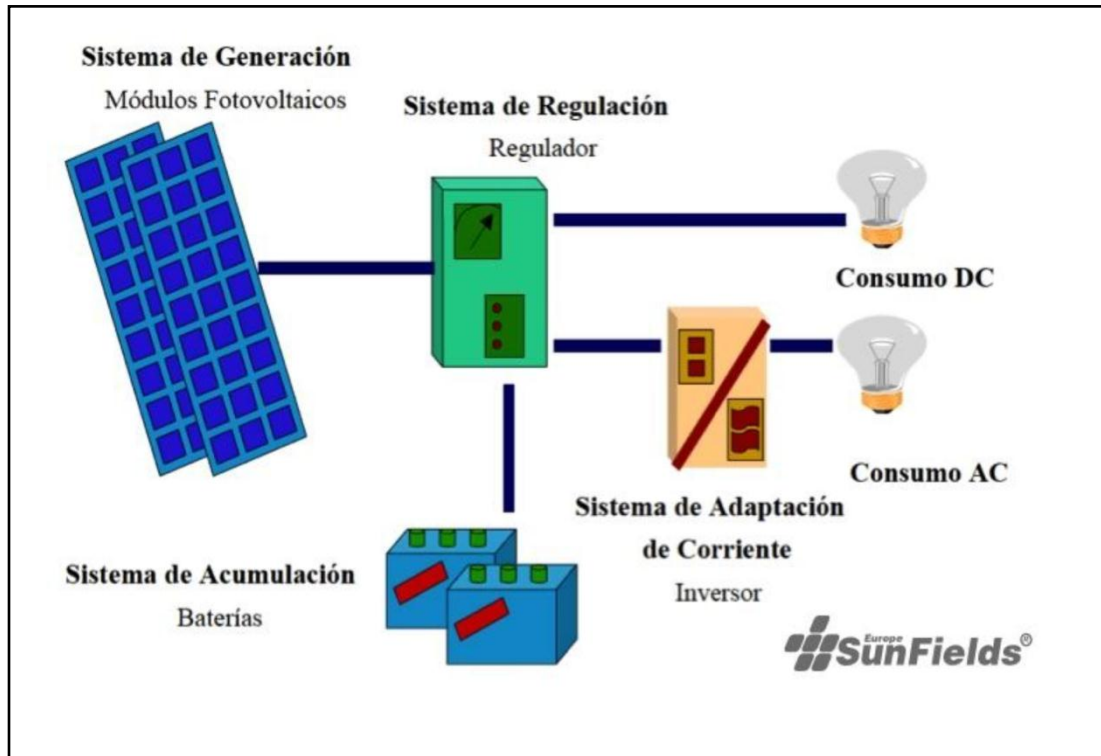


Fig 6. Componentes básicos de un sistema generador fotovoltaico  
Tomado <https://www.sfe-solar.com/fotovoltaica-aislada/manual-calculo/>

- **Módulos Fotovoltaicos:** Serán los encargados de la generación eléctrica. Pueden ser de varios tipos, entre ellos, los más utilizados para este estilo de instalación son los paneles con tecnología monocristalina y policristalina. Los paneles solares monocristalinos y policristalinos, con uniones en serie de sus células, rondan los 12-18 voltios para uniones de 36 células y los 24-34 voltios para uniones de 72 células.



Fig 7. Módulo fotovoltaico

Tomado <https://www.sfe-solar.com/fotovoltaica-aislada/manual-calculo/>

Es importante fijarse siempre en la curva I-V que proporciona cada fabricante en sus hojas técnicas y en la influencia de la temperatura en la corriente y tensión del módulo (como se muestra en la figura 7). El incremento de temperatura hace aumentar ligeramente la corriente y en mayor medida, disminuir la tensión de salida del módulo.

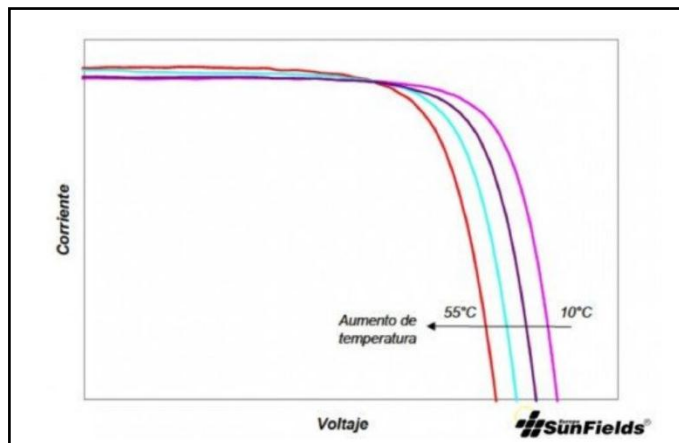


Fig 8. Efecto de la temperatura en suministro de corriente de un panel fotovoltaico

Tomado <https://www.sfe-solar.com/fotovoltaica-aislada/manual-calculo/>

- **Regulador:** Se encarga de controlar la carga de las baterías, así como la descarga y evitar cargas o descargas excesivas. De un modo sencillo, un regulador se puede entender como un interruptor, cerrado y conectado en serie entre paneles y batería para el proceso de carga y abierto cuando la batería está totalmente cargada. Las intensidades máximas de entrada y salida del regulador adecuado para cada aplicación dependerán de la corriente máxima que pueda producir el sistema de generación fotovoltaico para la entrada y la corriente máxima de las cargas para la salida. Tener en cuenta los posibles picos de irradiación o los cambios de temperatura es recomendable a la hora de escoger el regulador, sea aquel con un 15-25% superior a la corriente de cortocircuito que le puede llegar del sistema de generación fotovoltaico (I entrada), o bien, de la que puede consumir la carga del sistema (I salida). La elección del regulador solar será aquel que soporte la mayor de las dos corrientes calculadas.



Fig 9. Regulador de voltaje

Tomado <https://www.sfe-solar.com/fotovoltaica-aislada/reguladores-carga-victron/>

- **Baterías:** Se encargan de acumular la energía eléctrica generada por el sistema de generación fotovoltaico para poder disponer de ella en las horas del día que no luzca el sol. Las más recomendadas para este tipo de instalaciones son las baterías estacionarias de plomo ácido, con vasos de 2V cada uno, que se dispondrán en serie o paralelo para completar los 12, 24 o 48 Vcc que sea adecuado en cada caso. Este tipo de baterías pueden permanecer largos periodos de tiempo cargadas y soportar descargas profundas esporádicamente. También se pueden usar, para instalaciones más pequeñas, baterías monoblock (o monobloque), generalmente de 6-12V.



Fig 10. Baterías

Tomado <https://www.sfe-solar.com/fotovoltaica-aislada/manual-calculo/>

- **Inversor u ondulador:** Si las cargas que deben alimentarse son a 230Vac, necesitaremos un equipo que transforme la corriente continua procedente del regulador en corriente alterna para alimentar las cargas. Esta es la función del inversor. A la hora de dimensionar el inversor solar, se tendrá en cuenta la potencia que demanda la suma de todas las cargas AC en un instante, de este modo se elegirá un inversor cuya potencia sea un 20% superior a la demandada por las cargas, suponiendo su funcionamiento al mismo tiempo.<sup>4</sup>



Fig 11. Inversores

Tomado <https://www.sfe-solar.com/fotovoltaica-aislada/inversores-victron-phoenix/>

---

<sup>4</sup> <https://www.sfe-solar.com/fotovoltaica-aislada/manual-calculo/>

## Cálculo de la cantidad de paneles que se instalarán en un sistema fotovoltaico

Para calcular la energía generada un por panel solar durante un día ( $E_{\text{panel}}$ ), debe usarse la siguiente ecuación:

- $E_{\text{panel}} = I_{\text{panel}} \cdot V_{\text{panel}} \cdot \text{HSP} \cdot 0,9 \text{ [Whd]}$

Siendo,  $I_{\text{panel}}$  y  $V_{\text{panel}}$  la corriente máxima y tensión máximas del panel, HSP son las horas sol pico, y 0,9 sería el coeficiente del rendimiento del panel (típicamente 85-90% al descontar ya las pérdidas).

La energía resultante estaría expresada en Whd.

Esa sería la energía generada por un solo panel solar, pero si lo que se quiere es saber cuánta energía va a generar una instalación solar con varias placas solares, simplemente habría que aplicar la fórmula siguiente:

- $E_{\text{generador-fotovoltaico}} = I_{\text{generador-fotovoltaico}} \cdot V_{\text{generador-fotovoltaico}} \cdot \text{HSP} \cdot 0,9$

La corriente, en este caso, sería la máxima resultante de la asociación de los módulos fotovoltaicos conectados en paralelo de cada rama (string) y la tensión sería la resultante de la suma de tensiones de cada rama (string) conectados en serie.

El símbolo eléctrico que se suele utilizar para representar gráficamente un panel solar fotovoltaico es el siguiente:

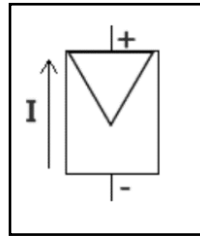


Fig 12. Símbolo de un panel solar

Tomado <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/modulo-fotovoltaico-calculo-paneles-solares-fotovoltaicos/>

**Para la conexión de placas solares fotovoltaicas hay tres opciones posibles:**

- **Conexión de placas solares en paralelo:** se conectan todos los paneles por sus polos positivos y, por separado, por todos los polos negativos. Con esto, se consigue aumentar la corriente generada en la rama (suma de las corrientes de cada panel) pero se mantiene la misma tensión que la de uno de los paneles que componen la rama. En otras palabras, si se conectan los paneles en paralelo, a la salida de la rama, se tendrá la suma de las corrientes de cada “sub-rama” y la tensión de salida de cada “subrama”.

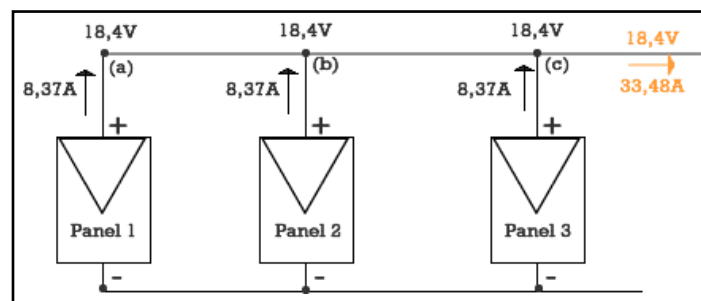


Fig 13. Conexiones de paneles solares en paralelo

Tomado <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/modulo-fotovoltaico-calculo-paneles-solares-fotovoltaicos/>

Como puede verse en el esquema, en color naranja los valores de salida del sistema de generación fotovoltaico (los paneles solares), donde la tensión de salida sería 18,4V (pues los paneles están conectados en paralelo) y la corriente 33,48A (pues al estar en paralelo se suma la corriente de cada rama a, b y c).

- **Conexión de módulos fotovoltaicos en Serie:** para este tipo de configuración se conecta el polo positivo de un módulo, con el polo negativo del siguiente, así sucesivamente con cuántos paneles sean necesarios. Con esto se consigue aumentar la tensión y mantener el mismo valor de corriente generada.

La tensión generada será igual a la suma de cada una de las tensiones de cada panel que compone la rama (string), o dicho de otro modo, se multiplica la tensión unitaria por el número de paneles de la rama, pues siempre deben conectarse paneles de las mismas características unos con otros.

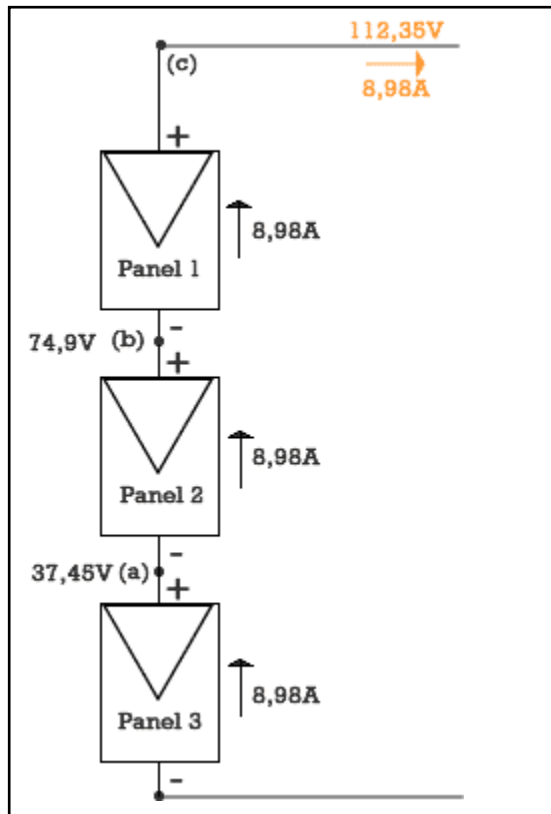


Fig 14. Conexiones de paneles solares en serie

Tomado <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/modulo-fotovoltaico-calculo-paneles-solares-fotovoltaicos/>

Como puede verse ver indicado en color naranja, a la salida de la rama (c), se tendrá la tensión resultante de la suma de cada una de las tensiones de cada panel que componen la rama en serie (112,35V) y la corriente será igual que la de uno de los paneles (8,98A).

- **Conexión mixta de placas solares:** sería la última opción de configuración de las que pueden encontrarse, en este caso sería una configuración donde se encuentran ramas con paneles conectados en serie y a su vez, estas ramas, conectadas en paralelo. Esta configuración se usa cuando se logran unas corrientes y tensiones de salida muy determinadas, y entonces “se

juega” con las opciones que dan los distintos tipos de conexionado. Véase un ejemplo al respecto:

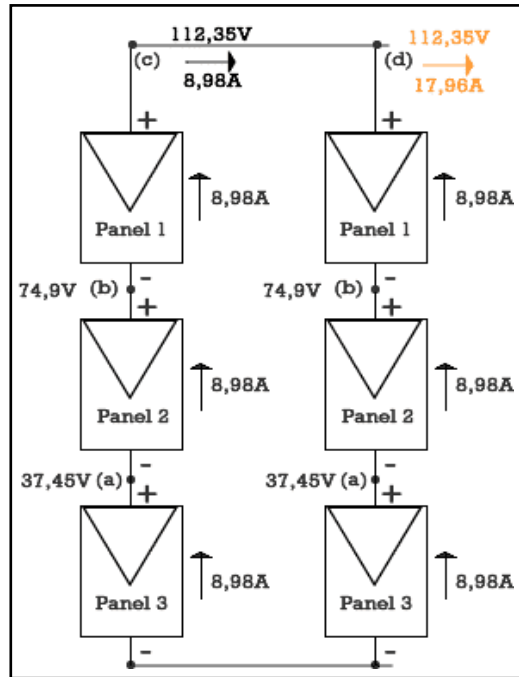


Fig 15. Conexiones de paneles solares en mixtas  
Tomado <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/modulo-fotovoltaico-calculo-paneles-solares-fotovoltaicos/>

Como se aprecia ver en el esquema eléctrico, en el punto (nodo) (c) de la primera rama (string), está la suma de tensiones de los paneles y la corriente unitaria, en el punto (nodo) (d), la salida del sistema, se tiene la misma tensión de salida de cada una de las ramas, pero como corriente de salida será la suma de la corriente de salida de cada una de las ramas, al encontrarse las dos ramas conectadas en paralelo.<sup>5</sup>

<sup>5</sup> <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/modulo-fotovoltaico-calculo-paneles-solares-fotovoltaicos/>

## Instalación eléctrica o diseño eléctrico

Una instalación eléctrica consiste en un conjunto de elementos (componentes eléctricos) conectados entre sí por medio de conductores.

Si bien este conjunto ocupa un lugar en un espacio tridimensional, el problema por resolver mediante la representación gráfica no es el espacial. La dificultad, tanto en las fases de diseño como en las de ejecución y mantenimiento, está en establecer inequívocamente las relaciones de dependencia entre los elementos del circuito.

Ello se logra mediante distintas representaciones, complementarias entre sí, denominadas esquemas eléctricos.

Estas representaciones no son el resultado de aplicar las leyes de los sistemas de representación a una realidad tridimensional, sino el fruto de aplicar distintos convenios lógicos. Los componentes de los esquemas eléctricos son representados de forma simbólica, siendo por ello de especial importancia definir adecuadamente el convenio adoptado.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> [http://www.uco.es/electrotecnia-etsiam/simbologia/ELECT\\_TEMA\\_1.pdf](http://www.uco.es/electrotecnia-etsiam/simbologia/ELECT_TEMA_1.pdf)

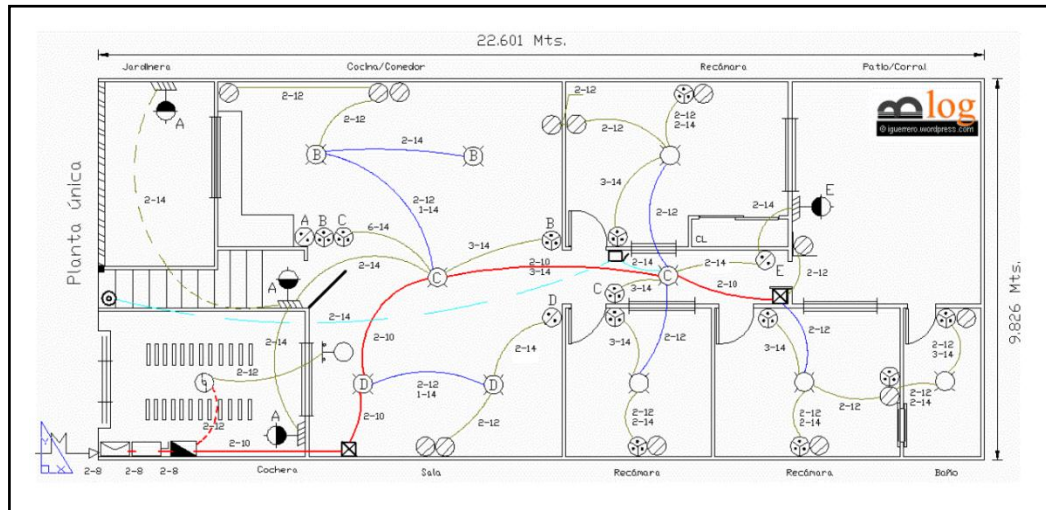


Fig 16. Plano eléctrico normalizado

Tomado <https://iguerro.wordpress.com/2009/03/19/anteproyectos-de-instal-electricas/>

## Valor actual neto

También conocido como valor actualizado neto o valor presente neto, es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión.

La metodología consiste en descontar en el momento actual (es decir, actualizar mediante una tasa) todos los flujos de caja futuros o en determinar la equivalencia en el tiempo de los flujos de efectivo futuros que genera un proyecto y comparar esta equivalencia con el desembolso inicial.

Dicha tasa de actualización o de descuento es el resultado del producto entre el costo medio ponderado de capital (CMPC) y la tasa de inflación del periodo.

Cuando dicha equivalencia es mayor que el desembolso inicial, entonces, es recomendable que el proyecto sea aceptado.<sup>7</sup>

La fórmula que permite calcular el valor actual neto es:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

V<sub>t</sub>: representa los flujos de caja en cada periodo t.

I<sub>0</sub>: es el valor del desembolso inicial de la inversión.

n: es el número de periodos considerado.

K: es el tipo de interés.

## Tasa interna de retorno o tasa interna de rentabilidad

De una inversión, es la media geométrica de los rendimientos futuros esperados de dicha inversión, y que implica, por cierto, el supuesto de una oportunidad para "reinvertir". En términos simples, diversos autores la conceptualizan como la tasa de descuento con la que el valor actual neto o valor presente neto (VAN o VPN) es igual a cero.

La TIR puede utilizarse como indicador de la rentabilidad de un proyecto: a mayor TIR, mayor rentabilidad; así, se utiliza como uno de los criterios para decidir sobre

---

<sup>7</sup> [https://es.wikipedia.org/wiki/Valor\\_actual\\_netto](https://es.wikipedia.org/wiki/Valor_actual_netto)

la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión. Para ello, la TIR se compara con una tasa mínima o tasa de corte, el costo de oportunidad de la inversión (si la inversión no tiene riesgo. El costo de oportunidad utilizado para comparar la TIR será la tasa de rentabilidad libre de riesgo). Si la tasa de rendimiento del proyecto expresada por la TIR- supera la tasa de corte, se acepta la inversión; en caso contrario se rechaza.<sup>8</sup>

Es la tasa que iguala la suma del valor actual de los gastos con la suma del valor actual de los ingresos previstos:

$$\sum_{i=1}^N VPI_i = \sum_{i=1}^N VPC_i$$

---

<sup>8</sup> [https://es.wikipedia.org/wiki/Tasa\\_interna\\_de\\_retorno](https://es.wikipedia.org/wiki/Tasa_interna_de_retorno)

# Capítulo II

## Diagnóstico

Algunos de los datos importantes de donde se desarrollara el proyecto son los siguientes:

**Nombre:** Colegio Vocacional de Artes y Oficios de Cartago **COVAO**

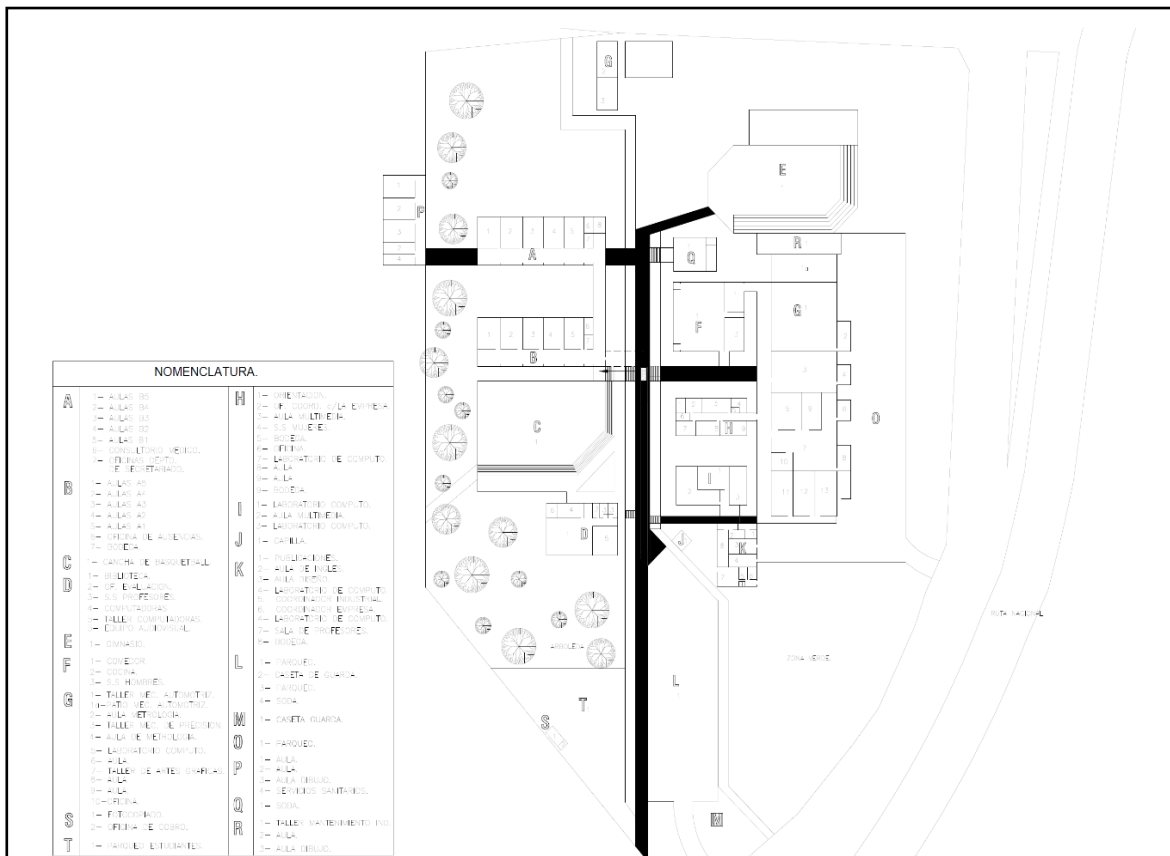
**Ubicación:** Provincia: Cartago

**Cantón:** Central

**Distrito:** San Nicolás

**Otras señas:** 1,5 Km al noroeste del taller 3M Taras de Cartago

**Modalidad:** Privado Subvencionado



El COVAO Diurno es un Colegio Técnico Profesional privado sin fines de lucro, regentado por la Junta Directiva del Hospicio de Huérfanos de Cartago Institución Centenaria Benemérita de la Patria; la cual también regenta el COVAO Nocturno (corresponde a otro colegio administrativamente aunque utilice el mismo espacio físico) y el Liceo Experimental Bilingüe José Figueres Ferrer.

El COVAO Diurno es el primer Colegio Técnico del país, aunque antes de ser colegio funcionaba como un centro de formación de diferentes oficios para niños y jóvenes huérfanos de la Ciudad de Cartago y estaba ubicado en la inmediaciones de la iglesia de María Auxiliadora.

### **Orígenes Institucionales: (1874-1907)**

En 1874 el Padre Joaquín Alvarado Ruiz con el consentimiento de su hermana Joaquina Alvarado Ruiz manifiestan ante la Municipalidad del Cantón Central de la provincia de Cartago, su interés de contribuir un Hospicio de Huérfanos, con el fin de aliviar en parte los problemas sociales que por entonces se vivía en nuestra provincia.

En 1902, el 19 de junio, surge otra iniciativa para crear un Hospicio de Huérfanos en la provincia de Cartago, por parte de doña Dolores Jiménez Zamora, viuda de Sancho, quien hace entrega de la fortuna que heredó de su hija Eleuteria Sancho

Jiménez para cumplir su voluntad en favor de la creación del Hospicio de Huérfanos.

En 1904, gracias al aporte financiero de la familia Jiménez se logra terminar la construcción del edificio en el Barrio de el Molino de Cartago.

En 1905 abre sus puertas el Hospicio de Huérfanos de Cartago, bajo la administración de una Junta de Administración conjunta, concretándose la fusión de la Institución creada por doña Dolores Jiménez. Se nombró como presidente al señor Francisco Jiménez Oreamuno.

### ***El Período Salesiano: (1907-1953)***

En 1907 ingresa al país la Congregación Salesiana, con algunas dificultades debido a las corrientes liberales anticlericales de la época. El 1º de agosto se abren los primeros talleres de carpintería, herrería, sastrería, zapatería y agricultura.

El 23 de diciembre de 1908, se firma el primer contrato entre la Junta Administrativa y la Congregación Salesiana, el cual tendría una vigencia de nueve años.

En 1910, a raíz del terremoto de Cartago, el edificio quedó totalmente destruido. Los Salesianos con los huérfanos se trasladan a Heredia por algunos meses, mientras se llevan a cabo los trabajos de reconstrucción.

### ***El COVAO: (1953-1977)***

En 1953 la Institución vuelve a ser administrada por una Junta de Administración y cambia de nombre por **Colegio Vocacional de Artes y Oficios de Cartago**. Se imparten para entonces las especialidades de Ebanistería, Mecánica Automotriz, Mecánica de Precisión y Tipografía.

En 1977 y gracias al Contrato MEP-BID, el Colegio se traslada a sus nuevas instalaciones en la Finca La Pólvara en el Distrito cuatro del cantón Central de Cartago (San Nicolás). Quedan atrás 70 años de vivencia en el antiguo edificio de el Molino que se encontraba para entonces muy deteriorado.

### ***Situación Actual: (1977 - actualidad)***

El 9 de mayo de 1977, en un acto solemne se lleva a cabo la inauguración del nuevo plantel del Colegio, con la asistencia del presidente de la República, el licenciado Daniel Oduber Quirós. Desde entonces la Institución se desenvuelve en las nuevas instalaciones que hoy se han vuelto insuficientes ante el crecimiento de la población estudiantil; cabe mencionar que en 1986 se cierra la carrera de

Ebanistería, dada la poca demanda de esta y dos años después en 1988 se abre la especialidad de Electrónica Industrial, en búsqueda de una adecuación con los nuevos requerimientos de la industria nacional, en el 2007 se abre la especialidad de Secretariado Bilingüe y en 2012 la de Mantenimiento Industrial.

El COVAO sigue adelante con las exigencias del entorno, el personal conoce los objetivos institucionales y basa su trabajo en ellos, lo que permite posicionar a los egresados con una formación en calidad, por ello los estándares de la mejora continua son parte de una rutina; esto conlleva a visualizar la calidad como una forma de vida, consolidándose hoy por hoy en una Institución de Educación Técnica líder.

El Colegio no sólo implanta indicadores de calidad de acuerdo con las necesidades y expectativas de los usuarios; sino que en relación con la calidad educativa se propone mejorar el proceso, las relaciones con la comunidad, el sector productivo y, como consecuencia, aumentar el nivel competitivo en el mercado laboral de sus egresados.

En las instalaciones del Colegio actualmente se ubican los talleres de Mecánica Automotriz, Mecánica Precisión, Impresión Offset y Electrónica Industrial, en un área común de unos 7000 metros cuadrados, los talleres son divididos por paredes de material liviano entre cada especialidad. La instalación eléctrica actual

posee grandes deficiencias ya que se han hecho ampliaciones sin tener las normas previstas para tal efecto y en ocasiones sin ningún plano o diseño aplicado.

Igualmente se ha determinado el dato del pago de facturación de servicios eléctricos de los últimos doce meses correspondientes al consumo de las dos acometidas, la trifásica y la bifásica esto se obtiene gracias a la tarifa dada por la JASEC (Anexo 8) ya que la información proporcionada por el colegio corresponde solo a los datos monetarios las cuales alimentan a las áreas de los talleres previstas teniendo el siguiente cuadro:

Cuadro 3. Consumos energéticos en colones de los últimos doce meses

Fuente: propia

<b>Consumo energético de los últimos doce meses Acometidas Bifásica y Trifásica Área de Talleres</b>				
Mes	Consumo en colones y Kwatts Consumidos			
	Acometida 1		Acometida 2	
Enero	1 403 823,50	681,34 KW	1 192 825,61	578,93 KW
Febrero	1 796 185,66	871,77 KW	1 116 125,55	541,70 KW
Marzo	1 994 120,45	967,83 KW	1 165 664,10	565,75 KW
Abril	1 959 024,77	950,80 KW	1 180 185,09	572,79 KW
Mayo	1 099 083,28	533,43 KW	1 177 069,33	571,28 KW
Junio	1 994 638,28	968,08 KW	1 146 980,51	556,68 KW
Julio	1 848 469,16	897,14 KW	1 127 753,83	547,35 KW
Agosto	1 033 003,67	501,36 KW	1 166 482,03	566,14 KW
Setiembre	1 045 008, 67	507,19 KW	1 175 285,08	570,42 KW
Octubre	1 110 250,50	538,85 KW	1 185 450,52	575,35 KW
Noviembre	1 150 029,69	558,16 KW	1 160 450,60	563,22 KW
Diciembre	1 696 863,61	823,56 KW	1 111 881,23	539,64 KW

Como pueden notarse el consumo es relativamente alto en ocasiones provocados por las ineficientes distribuciones que se tiene en cada uno de los talleres con los diferentes elementos conectados a esta red

El área es compuesta por las siguientes subareas

- Área o Taller de Mecánica Automotriz:

Según se observa en la figura 18 el área aplicada al taller corresponde a un área común y dos aulas, además de un laboratorio de computación correspondiente a un aula de simulación y autotrónica

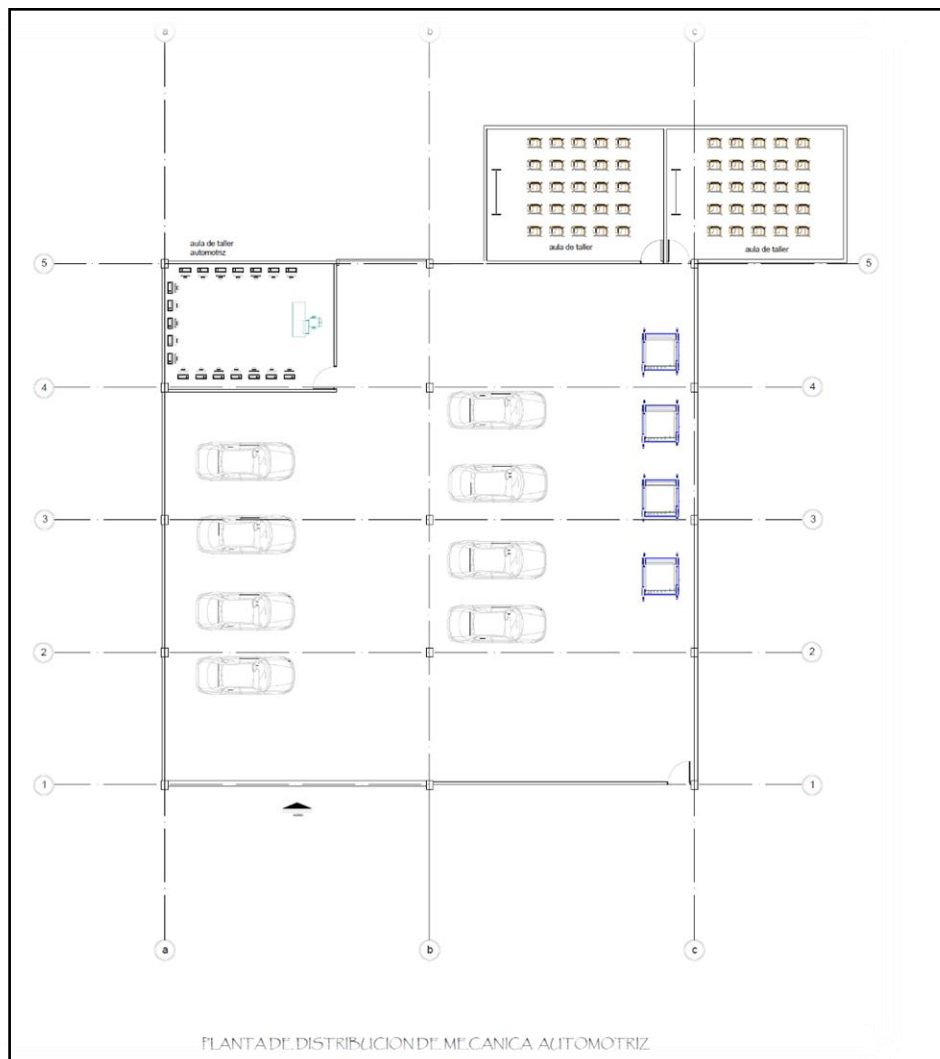


Fig 18. Plano Levantamiento planta física del taller de Mecánica Automotriz

Fuente propia

- Área o Taller de Mecánica de Precisión:

Según se aprecia en la figura 19 el área aplicada al taller corresponde a un área común, un aula, además de un laboratorio de control numérico, una bodega y un área de metrología y metalurgia

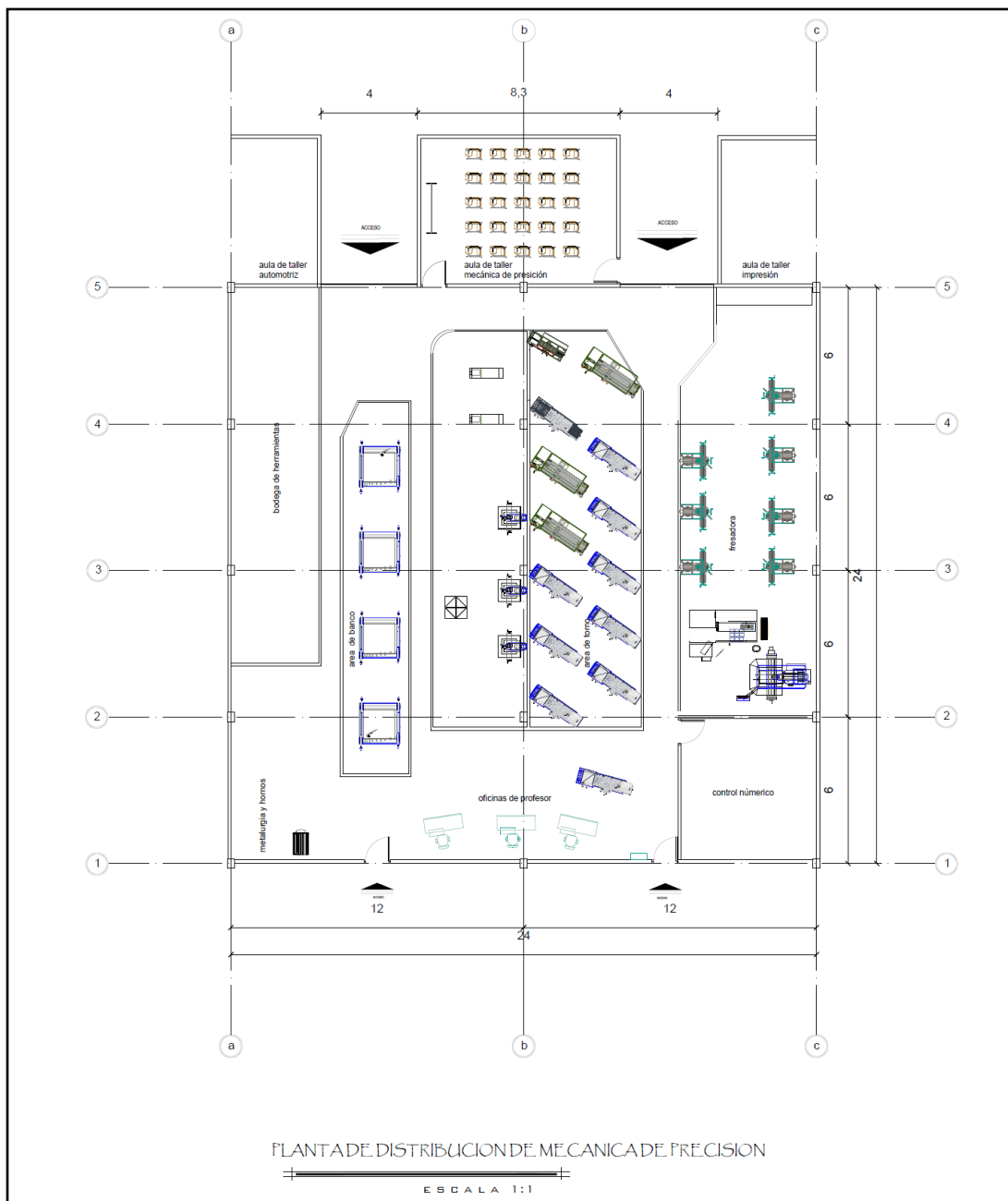


Fig 19. Plano Levantamiento planta física del taller de Mecánica de Precisión  
Fuente propia

- Área o Taller de Diseño Gráfico:

Según se observa en la figura 20 el área aplicada al taller corresponde a un área común, un aula, una oficina-laboratorio, una bodega y un cuarto de acabados

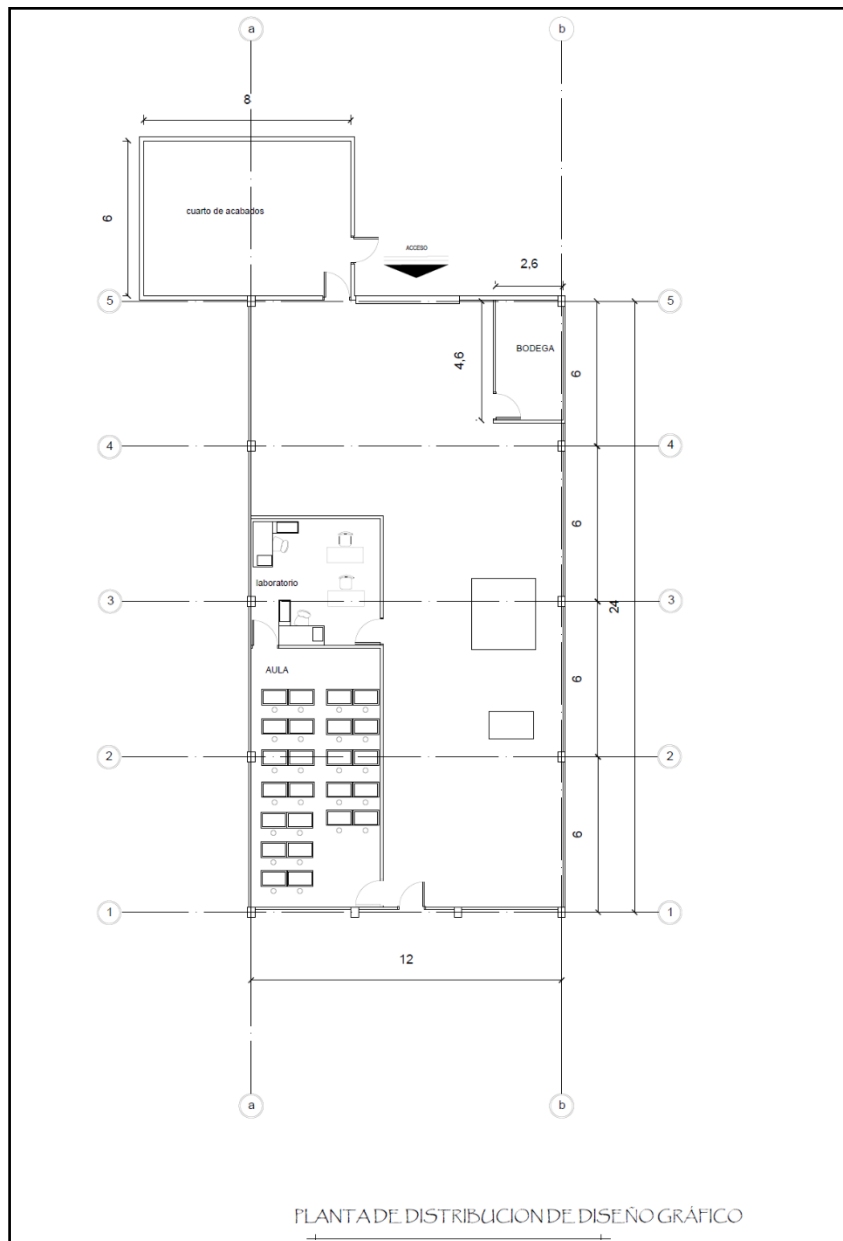


Fig 20. Plano Levantamiento planta física del taller de Diseño Gráfico  
Fuente propia

- Área o Taller de Electrónica Industrial:

Según se aprecia en la figura 21 el área aplicada al taller corresponde a un área común, tres aulas y un laboratorio de impresos

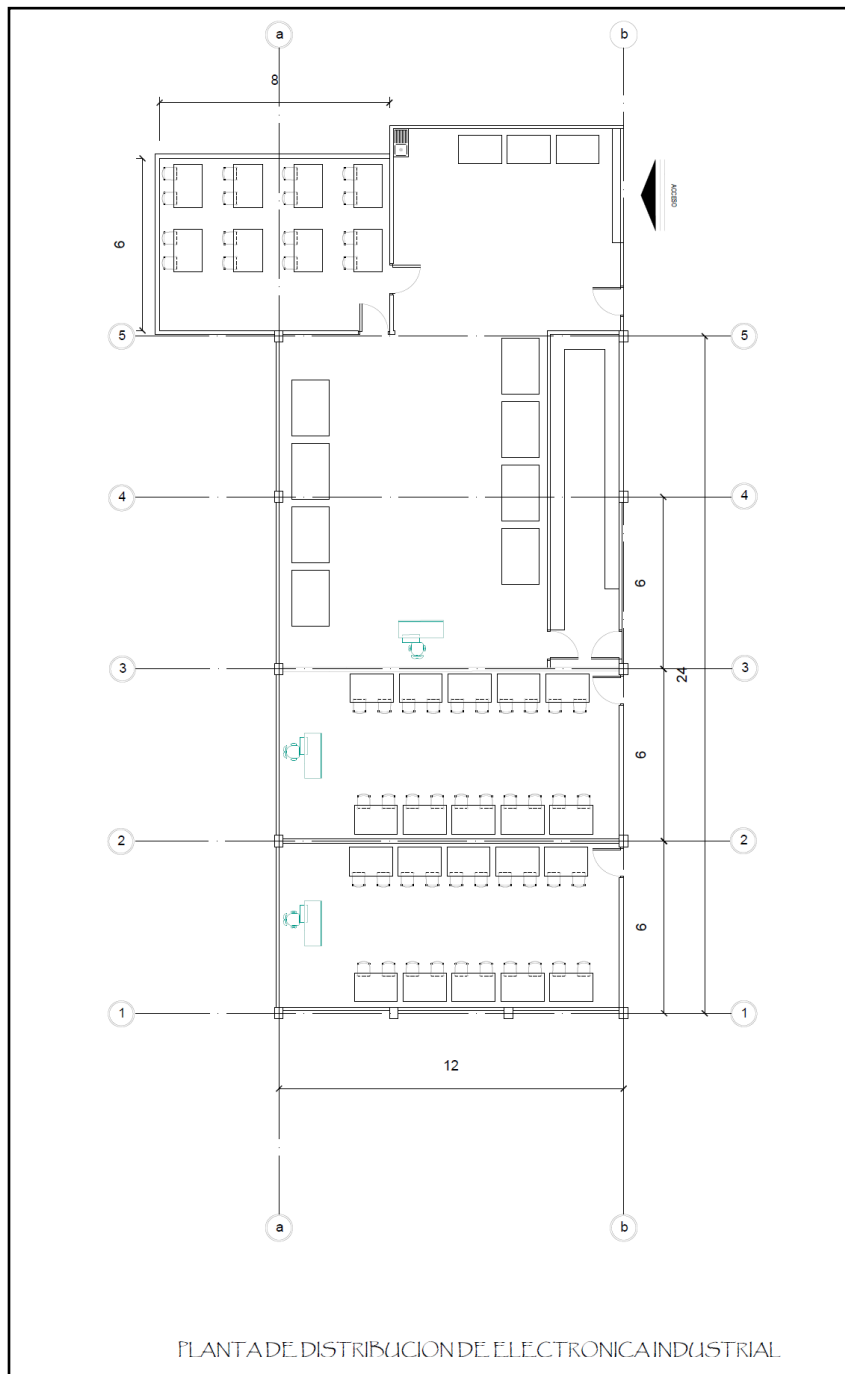


Fig 21. Plano Levantamiento planta física del taller de Electrónica Industrial  
Fuente propia

Como puede observarse el área corresponde a cuatro talleres, los cuales tiene necesidades específicas y a estas se hará referencia a continuación:

- Taller de Mecánica Automotriz:

Cuadro 4. Distribución de elementos taller mecánica automotriz  
Fuente: propia

Área	Elementos o necesidades
Área Común	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Iluminación</li> <li>• Tomas generales (Diversos bancos de trabajo)</li> <li>• Tomas especiales (Elevadores de automóviles) 1</li> <li>• Carga de motocompresores (Compresores) 1</li> </ul>
Aula 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Iluminación</li> <li>• Tomas generales</li> </ul>
Aula 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Iluminación</li> <li>• Tomas generales</li> </ul>
Lab Autotrónica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Iluminación</li> <li>• Tomas generales (Factor de carga por equipo de cómputo 20 computadores, proyector de multimedia)</li> <li>• Cargas de aire acondicionado (1)</li> </ul>

Actualmente el Taller cuenta con solamente dos centros de carga ubicados uno en el laboratorio de Autotrónica y otro en el área común, las otros elementos o cargas llegan a diversos tableros que se encuentran en otros talleres de la Institución por

lo que en el desarrollo de este trabajo se propondrá una distribución totalmente nueva e independiente por cada taller.

En el anexo 1 se encontrarán las fotografías de los diferentes equipos y elementos que se tienen, igualmente los que tuvieran sus placas de consumo

- Taller de Mecánica de Precisión:

Cuadro 5. Distribución de elementos taller mecánica de precisión  
Fuente: propia

Área	Elementos o necesidades
Área Común	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Iluminación</li> <li>• Tomas generales</li> <li>• Tomas especiales (Tornos 14, fresadoras 7, CNC 1, fresadora CNC 1)</li> <li>• Dos limadores</li> </ul>
Aula 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Iluminación</li> <li>• Tomas generales</li> </ul>
Aula Control Numérico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Iluminación</li> <li>• Tomas generales (Factor de carga por equipo de cómputo 10 computadores, proyector de multimedia)</li> <li>• Cargas de aire acondicionado (1)</li> </ul>
Bodega	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Iluminación</li> <li>• Tomas generales</li> </ul>
Área Metrología y Metalurgia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Iluminación</li> <li>• Tomas generales</li> <li>• Tomas Especiales (horno para tratamientos térmicos)</li> <li>• Cargas de aire acondicionado (1)</li> </ul>

Actualmente el Taller cuenta con tres centros de carga ubicado en el área común donde se ubican los tornos, fresadoras y un centro de carga ubicado en el aula, a

estos centros de cargas llegan algunos de los elementos conectados al taller de Mecánica Automotriz por lo que en el desarrollo de este trabajo se propondrá una distribución totalmente nueva e independiente por cada taller.

En el anexo 2 se hallarán las fotografías de los diferentes equipos y elementos que se tienen, igualmente los que tuvieran sus placas de consumo.

- Taller de Diseño Gráfico:

Cuadro 6. Distribución de elementos taller diseño grafico  
Fuente: propia

Área	Elementos o necesidades
Área Común	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Iluminación</li> <li>• Tomas generales</li> <li>• Tomas especiales (Previstas para máquinas y bancos de trabajo 8)</li> </ul>
Aula 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Iluminación</li> <li>• Tomas generales</li> </ul>
Aula de acabados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Iluminación</li> <li>• Tomas generales</li> <li>• Cargas de aire acondicionado (1)</li> </ul>
Bodega	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Iluminación</li> <li>• Tomas generales</li> </ul>
Oficina- Laboratorio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Iluminación</li> <li>• Tomas generales</li> </ul>

Actualmente el Taller cuenta con dos centros de carga ubicado en el área común donde se ubican las máquinas de Impresión Offset y un centro de carga ubicado en el aula.

En el anexo 3 se encontrarán las fotografías de los diferentes equipos y elementos que se tienen, igualmente los que tuvieron sus placas de consumo.

- Taller de Electrónica Industrial:

Cuadro 7. Distribución de elementos taller electrónica industrial  
Fuente: propia

Área	Elementos o necesidades
Área Común	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Iluminación</li> <li>• Tomas generales</li> <li>• Tomas especiales (Previstas para máquinas y bancos de trabajo 10)</li> <li>• Carga de moto-compresores (Compresores) 1</li> <li>• Carga de motor más grande</li> </ul>
Aula 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Iluminación</li> <li>• Tomas generales (se debe tomar en cuenta uso para equipo especializado como fuentes, osciloscopios, generadores de funciones )</li> <li>• Tomas generales (Factor de carga por equipo de cómputo 20 computadores, proyector de multimedia</li> <li>• Cargas de aire acondicionado (1)</li> </ul>
Aula 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Iluminación</li> <li>• Tomas generales (se debe tomar en cuenta uso para equipo especializado como fuentes, osciloscopios, generadores de funciones )</li> <li>• Tomas generales (Factor de carga por equipo de</li> </ul>

	<p>cómputo 20 computadores, proyector de multimedia</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cargas de aire acondicionado (1)</li> </ul>
Aula 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Iluminación</li> <li>• Tomas generales (Factor de carga por equipo de cómputo 10 computadores, proyector de multimedia)</li> <li>• Cargas de aire acondicionado (1)</li> </ul>
Lab. Impresos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Iluminación</li> <li>• Tomas generales</li> <li>• Tomas especiales (Prevista para usos de taladros esmeriles etc.)</li> </ul>

Actualmente el Taller cuenta con un centro de carga ubicado en cada aula y otro en el área común donde se ubican las máquinas y bancos de trabajo igualmente en el aula uno se encuentra el interruptor principal de una de las acometidas que alimenta esta área de talleres del Colegio.

En el anexo 4 se hallarán las fotografías de los diferentes equipos y elementos que se tienen, igualmente los que tuvieran sus placas de consumo.

Dentro de este apartado debe hacerse referencia también a la incidencia de luz solar que se distribuye en la zona, ya que el diseño de la instalación contempla un uso paneles solares para el aprovechamiento de este tipo de energía renovable.

El espacio disponible para la colocación de los paneles correspondería a la mostrada a continuación en la figura 22

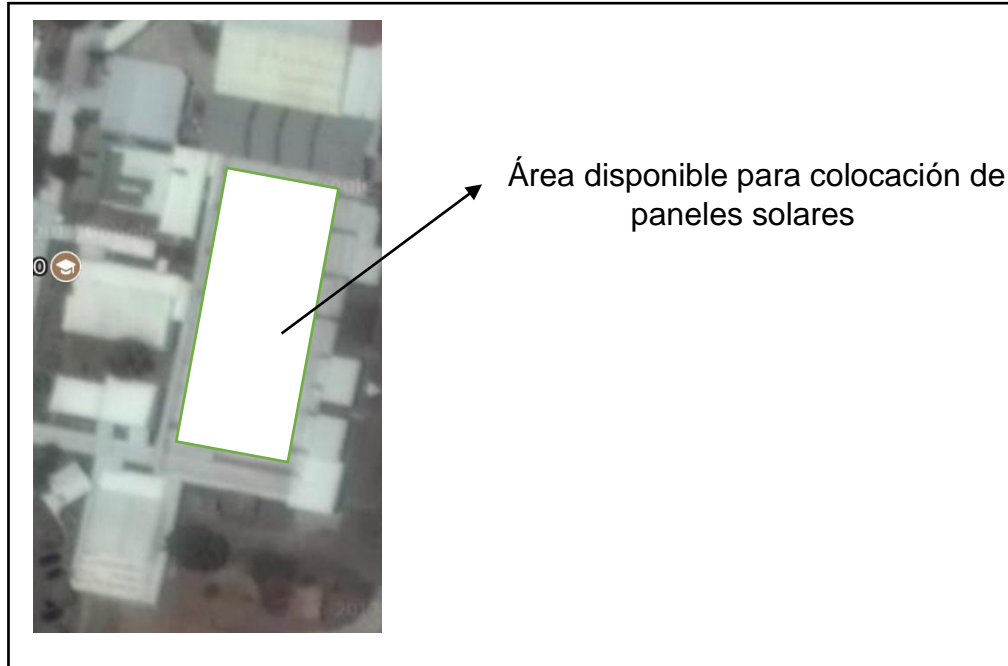


Fig 22. Vista satelital área de talleres del COVAO  
Fuente Google Maps

El área correspondiente sería de unos 1000 mts cuadrados, lo cual nos permitirá colocar gran cantidad de paneles, el techo presenta una pequeña inclinación, que da hacia el oeste de unos 20° grados, a una sola agua, en láminas de zinc con canal cuadrado, sin ningún tipo de sombra cercana.

Por otro lado en el documento del Ministerio de Ambiente y Energía (Instituto Meteorológico de Costa Rica) llamado "Series de Brillo Solar en Costa Rica se indica que la incidencia de los rayos solares es menor en la zona de Cartago, específicamente en la estaciones cercanas al Colegio, que en otros sectores del país, pero aun así posee una incidencia de luz suficiente para el desarrollo de una

aplicación de paneles, talvez no con la misma eficiencia que se podría obtener en alguna otra zona, esto se desarrollará en el siguiente capítulo del documento.

Observando la figura 23, se puede apreciar lo que indica dicho antecedente en las estaciones cercanas al colegio, sobre todo la de INCSA Agua Caliente.

RESUMEN														
REGION VALLE CENTRAL														ESTACIÓN
NUMERO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL	
73018	6,4	6,6	6,8	6,1	4,7	4,2	3,9	4,3	4,5	4,2	4,0	5,2	<b>5,1</b>	Linda Vista El Guarco (1988-93;2005-2012)
73048	6,4	6,6	6,9	6,2	4,9	4,7	4,3	4,8	5,0	4,5	4,1	5,2	<b>5,3</b>	Dulce Nombre (1994-95;1997-2012)
73076	5,0	5,8	6,0	5,1	4,0	3,4	3,4	3,8	3,8	3,4	3,9	4,4	<b>4,3</b>	INCSA Agua Caliente (1966-1974)
84021	9,1	9,4	9,1	8,0	5,9	4,8	4,9	5,0	4,9	5,2	5,7	7,7	<b>6,6</b>	Aeropuerto J. S. (1971-82; 1985-98)
84023	9,0	9,5	9,0	7,9	6,0	4,9	4,9	5,1	4,9	5,1	5,7	7,6	<b>6,6</b>	Fabio Baudrit (1962-2002)
84030	8,1	8,5	8,2	6,5	4,2	3,1	3,3	3,5	3,2	3,2	4,1	6,1	<b>5,2</b>	Fraijanes (1976-2012)

Fig 23. Resumen datos incidencia brillo solar  
Fuente "Series de Brillo Solar en Costa Rica" IMN

Igualmente se observa la influencia en promedio en el Valle Central y cuáles meses serían los más productivos a nivel de la incidencia solar tal como se ve en la figura 24.

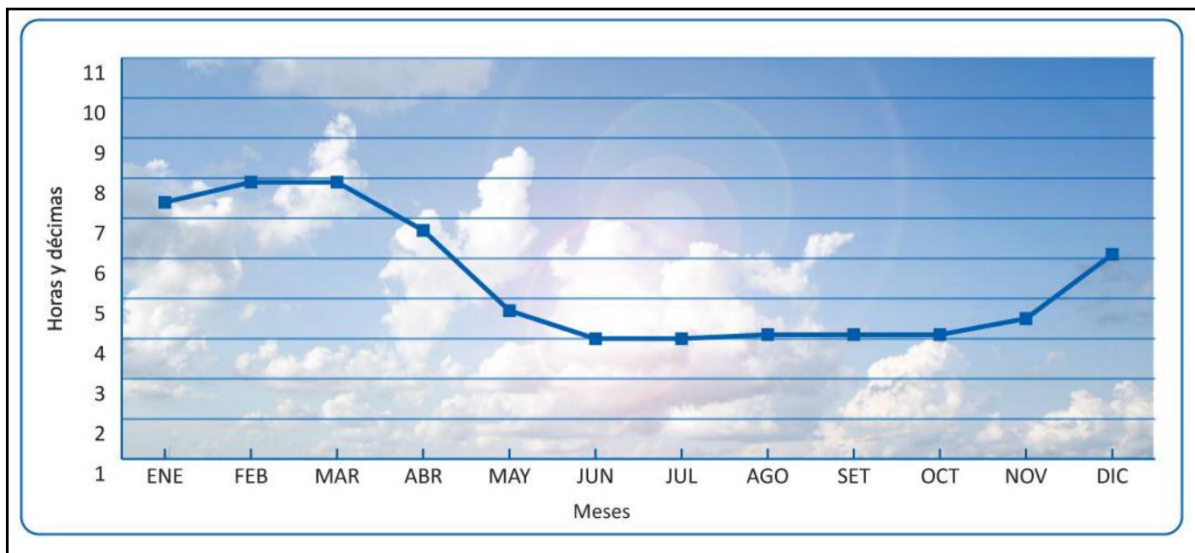


Fig 24. Promedio en Valle Central Incidencia del brillo solar  
Fuente “Series de Brillo Solar en Costa Rica” IMN

Y por último se tiene el mapa correspondiente (figura 25) a dicha incidencia donde se observa que en la zona en la cual se diseñara el proyecto aunque no sea el mejor lugar, posee una incidencia adecuada para el desarrollo del mismo.

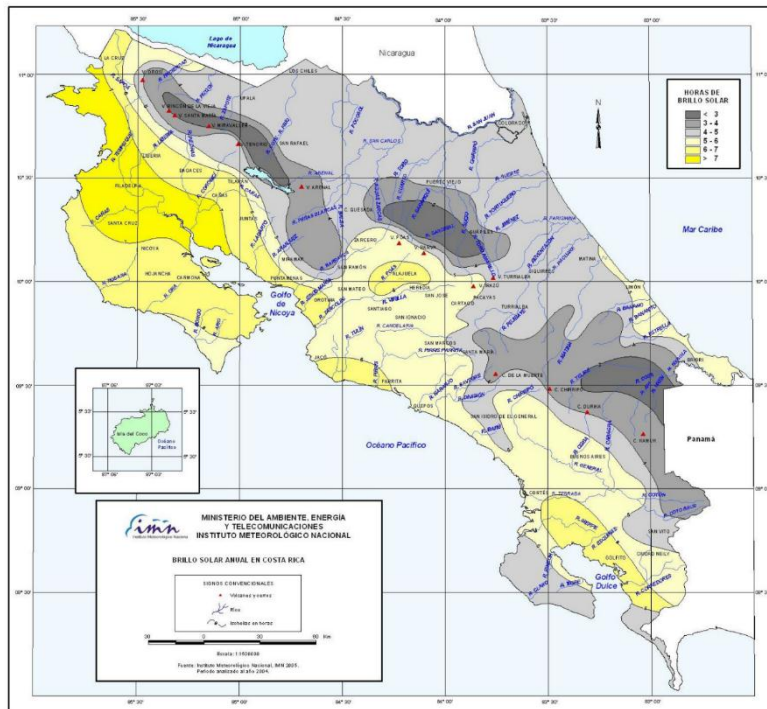


Fig 25. Promedio anual en el país Incidencia del brillo solar  
Fuente “Series de Brillo Solar en Costa Rica” IMN

# **Capítulo III**

## **Marco Metodológico**

## Tipo de investigación

- Investigación descriptiva

Este tipo de investigación desarrolla diversas situaciones con el objetivo de dar una descripción exacta de actividades procesos y elementos que se tengan en este proyecto. Su meta no se limita a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables del problema escogido.

## Etapas de investigación descriptiva

1. Examinar las características del problema escogido.
2. Definir y formular una hipótesis.
3. Enunciar los supuestos en que se basa la hipótesis y los procesos adoptados
4. Elegir los temas y las fuentes apropiados.
5. Seleccionar o elaborar técnicas para la recolección de datos.
6. Clasificar los datos en categorías precisas, que se adecuen al propósito del estudio y permitan poner de manifiesto las semejanzas, diferencias y relaciones significativas.
7. Verificar la validez de las técnicas empleadas para la recolección de datos.

8. Realizar observaciones objetivas y exactas
9. Describir, analizar e interpretar los datos obtenidos, en términos claros y precisos

Igualmente el desarrollo de este tipo de investigaciones contiene los siguientes pasos para que se pueda entregar una descripción adecuada del problema escogido:

#### Paso 1: Planteamiento del problema

En esta parte se planteó lo relativo al problema, los objetivos, el alcance y las limitaciones encontradas. Se consultó en fuentes tanto primarias como secundarias.

#### Paso 2: Investigación

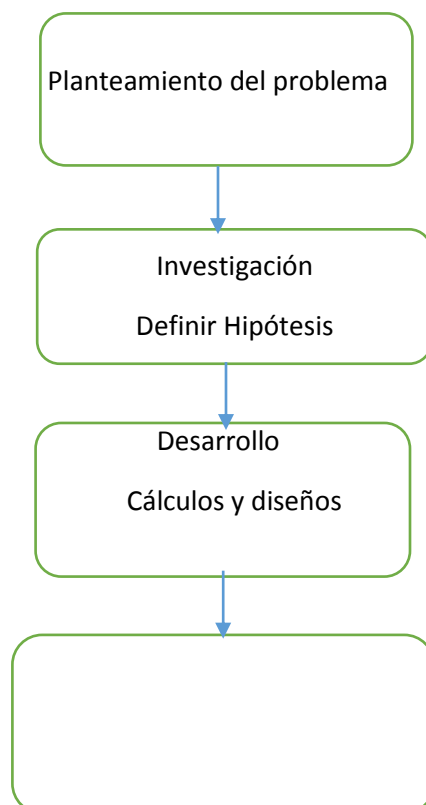
Se realizó una búsqueda de información bibliográfica sobre diseños eléctricos y tecnologías de generaciones de electricidad, convencionales y alternas, además se estudió la normativa legal vigente en Costa Rica. En ello solo se recurrió a fuentes secundarias.

#### Paso 3. Desarrollo

Se calculó la potencia generada por los módulos fotovoltaicos según el arreglo de los paneles solares seleccionados, para obtener el dimensionamiento adecuado del sistema fotovoltaico. Para esta etapa se hizo uso de fórmulas conocidas, para el cálculo de diversos conductores y potencias consumidas para desarrollar la adecuada distribución de las diferentes cargas consumidas y la construcción de planos para la distribución de los elementos. Se valoró la incidencia de radiación solar, para decidir cuál sería el sistema en el que el sistema fotovoltaico suministrara la energía generada.

#### Paso 4: Conclusión

Al finalizar todas las fases anteriores se procedió a emitir conclusiones acerca del trabajo y las recomendaciones pertinentes, a continuación se presenta un diagrama de flujo que ilustra el procedimiento de la investigación.



Discusión de resultados  
Conclusiones y recomendaciones

# Capítulo IV

## Desarrollo

El desarrollo de cada uno de los talleres se detallará a continuación y se presentaran luego los alimentadores y protecciones que se tendrán en cada una de las acometidas aplicadas, pues una proporcionará una entrada bifilar de 220V de servicio residencial y otra acometida Trifilar de 208 V por fase en una conexión del transformador en estrella para todos los elementos industriales presentes en los talleres

### Resúmenes de tableros

- Área o Taller de Mecánica Automotriz:

Tablero Principal Automotriz 220V Bifilar TP1-A		
Área	583,9 m <sup>2</sup>	
Tomacorrientes	10	Todos de uso no continuos
Cargas 220V	1	Tablero secundario (Aula de computo)
Tablero Auxiliar 220V Bifilar TP1-1 -A		
Área	100 m <sup>2</sup>	
Tomacorrientes	20	Todos de uso continuos equipo computo
Cargas 220V	1 Condensador AC	Aire Acondicionado 4800VA
Cargas 220V	1 Ventilador AC	Aire Acondicionado 1000VA

Tablero Principal Automotriz 208V Trifilar TP2-A		
Área	683,9 m <sup>2</sup>	
Tomacorrientes 208 Trifásicos Previstas	7	Todos de uso no continuos
Cargas 208V	1 Motor de 5HP	Para compresor de aire de todos los talleres

- Área o Taller de Mecánica precisión:

Tablero Principal Mecánica Precisión 220V Bifilar TP1-MP		
Área	552.43 m <sup>2</sup>	
Tomacorrientes	12	Todos de uso no continuos
Cargas 220V	1	Tablero secundario (Aula de cómputo diseño)
Cargas 220V	1 Condensador AC	Aire Acondicionado 4800VA
Cargas 220V	1 Ventilador AC	Aire Acondicionado 1000VA

Tablero Auxiliar 220V Bifilar TP1-1 -MP		
Área	80 m <sup>2</sup>	
Tomacorrientes	16	Todos de uso continuos equipo computo
Cargas 220V	1 Condensador AC	Aire Acondicionado 4800VA
Cargas 220V	1 Ventilador AC	Aire Acondicionado 1000VA

Tablero Principal Mecánica Precisión 208V Trifilar TP2-MP		
Área	632,43 m <sup>2</sup>	
Tomacorrientes	14	Todos de uso continuos

208 Trifásicos Tornos		
--------------------------	--	--

Tablero Principal Mecánica Precisión 208V Trifilar TP3-MP		
Área	632,43 m <sup>2</sup>	
Tomacorrientes 208 Trifásicos Tornos, CNC, Limadoras	14	Todos de uso continuos

- Área o Taller de Diseño Gráfico:

Tablero Principal Diseño Gráfico 220V Bifilar TP1-DG		
Área	340 m <sup>2</sup>	
Tomacorrientes	24	Todos de uso no continuos
Cargas 220V	1 Condensador AC	Aire Acondicionado 4800VA
Cargas 220V	1 Ventilador AC	Aire Acondicionado 1000VA

Tablero Principal Diseño Gráfico 208V Trifilar TP2-DG		
Área	340 m <sup>2</sup>	
Tomacorrientes 208 Trifásicos Previstas	8	Todos de uso no continuos

- Área o Taller de Electrónica:

Tablero Principal Electrónica 220V Bifilar TP1-E		
Área	444,7 m <sup>2</sup>	
Tomacorrientes	10	Todos de uso no continuos
Tomacorrientes	10	Todos de uso no continuos

Cargas 220V	1	Tablero secundario 1 (Aula de cómputo-electrónica 1)
Cargas 220V	1	Tablero secundario 2 (Aula de cómputo-electrónica 2)
Cargas 220V	1	Tablero secundario 3 (Aula de cómputo-electrónica 3)

Tablero Auxiliar 220V Bifilar TP1-1 -E		
Área	100 m <sup>2</sup>	
Tomacorrientes	20	Todos de uso continuos equipo cómputo
Cargas 220V	1 Condensador AC	Aire Acondicionado 4800VA
Cargas 220V	1 Ventilador AC	Aire Acondicionado 1000VA

Tablero Auxiliar 220V Bifilar TP1-2 -E		
Área	100 m <sup>2</sup>	
Tomacorrientes	20	Todos de uso continuos equipo cómputo
Cargas 220V	1 Condensador AC	Aire Acondicionado 4800VA
Cargas 220V	1 Ventilador AC	Aire Acondicionado 1000VA

Tablero Auxiliar 220V Bifilar TP1-3 -E		
Área	100 m <sup>2</sup>	
Tomacorrientes	20	Todos de uso continuos equipo cómputo
Cargas 220V	1 Condensador AC	Aire Acondicionado 4800VA
Cargas 220V	1 Ventilador AC	Aire Acondicionado 1000VA

Tablero Principal Electrónica 208V Trifilar TP2- E
--

Área	632,43 m <sup>2</sup>
------	-----------------------

Tomacorrientes 208 Trifásicos	12	Todos de uso no continuos
----------------------------------	----	---------------------------

## Distribución de tableros

Como se observa en los cuadros resúmenes el desarrollo de cada uno de los tableros la distribución quedaría de la siguiente manera, el cálculo de los diversos tableros los pueden encontrar en el anexo 9

- Área o Taller de Mecánica Automotriz:

<b>Centro de carga TP 1 A</b>																
No. de circuito	Descripción	Protección						Alimentación				Caída de tensión (%)	Tubería	Balanceo cargas		
		No. de salidas	Potencia total VA	No. de polos	Capacidad amperios	Tipo	Voltaje (V)	Calibre Cond AWG			Aislamiento			Conduit tipo y diámetro	Fase A	Fase B
								Fases	Neutro	Tierra						
01 02	TP1-1	1	19250	2	100	STD	220	4	4	8	THHN	2,5	EMT 25mm	X	X	X
3	Iluminación	10	1000	1	15	STD	120	12	12	12	THHN	2	PVC 13mm	X		X
4	Iluminación	7	700	1	15	STD	120	12	12	12	THHN	2	PVC 13mm	X		X
5	Iluminación	12	1200	1	15	STD	120	12	12	12	THHN	2	PVC 13mm		X	X
6	Tomas	10	1500	1	20	STD	120	10	10	10	THHN	1,5	PVC 13mm	X		X
7	Tomas	10	1500	1	20	STD	120	10	10	10	THHN	1,5	PVC 13mm		X	X
8	Prevista															

9	Prevista																	
10	Prevista																	
11	Prevista																	
12	Prevista																	
<b>Descripción del tablero</b>												<b>Carga PF</b>	12825 VA	12325 VA				
<b>Similar al modelo: CH12 B100FA</b>		<b>No. De circuitos</b>	<b>Voltios (V)</b>	<b>No. De fases</b>	<b>No. De hilos</b>	<b>Amperios de barras</b>	<b>B/T</b>	<b>Neutro sólido</b>	<b>Disyuntor principal</b>		<b>Carga Instalada</b>	<b>25150 VA</b>						
		12	220	2	4	125	Si	Si	<b>No. De polos</b>	<b>Amperios</b>	<b>Factor de uso</b>	<b>NEC 220.86</b>						
									2	100	<b>Carga Demandada</b>	<b>25150VA</b>						
<b>Acometida al tablero</b>									<b>Observaciones:</b>									
<b>Tablero predecesor</b>		<b>No. Conductores calibres AWG</b>			<b>Canalización</b>		<b>Longitud máxima (m)</b>	<b>Caída Tensión (%)</b>										
<b>TP Principal Bifásico Acometida</b>		<b>Fases</b>	<b>Neutro</b>	<b>Tierra</b>	<b>Conduit (mm)</b>		75	4,4										
		2	2	8	EMT 25mm													

## Centro de carga TP1-1 A

No. de circuito	Descripción	Protección						Alimentación				Caída de tensión (%)	Tubería	Balanceo cargas		
		No. de salidas	Potencia total VA	No. de polos	Capacidad amperios	Tipo	Voltaje (V)	Calibre Cond AWG			Aislamiento			Conduit tipo y diámetro	Fase A	Fase B
								Fases	Neutro	Tierra						
1	Iluminación	6	600	1	15	STD	120	12	12	12	THHN	0,1	PVC 13mm	X		X
2	Tomas	4	1500	1	20	STD	120	10	10	10	THHN	0,5	PVC 13mm	X		X
3	Tomas	4	1500	1	20	STD	120	10	10	10	THHN	0,5	PVC 13mm		X	X
4	Tomas	4	1500	1	20	STD	120	10	10	10	THHN	0,5	PVC 13mm	X		X
5	Tomas	4	1500	1	20	STD	120	10	10	10	THHN	0,5	PVC 13mm		X	X
6	Tomas	4	1500	1	20	STD	120	10	10	10	THHN	0,5	PVC 13mm	X		X
7	Tomas	5	1500	1	20	STD	120	10	10	10	THHN	0,5	PVC 13mm		X	X
08 09	AC Condensador	1	4800	2	50	STD	240	8	8	10	THHN	0,2	EMT 19mm	X	X	
10 11	AC Ventilador	1	1000	2	50	STD	240	8	8	10	THHN	0,2	EMT 19mm	X	X	
12	Prevista															

Descripción del tablero								Carga PF		8000 VA	7400 VA	
Similar al modelo: CH12 B100 FA	No. De circuitos	Voltios (V)	No. De fases	No. De hilos	Amperios de barras	B/T	Neutro sólido	Disyuntor principal		Carga Instalada	15400 VA	
	12	220	2	4	100	Si	Si	No. De polos	Amperios	Factor de uso	1,25	
								2	100	Carga Demandada	19250 VA	
Acometida al tablero							Observaciones: Sala de computo se mantiene al 125% Carga continua					
Tablero predecesor	No. Conductores calibres AWG			Canalización	Longitud máxima (m)	Caída Tensión (%)						
TP1 A	Fases	Neutro	Tierra	Conduit (mm)								
	4	4	8	EMT 25mm	20	1,5						

## Centro de carga TP2 A

No. de circuito	Descripción	Protección						Alimentación				Caída de tensión (%)	Tubería	Balanceo cargas			
		No. de salidas	Potencia total VA	No. de polos	Capacidad amperios	Tipo	Voltaje (V)	Calibre Cond AWG			Aislamiento			Conduit tipo y diámetro	Fase A	Fase B	Fase C
								Fases	Neutro	Tierra							
1 2 3	Compresor	1	3500	3	50	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC CED40 19mm	X	X	X	X
4 5 6	Tomas Prevista	1	3500	3	40	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC CED40 19mm	X	X	X	X
7 8 9	Tomas Prevista	1	3500	3	40	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC CED40 19mm	X	X	X	X
10 11 12	Tomas Prevista	1	3500	3	40	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC CED40 19mm	X	X	X	X
13 14 15	Tomas Prevista	1	3500	3	40	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC CED40 19mm	X	X	X	X
16 17 18	Tomas Prevista	1	3500	3	40	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC CED40 19mm	X	X	X	X
19 20 21	Tomas Prevista	1	3500	3	40	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC CED40 19mm	X	X	X	X
22 23 24	Tomas Prevista	1	3500	3	40	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC CED40 19mm	X	X	X	X
<b>Descripción del tablero</b>												<b>Carga PF</b>	9334 VA	9334 VA	9334 VA		
<b>Similar al modelo: CH24 B100 FA</b>		<b>No. De circuitos</b>	<b>Voltios (V)</b>	<b>No. De fases</b>	<b>No. De hilos</b>	<b>Amperios de barras</b>	<b>B/T</b>	<b>Neutro sólido</b>	<b>Disyuntor principal</b>		<b>Carga Instalada</b>			<b>28002 VA</b>			
		<b>24</b>	<b>208</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>100</b>	<b>Si</b>	<b>Si</b>	<b>No. De polos</b>	<b>Amperios</b>	<b>Factor de uso</b>		<b>NEC 220.44</b>				

									3	100	Carga Demandada	19001 VA
<b>Acometida al tablero</b>								<b>Observaciones: Tomas trifásicos para uso general</b>				
<b>Tablero predecesor</b>	<b>No. Conductores calibres AWG</b>			<b>Canaliza ción</b>		<b>Longitu d máxima (m)</b>	<b>Caída Tensión (%)</b>					
<b>TP Principal Trifásico Acometida</b>	<b>Fases</b>	<b>Neutro</b>	<b>Tierra</b>	<b>Conduit (mm)</b>		75	4,3					
	6	6	8	EMT 19mm								

- Área o Taller de Mecánica Precisión:

Centro de carga TP 1 MP																
No. de circuito	Descripción	Protección						Alimentación				Caída de tensión (%)	Tubería	Balanceo cargas		
		No. de salidas	Potencia total VA	No. de polos	Capacidad amperios	Tipo	Voltaje (V)	Calibre Cond AWG			Aislamiento		Conduit tipo y diámetro	Fase A	Fase B	Neutro
								Fases	Neutro	Tierra						
01 02	TP1-1	1	12875	2	100	STD	220	6	6	8	THHN	2,5	EMT 19mm	X	X	X
3	Iluminación	10	1000	1	15	STD	120	12	12	12	THHN	2,2	PVC 13mm	X		X
4	Iluminación	10	1000	1	15	STD	120	12	12	12	THHN	2,2	PVC 13mm		X	X
5	Iluminación	10	1000	1	15	STD	120	12	12	12	THHN	2,2	PVC 13mm	X		X
6	Iluminación	6	600	1	15	STD	120	12	12	12	THHN	2,2	PVC 13mm		X	X
7	Tomas	12	1500	1	20	STD	120	10	10	10	THHN	1,3	PVC 13mm	X		X
8	Tomas	12	1500	1	20	STD	120	10	10	10	THHN	1,3	PVC 13mm		X	X
09 10	AC Condensador	1	4800	2	50	STD	220	8	8	10	THHN	1,5	EMT 19mm	X	X	
11 12	AC Ventilador	1	1000	2	50	STD	220	8	8	10	THHN	1,5	EMT 19mm	X	X	
13	Prevista															
14	Prevista															
15	Prevista															

16	Prevista																	
Descripción del tablero											Carga PF		12837 VA	12437 VA				
Similar al modelo: CH16 B100FA		No. De circuitos	Voltios (V)	No. De fases	No. De hilos	Amperios de barras	B/T	Neutro sólido	Disyuntor principal		Carga Instalada		25274 VA					
		16	220	2	4	125	Si	Si	No. De polos	Amperios	Factor de uso		NEC 220.86					
									2	100	Carga Demandada		25274V A					
Acometida al tablero								Observaciones:										
Tablero predecesor		No. Conductores calibres AWG			Canalización	Longitud máxima (m)	Caída Tensión (%)											
TP Principal Bifásico Acometida		Fases	Neutro	Tierra	Conduit (mm)													
		2	2	8	EMT 25mm	55	3,4											

## Centro de carga TP1-1 MP

No. de circuito	Descripción	Protección						Alimentación				Caída de tensión (%)	Tubería	Balanceo cargas		
		No. de salidas	Potencia total VA	No. de polos	Capacidad amperios	Tipo	Voltaje (V)	Calibre Cond AWG			Aislamiento		Conduit tipo y diámetro	Fase A	Fase B	Neutro
								Fases	Neutro	Tierra						
1	Tomas	4	1500	1	20	STD	120	10	10	10	THHN	0,5	PVC CED40 13mm	X		X
2	Tomas	4	1500	1	20	STD	120	10	10	10	THHN	0,5	PVC CED40 13mm		X	X
3	Tomas	4	1500	1	20	STD	120	10	10	10	THHN	0,5	PVC CED40 13mm	X		X
04 05	AC Condensador	1	4800	2	50	STD	240	8	8	10	THHN	0,2	EMT 19mm	X	X	
06 07	AC Ventilador	1	1000	2	50	STD	240	8	8	10	THHN	0,2	EMT 19mm	X	X	
8	Prevista															
9	Prevista															
10	Prevista															
11	Prevista															
12	Prevista															
<b>Descripción del tablero</b>											<b>Carga PF</b>	5900 VA	4400 VA			
Similar al modelo: CH12 B100 FA		<b>No. De circuitos</b>	<b>Voltios (V)</b>	<b>No. De fases</b>	<b>No. De hilos</b>	<b>Amperios de barras</b>	<b>B/T</b>	<b>Neutro sólido</b>	<b>Disyuntor principal</b>		<b>Carga Instalada</b>	<b>10300 VA</b>				
		12	220	2	4	100	Si	Si	<b>No. De polos</b>	<b>Amperios</b>	<b>Factor de uso</b>	<b>1.25</b>				
									2	100	<b>Carga Demandada</b>	<b>12875 VA</b>				
<b>Acometida al tablero</b>								<b>Observaciones: Sala de computo se mantiene al 125% Carga</b>								

Tablero predecesor	No. Conductores calibres AWG			Canalización	Longitud máxima (m)	Caída Tensión (%)	continua
	Fases	Neutro	Tierra				
TP1 MP	6	6	8	EMT19mm	10	0,8	

## Centro de carga TP2 MP

No. de circuito	Descripción	Protección						Alimentación				Caída de tensión (%)	Tubería Conduit tipo y diámetro	Balanceo cargas			
		No. de salidas	Potencia total VA	No. de polos	Capacidad amperios	Tipo	Volta je (V)	Calibre Cond AWG			Aislamiento			Fase A	Fase B	Fase C	Neutro
								Fases	Neutro	Tierra							
1 2 3	Tomas Torno	1	4000	3	50	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
4 5 6	Tomas Torno	1	4000	3	50	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
7 8 9	Tomas Torno	1	4000	3	50	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
10 11 12	Tomas Torno	1	4000	3	50	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
13 14 15	Tomas Torno	1	4000	3	50	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
16 17 18	Tomas Torno	1	4000	3	50	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
19 20 21	Tomas Torno	1	4000	3	50	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
22 23 24	Tomas Torno	1	4000	3	50	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
25 26 27	Tomas Torno	1	4000	3	50	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
28 29 30	Tomas Torno	1	4000	3	50	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
31 32 33	Tomas Torno	1	4000	3	50	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
34 35 36	Tomas Torno	1	4000	3	50	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X

37 38 39	Tomas Torno	1	4000	3	50	ST D	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
40 41 42	Tomas Torno	1	4000	3	50	ST D	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
Descripción del tablero													Carga PF	19000 VA	19000 VA	19000 VA	
Similar al modelo: CH42 B100 FA		No. De circuitos	Voltios (V)	No. De fases	No. De hilos	Amperios de barras	B/T	Neutro sólido	Disyuntor principal		Carga Instalada		57000 VA				
		42	208	3	5	100	Si	Si	No. De polos	Amperios	Factor de uso		Nec 220.44				
									3	100	Carga Demandada		33500 VA				
Acometida al tablero								Observaciones: Tomas trifásicos para uso general									
Tablero predecesor		No. Conductores calibres AWG			Canalización	Longitud máxima (m)	Caída Tensión (%)										
TP Principal Trifásico Acometida		Fases	Neutro	Tierra	Conduit (mm)												
		2	2	8	EMT 25mm	50	2,8										

## Centro de carga TP3 MP

No. de circuito	Descripción	Protección						Alimentación				Caída de tensión (%)	Tubería Conduit tipo y diámetro	Balanceo cargas			
		No. de salidas	Potencia total VA	No. de polos	Capacidad amperios	Tipo	Voltaje (V)	Calibre Cond AWG			Aislamiento			Fase A	Fase B	Fase C	Neutro
								Fases	Neutro	Tierra							
1 2 3	Tomas Fresadores	1	4000	3	50	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
4 5 6	Tomas Fresadores	1	4000	3	50	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
7 8 9	Tomas Fresadores	1	4000	3	50	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
10 11 12	Tomas Fresadores	1	4000	3	50	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
13 14 15	Tomas Fresadores	1	4000	3	50	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
16 17 18	Tomas Fresadores	1	4000	3	50	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
19 20 21	Tomas Fresadores	1	4000	3	50	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
22 23 24	CNC	1	4000	3	50	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
25 26 27	CNC Fresadora	1	4000	3	50	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
28 29 30	Limadora	1	4000	3	50	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X

31 32 33	Limadora	1	4000	3	50	ST D	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
34 35 36	Limadora	1	4000	3	50	ST D	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
37 38 39	Prevista	1	4000	3	50	ST D	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
40 41 42	Prevista	1	4000	3	50	ST D	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
Descripción del tablero													Carga PF	19000 VA	19000 VA	19000 VA	
Similar al modelo: CH42 B100 FA		No. De circuitos	Voltios (V)	No. De fases	No. De hilos	Amperios de barras	B/T	Neutro sólido	Disyuntor principal		Carga Instalada		57000 VA				
		42	208	3	5	100	Si	Si	No. De polos	Amperios	Factor de uso		Nec 220.44				
									3	100	Carga Demandada		33500VA				
Acometida al tablero										Observaciones: Tomas trifásicos para uso general							
Tablero predecesor		No. Conductores calibres AWG			Canalización	Longitud máxima (m)	Caída Tensión (%)										
TP Principal Trifásico Acometida		Fases	Neutro	Tierra	Conduit (mm)			50	2,8								
		2	2	8	EMT 25mm												

- Área o Taller de Diseño Gráfico:

## Centro de carga TP 1 DG

No. de circuito	Descripción	Protección						Alimentación				Caída de tensión (%)	Tubería	Balanceo cargas		
		No. de salidas	Potencia total VA	No. de polos	Capacidad amperios	Tipo	Volta je (V)	Calibre Cond AWG			Aislamiento		Conduit tipo y diámetro	Fase A	Fase B	Neutro
								Fases	Neutro	Tierra						
1	Iluminación	9	900	1	15	STD	120	12	12	12	THHN	2,5	PVC 13mm	X		X
2	Iluminación	9	900	1	15	STD	120	12	12	12	THHN	2,2	PVC 13mm		X	X
3	Tomas	12	1500	1	15	STD	120	12	12	12	THHN	2,2	PVC 13mm	X		X
4	Tomas	12	1500	1	15	STD	120	12	12	12	THHN	2,2	PVC 13mm		X	X
5 6	AC Condensador	1	4800	2	50	STD	220	8	8	10	THHN	1,3	PVC 19mm	X	X	X
7 8	AC Ventilador	1	1000	2	50	STD	220	8	8	10	THHN	1,3	PVC 19mm	X	X	X
9 10	AC Condensador	1	4800	2	50	STD	220	8	8	10	THHN	1,3	PVC 19mm	X	X	X
11 12	AC Ventilador	1	1000	2	50	STD	220	8	8	10	THHN	1,3	PVC 19mm	X	X	X
13	Prevista															
14	Prevista															
15	Prevista															
16	Prevista															
<b>Descripción del tablero</b>											<b>Carga PF</b>	8200 VA	8200 VA			
<b>Similar al modelo: CH16 B100FA</b>		<b>No. De circuito</b>	<b>Voltios (V)</b>	<b>No. De fases</b>	<b>No. De hilos</b>	<b>Amperios de</b>	<b>B/T</b>	<b>Neutro sólido</b>	<b>Disyuntor principal</b>	<b>Carga Instalada</b>	<b>16400V A</b>					

	s				barras						
	16	220	2	4	100	Si	Si	No. De polos	Amperios	Factor de uso	NEC 220.86
								2	100	Carga Demandada	16400V A
Acometida al tablero							Observaciones:				
Tablero predecesor	No. Conductores calibres AWG			Canalización	Longitud máxima (m)	Caída Tensión (%)					
TP Principal Bifásico Acometida	Fases	Neutro	Tierra	Conduit (mm)							
	4	4	8	EMT 19mm	35	2,4					

Centro de carga TP2 DG							
No. de	Descripción	Protección		Alimentación	Caída	Tubería	Balanceo cargas

Circuito		No. de salidas	Potencia total VA	No. de polos	Capacidad amperios	Tipo	Voltaje (V)	Calibre Cond AWG			Aislamiento	de tensión (%)	Conduit tipo y diámetro	Fase A	Fase B	Fase C	Neutro
								Fases	Neutro	Tierra							
1 2 3	Tomas Prevista	1	3500	3	40	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
4 5 6	Tomas Prevista	1	3500	3	40	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
7 8 9	Tomas Prevista	1	3500	3	40	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
10 11 12	Tomas Prevista	1	3500	3	40	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
13 14 15	Tomas Prevista	1	3500	3	40	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
16 17 18	Tomas Prevista	1	3500	3	40	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
19 20 21	Tomas Prevista	1	3500	3	40	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
22 23 24	Tomas Prevista	1	3500	3	40	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
<b>Descripción del tablero</b>												<b>Carga PF</b>	9334 VA	9334 VA	9334 VA		
<b>Similar al modelo: CH24 B100 FA</b>		<b>No. De circuitos</b>	<b>Voltios (V)</b>	<b>No. De fases</b>	<b>No. De hilos</b>	<b>Amperios de barras</b>	<b>B/T</b>	<b>Neutro sólido</b>	<b>Disyuntor principal</b>		<b>Carga Instalada</b>		<b>28002 VA</b>				
		<b>24</b>	<b>208</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>100</b>	<b>Si</b>	<b>Si</b>	<b>No. De polos</b>	<b>Amperios</b>	<b>Factor de uso</b>		<b>Nec 220.44</b>				
		<b>3</b>	<b>100</b>	<b>Carga Demandada</b>		<b>19001 VA</b>											
<b>Acometida al tablero</b>										<b>Observaciones: Tomas trifásicos para uso general</b>							
<b>Tablero predecesor</b>		<b>No. Conductores calibres AWG</b>		<b>Canalización</b>		<b>Longitud máxima (m)</b>	<b>Caída Tensión (%)</b>										

TP Principal Trifásico Acometida	Fases	Neutro	Tierra	Conduit (mm)	35	2,0
	6	6	8	EMT 19mm		

- Área o Taller de Electrónica Industrial:

## Centro de carga TP 1 E

No. de circuito	Descripción	Protección						Alimentación				Caída de tensión (%)	Tubería Conduit tipo y diámetro	Balanceo cargas		
		No. de salidas	Potencia total VA	No. de polos	Capacidad amperios	Tipo	Volta je (V)	Calibre Cond AWG			Aislamiento			Fase A	Fase B	Neutro
								Fases	Neutro	Tierra						
01 02	TP1-1	1	19250	2	100	STD	220	6	6	8	THHN	2,5	EMT 25mm	X	X	X
03 04	TP1-2	1	19250	2	100	STD	220	6	6	8	THHN	2,2	EMT 25mm	X	X	X
05 06	TP1-3	1	19250	2	100	STD	220	6	6	8	THHN	2,2	EMT 25mm	X	X	X
7	iluminación	12	1200	1	15	STD	120	12	12	12	THHN	2,2	PVC 13mm	X		X
8	Tomas	12	1500	1	15	STD	120	12	12	12	THHN	2,2	PVC 13mm		X	X
9	Tomas	12	1500	1	20	STD	120	10	10	10	THHN	1,3	PVC 13mm	X		X
10	Prevista															
11	Prevista															
12	Prevista															
<b>Descripción del tablero</b>											<b>Carga PF</b>	31575 VA	30375 VA			
<b>Similar al modelo: CH12 B100FA</b>		<b>No. De circuitos</b>	<b>Voltios (V)</b>	<b>No. De fases</b>	<b>No. De hilos</b>	<b>Amperios de barras</b>	<b>B/T</b>	<b>Neutro sólido</b>	<b>Disyuntor principal</b>	<b>Carga Instalada</b>	<b>61950 VA</b>					



to		salidas	VA	polos	amperios		(V)	Fases	Neutro	Tierra		n (%)	diámetro				
1	Iluminación	6	600	1	15	STD	120	12	12	12	THHN	0,1	PVC 13mm	X		X	
2	Tomas	4	1500	1	20	STD	120	10	10	10	THHN	0,5	PVC 13mm	X		X	
3	Tomas	4	1500	1	20	STD	120	10	10	10	THHN	0,5	PVC 13mm		X	X	
4	Tomas	4	1500	1	20	STD	120	10	10	10	THHN	0,5	PVC 13mm	X		X	
5	Tomas	4	1500	1	20	STD	120	10	10	10	THHN	0,5	PVC 13mm		X	X	
6	Tomas	4	1500	1	20	STD	120	10	10	10	THHN	0,5	PVC 13mm	X		X	
7	Tomas	5	1500	1	20	STD	120	10	10	10	THHN	0,5	PVC 13mm		X	X	
08 09	AC Condensador	1	4800	2	50	STD	240	8	8	10	THHN	0,2	EMT 19mm	X	X		
10 11	AC Ventilador	1	1000	2	50	STD	240	8	8	10	THHN	0,2	EMT 19mm	X	X		
12	Prevista																
<b>Descripción del tablero</b>													<b>Carga PF</b>		8000 VA	7400 VA	
<b>Similar al modelo: CH12 B100 FA</b>		<b>No. De circuitos</b>	<b>Voltios (V)</b>	<b>No. De fases</b>	<b>No. De hilos</b>	<b>Amperios de barras</b>	<b>B/T</b>	<b>Neutro sólido</b>	<b>Disyuntor principal</b>				<b>Carga Instalada</b>		<b>15400 VA</b>		
		<b>12</b>	<b>220</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>100</b>	<b>Si</b>	<b>Si</b>	<b>No. De</b>	<b>Amperios</b>	<b>Factor de uso</b>	<b>1,25</b>					



to		salidas	VA	polos	amperios		(V)	Fases	Neutro	Tierra		n (%)	diámetro				
1	Iluminación	6	600	1	15	STD	120	12	12	12	THHN	0,1	PVC 13mm	X		X	
2	Tomas	4	1500	1	20	STD	120	10	10	10	THHN	0,5	PVC 13mm	X		X	
3	Tomas	4	1500	1	20	STD	120	10	10	10	THHN	0,5	PVC 13mm		X	X	
4	Tomas	4	1500	1	20	STD	120	10	10	10	THHN	0,5	PVC 13mm	X		X	
5	Tomas	4	1500	1	20	STD	120	10	10	10	THHN	0,5	PVC 13mm		X	X	
6	Tomas	4	1500	1	20	STD	120	10	10	10	THHN	0,5	PVC 13mm	X		X	
7	Tomas	5	1500	1	20	STD	120	10	10	10	THHN	0,5	PVC 13mm		X	X	
08 09	AC Condensador	1	4800	2	50	STD	240	8	8	10	THHN	0,2	EMT 25mm	X	X		
10 11	AC Ventilador	1	1000	2	50	STD	240	8	8	10	THHN	0,2	EMT 25mm	X	X		
12	Prevista																
<b>Descripción del tablero</b>													<b>Carga PF</b>		8000 VA	7400 VA	
<b>Similar al modelo: CH12 B100 FA</b>		<b>No. De circuitos</b>	<b>Voltios (V)</b>	<b>No. De fases</b>	<b>No. De hilos</b>	<b>Amperios de barras</b>	<b>B/T</b>	<b>Neutro sólido</b>	<b>Disyuntor principal</b>				<b>Carga Instalada</b>		<b>15400</b>		
		<b>12</b>	<b>220</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>100</b>	<b>Si</b>	<b>Si</b>	<b>No. De</b>	<b>Amperios</b>	<b>Factor de uso</b>	<b>1.25</b>					



to		salidas	VA	polos	amperios		(V)	Fases	Neutro	Tierra		n (%)	diámetro				
1	Iluminación	6	600	1	15	STD	120	12	12	12	THHN	0,1	PVC 13mm	X		X	
2	Tomas	4	1500	1	20	STD	120	10	10	10	THHN	0,5	PVC 13mm	X		X	
3	Tomas	4	1500	1	20	STD	120	10	10	10	THHN	0,5	PVC 13mm		X	X	
4	Tomas	4	1500	1	20	STD	120	10	10	10	THHN	0,5	PVC 13mm	X		X	
5	Tomas	4	1500	1	20	STD	120	10	10	10	THHN	0,5	PVC 13mm		X	X	
6	Tomas	4	1500	1	20	STD	120	10	10	10	THHN	0,5	PVC 13mm	X		X	
7	Tomas	5	1500	1	20	STD	120	10	10	10	THHN	0,5	PVC 13mm		X	X	
08 09	AC Condensador	1	4800	2	50	STD	240	8	8	10	THHN	0,2	EMT 25mm	X	X		
10 11	AC Ventilador	1	1000	2	50	STD	240	8	8	10	THHN	0,2	EMT 25mm	X	X		
12	Prevista																
<b>Descripción del tablero</b>													<b>Carga PF</b>		8000 VA	7400 VA	
<b>Similar al modelo: CH12 B100 FA</b>		<b>No. De circuitos</b>	<b>Voltios (V)</b>	<b>No. De fases</b>	<b>No. De hilos</b>	<b>Amperios de barras</b>	<b>B/T</b>	<b>Neutro sólido</b>	<b>Disyuntor principal</b>				<b>Carga Instalada</b>		<b>15400 VA</b>		
		<b>12</b>	<b>220</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>100</b>	<b>Si</b>	<b>Si</b>	<b>No. De</b>	<b>Amperios</b>	<b>Factor de uso</b>	<b>1,25</b>					



Circuito		No. de salidas	Potencia total VA	No. de polos	Capacidad amperios	Tipo	Voltaje (V)	Calibre Cond AWG			Aislamiento	tensión (%)	Conduit tipo y diámetro	Fase A	Fase B	Fase C	Neutro
								Fases	Neutro	Tierra							
1 2 3	Paneles Control Trifásico	1	3500	3	40	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
4 5 6	Paneles Control Trifásico	1	3500	3	40	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
7 8 9	Paneles Control Trifásico	1	3500	3	40	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
10 11 12	Paneles Control Trifásico	1	3500	3	40	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
13 14 15	Paneles Control Trifásico	1	3500	3	40	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
16 17 18	Paneles Control Trifásico	1	3500	3	40	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
19 20 21	Paneles Neumáticos	1	3500	3	40	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
22 23 24	Paneles Neumáticos	1	3500	3	40	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
25 26 27	Paneles Neumáticos	1	3500	3	40	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
28 29 30	Paneles Neumáticos	1	3500	3	40	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
31 32 33	Tomas	1	3500	3	40	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
34 35 36	Tomas	1	3500	3	40	STD	208	8	8	10	THHN	0,5	PVC 19mm	X	X	X	X
<b>Descripción del tablero</b>												<b>Carga PF</b>	14000 VA	14000 VA	14000 VA		

Similar al modelo: CH36 B100 FA	No. De circuitos	Voltios (V)	No. De fases	No. De hilos	Amperios de barras	B/T	Neutro sólido	Disyuntor principal		Carga Instalada	42000 VA
	36	208	3	5	100	Si	Si	No. De polos	Amperios	Factor de uso	1
								3	100	Carga Demandada	126000 VA
Acometida al tablero							Observaciones: Tomas trifásicos para uso general				
Tablero predecesor	No. Conductores calibres AWG			Canalización	Longitud máxima (m)	Caída Tensión (%)					
TP Principal Trifásico Acometida	Fases	Neutro	Tierra	Conduit (mm)							
	4	4	8	EMT 25mm	10	0,7					

## Planos eléctricos

A continuación se presentarán los planos los cuales corresponde a tres planos, uno de iluminación, otros de tomas generales y por último el de tomas especiales, la simbología se presenta en el anexo 11.

- Área o Taller de Mecánica Automotriz:

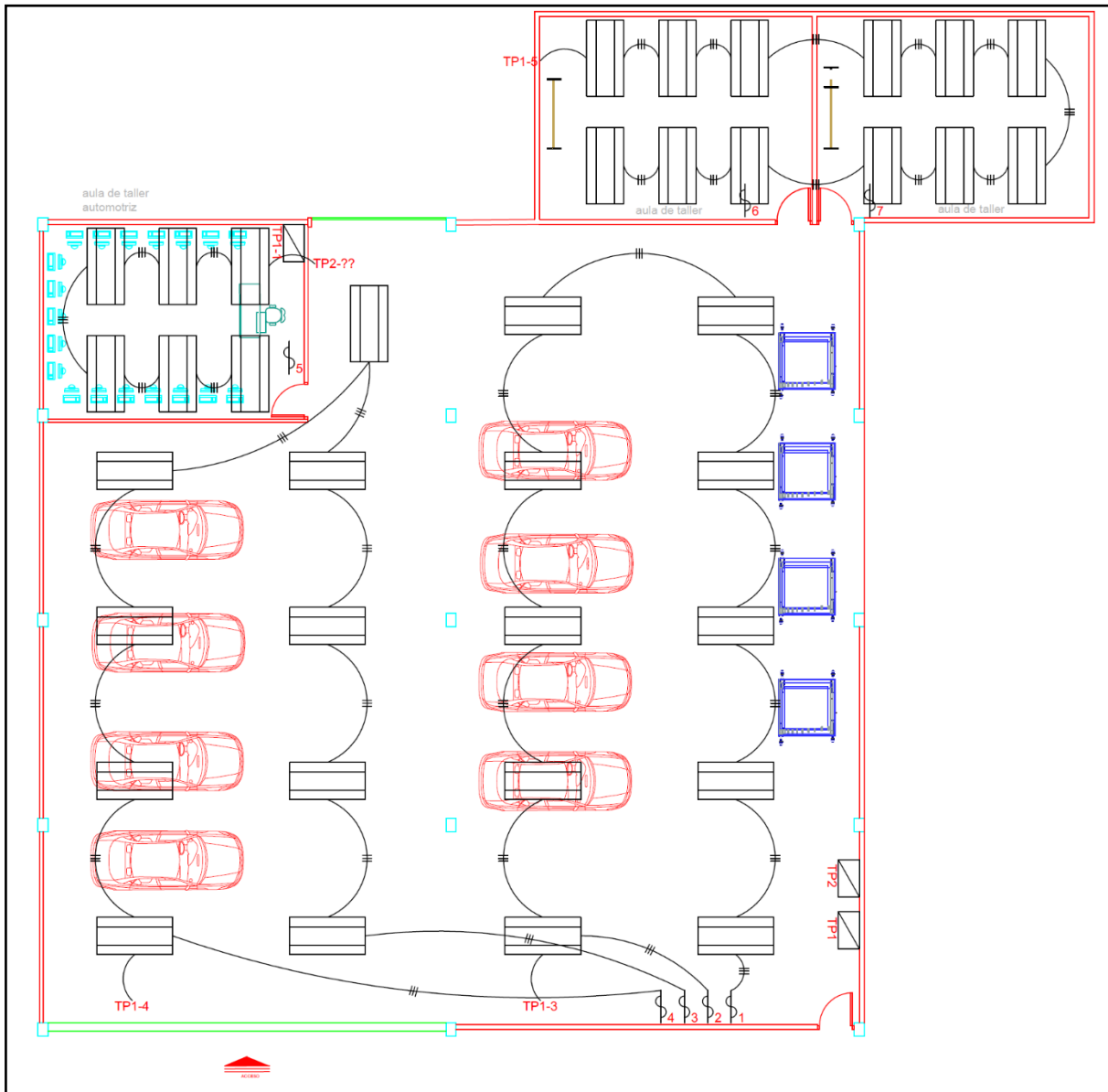


Fig 26. Plano de circuitos de iluminación Mecánica Automotriz  
Fuente propia

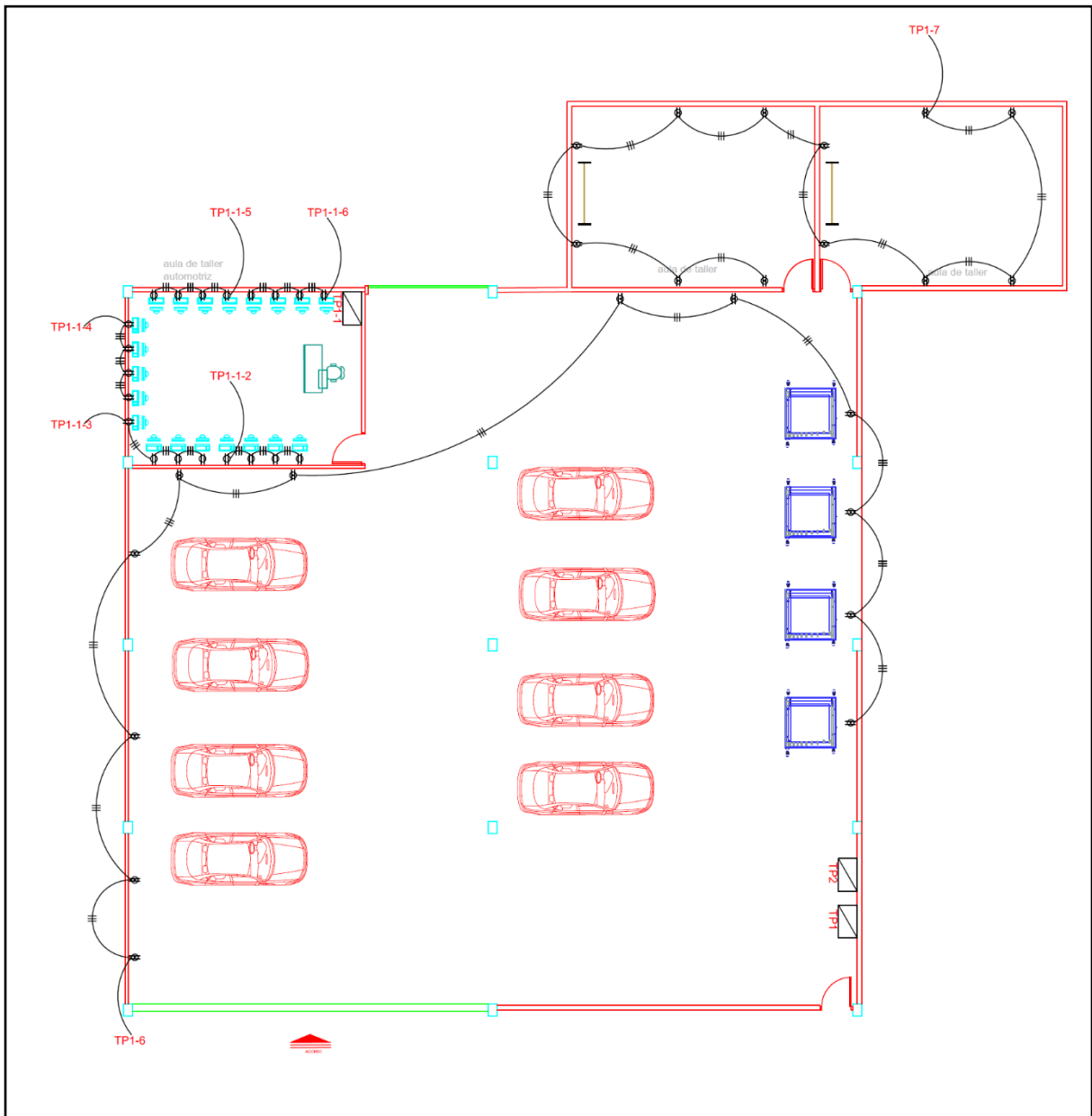


Fig 27. Plano de circuitos de tomas generales Mecánica Automotriz  
Fuente propia

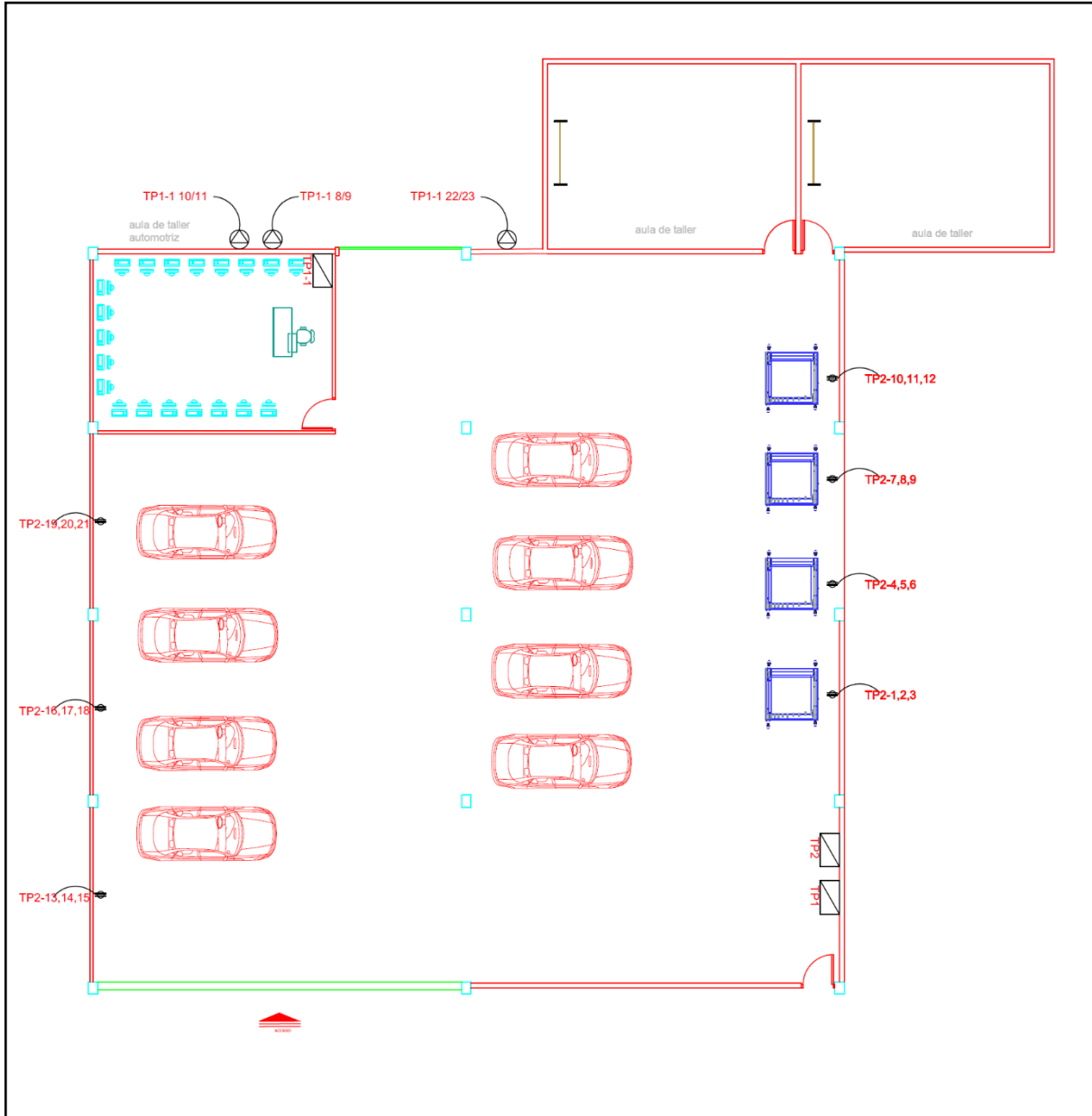


Fig 28. Plano de circuitos de tomas especiales Mecánica Automotriz  
Fuente propia

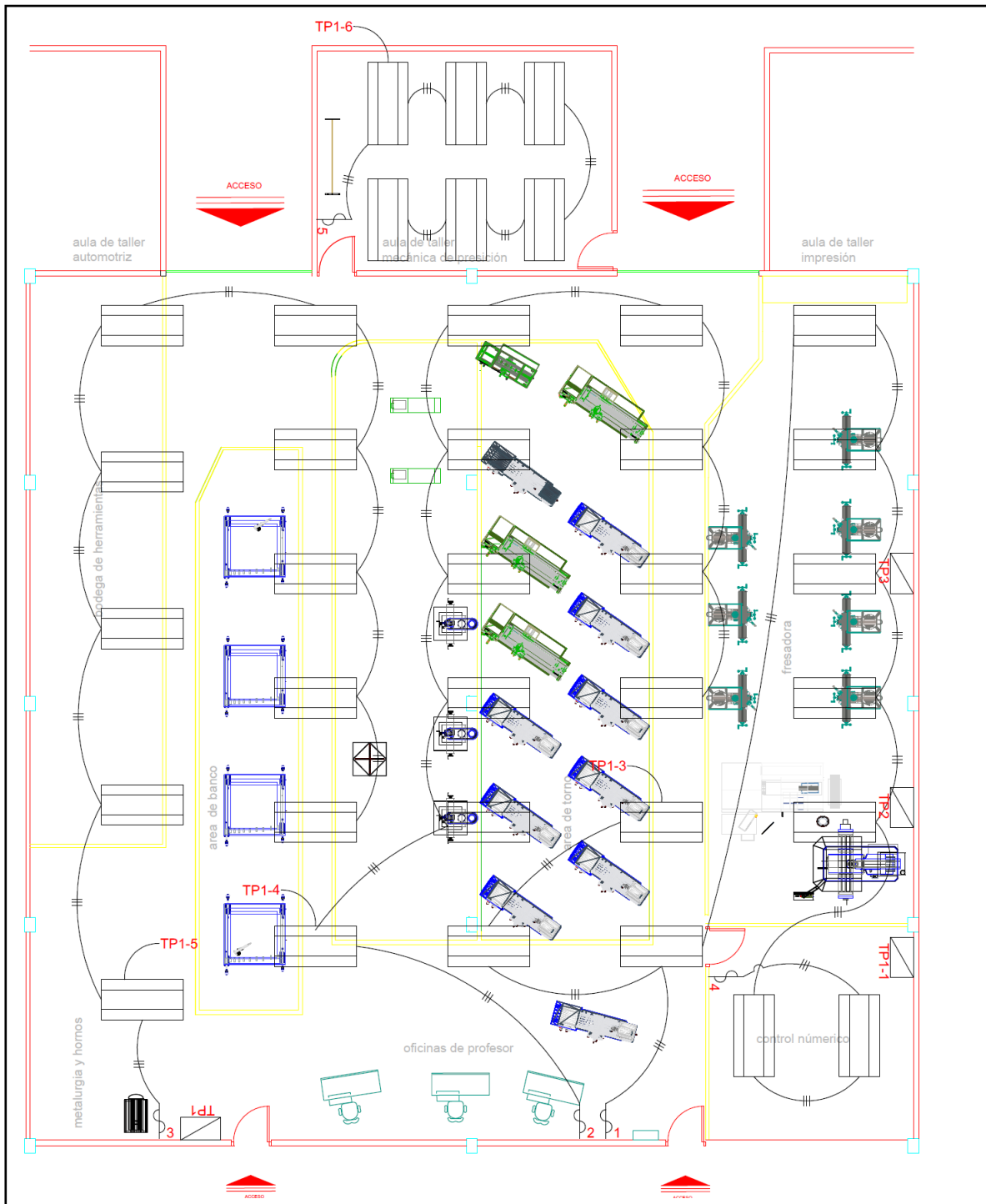


Fig 29. Plano de circuitos de Iluminación Mecánica Precisión  
Fuente propia

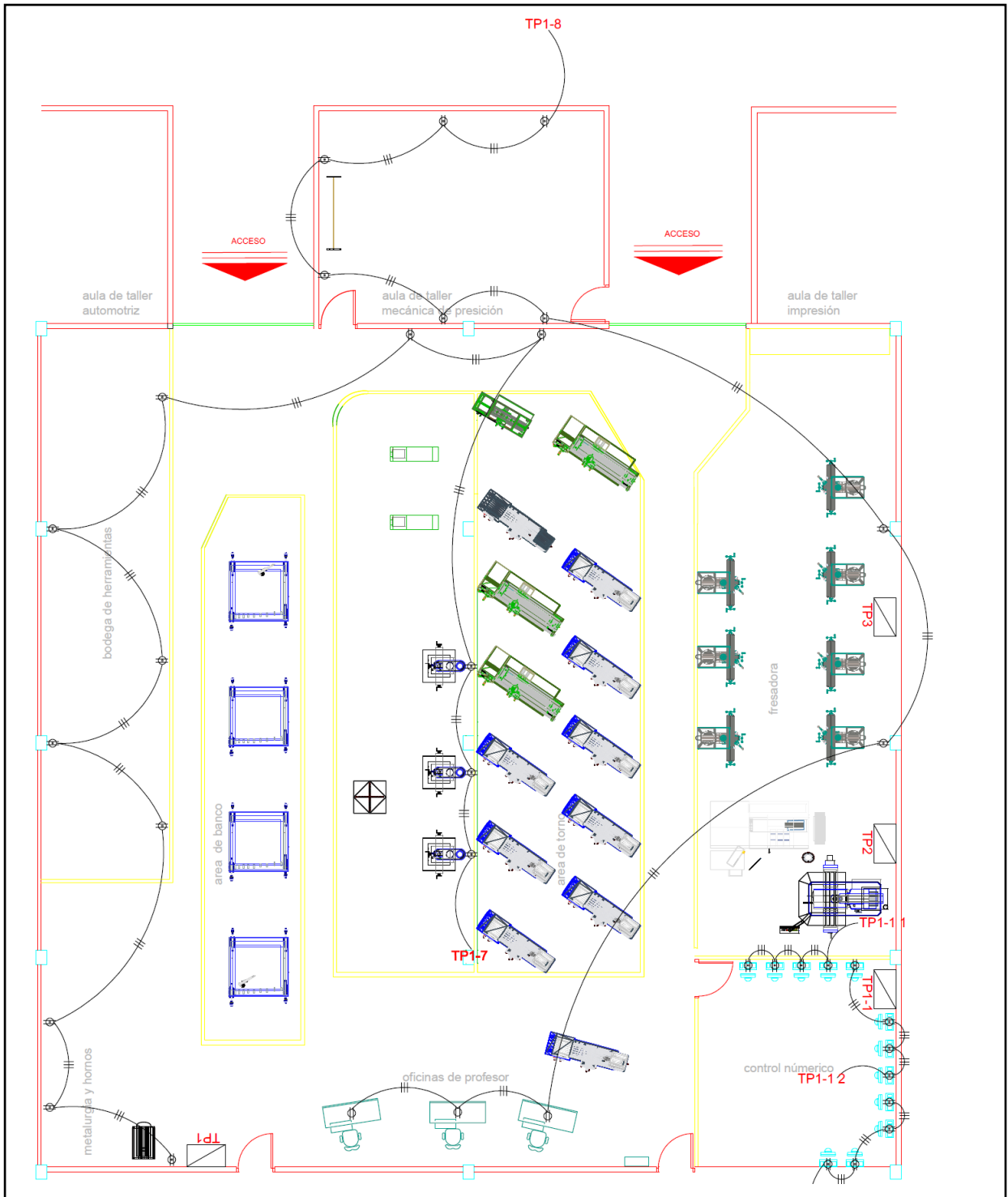


Fig 30. Plano de circuitos de tomas generales Mecánica Precisión  
Fuente propia

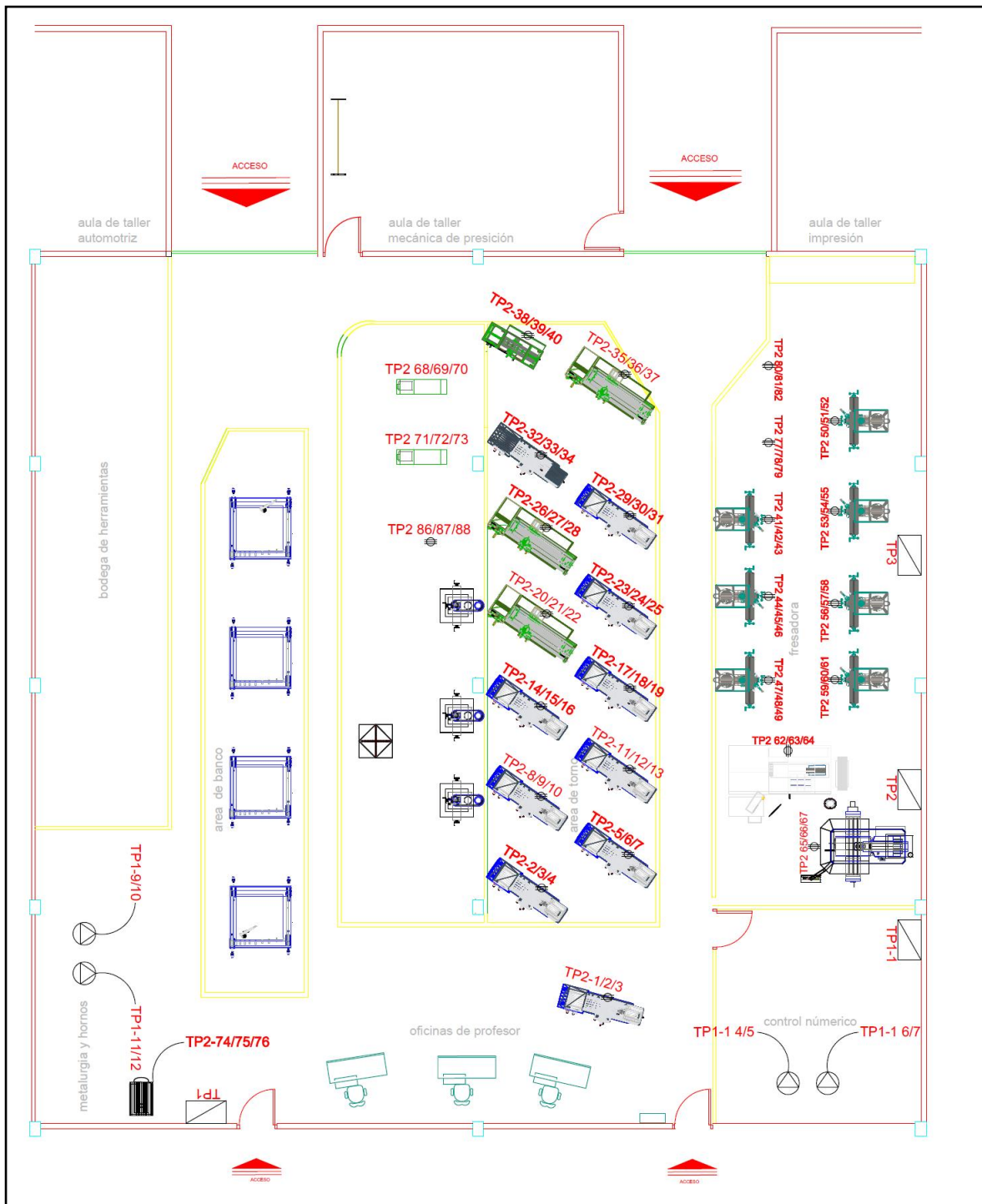


Fig 31. Plano de circuitos de tomas especiales Mecánica Precisión Fuente propia

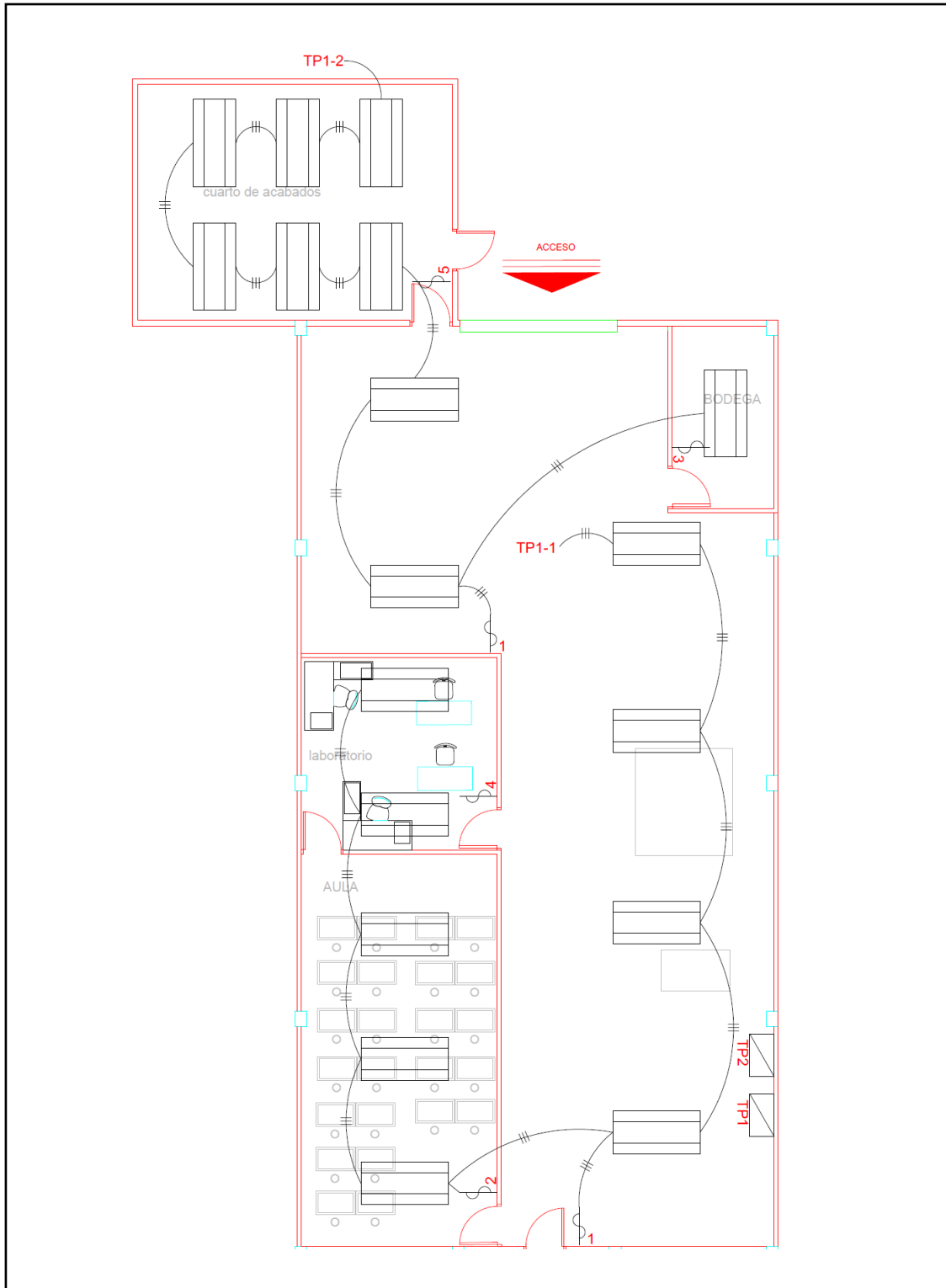


Fig 32. Plano de circuitos de Iluminación Diseño Grafico  
Fuente propia

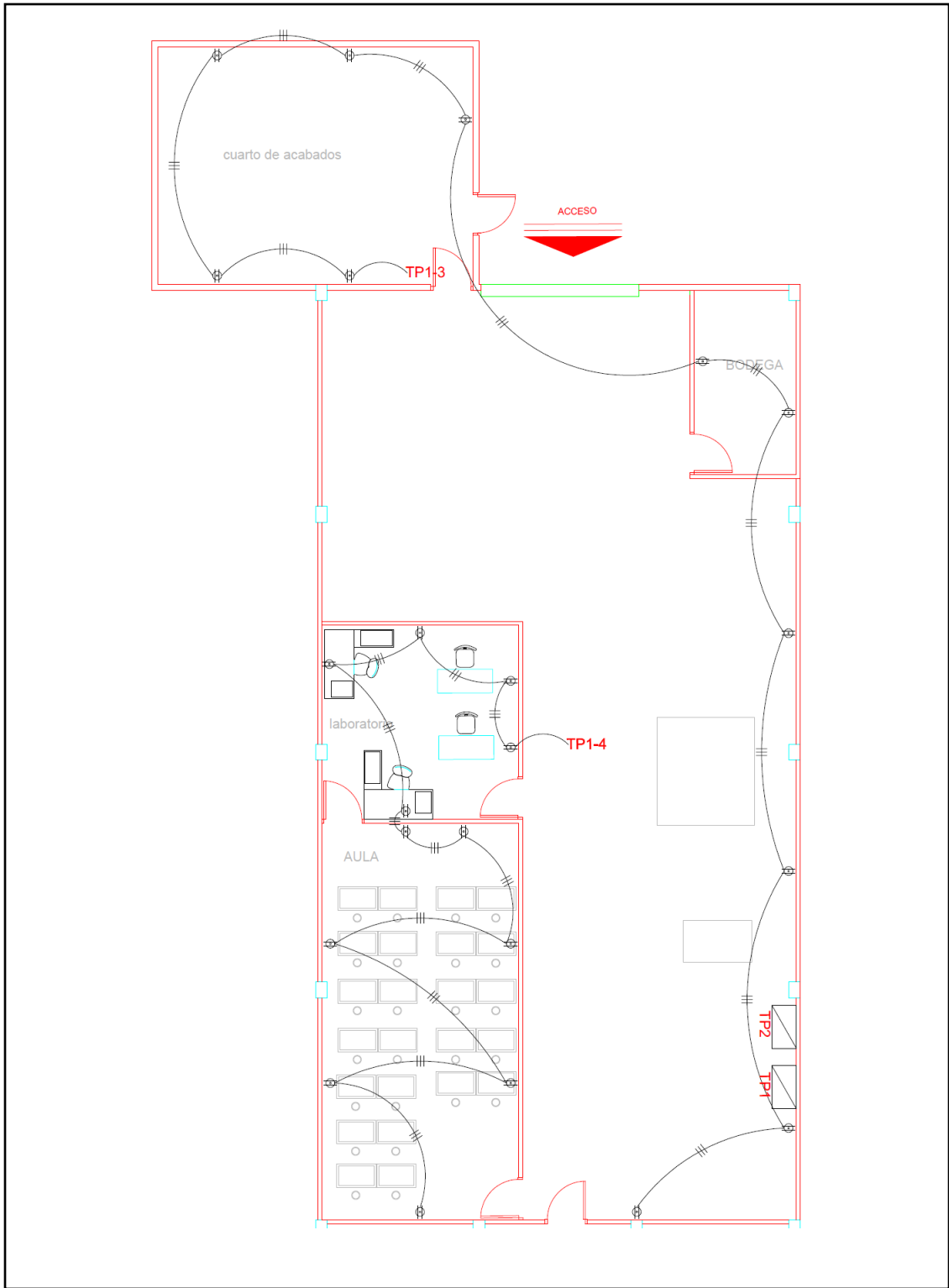


Fig 33. Plano de circuitos tomas generales Diseño Grafico  
Fuente propia

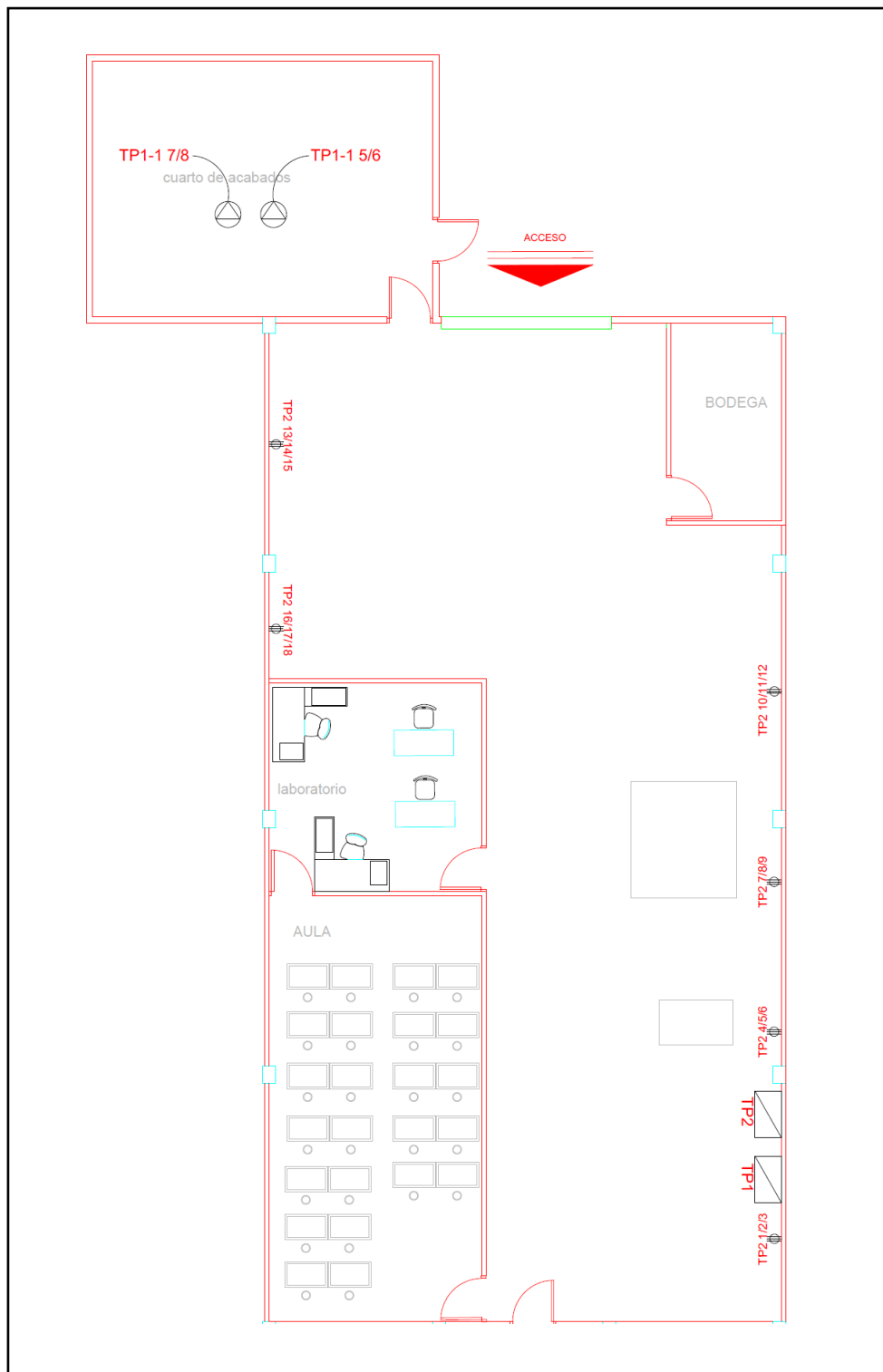


Fig 34. Plano de circuitos tomas especiales Diseño Grafico  
Fuente propia

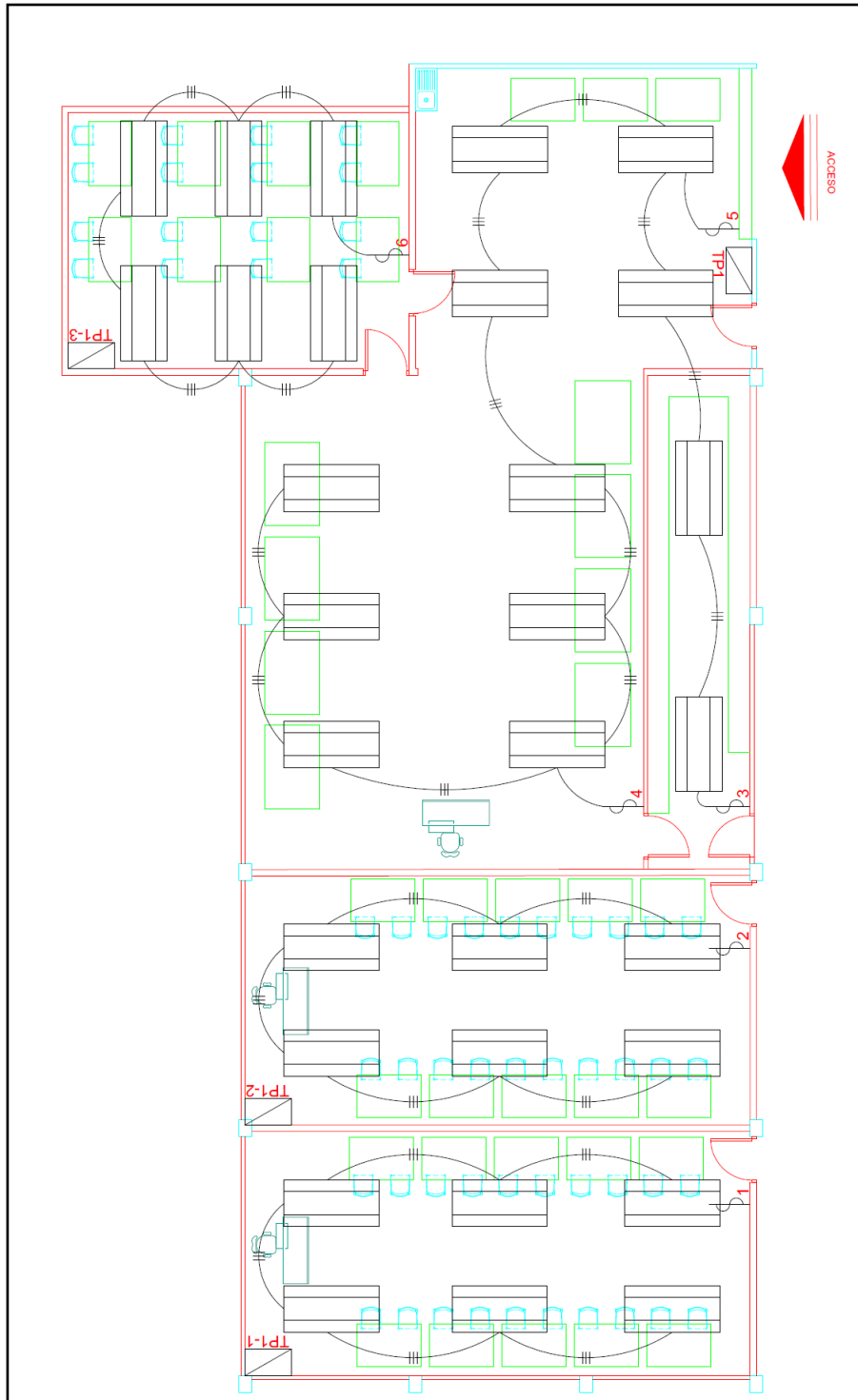


Fig 35. Plano de circuitos Iluminación Electrónica Industrial  
Fuente propia

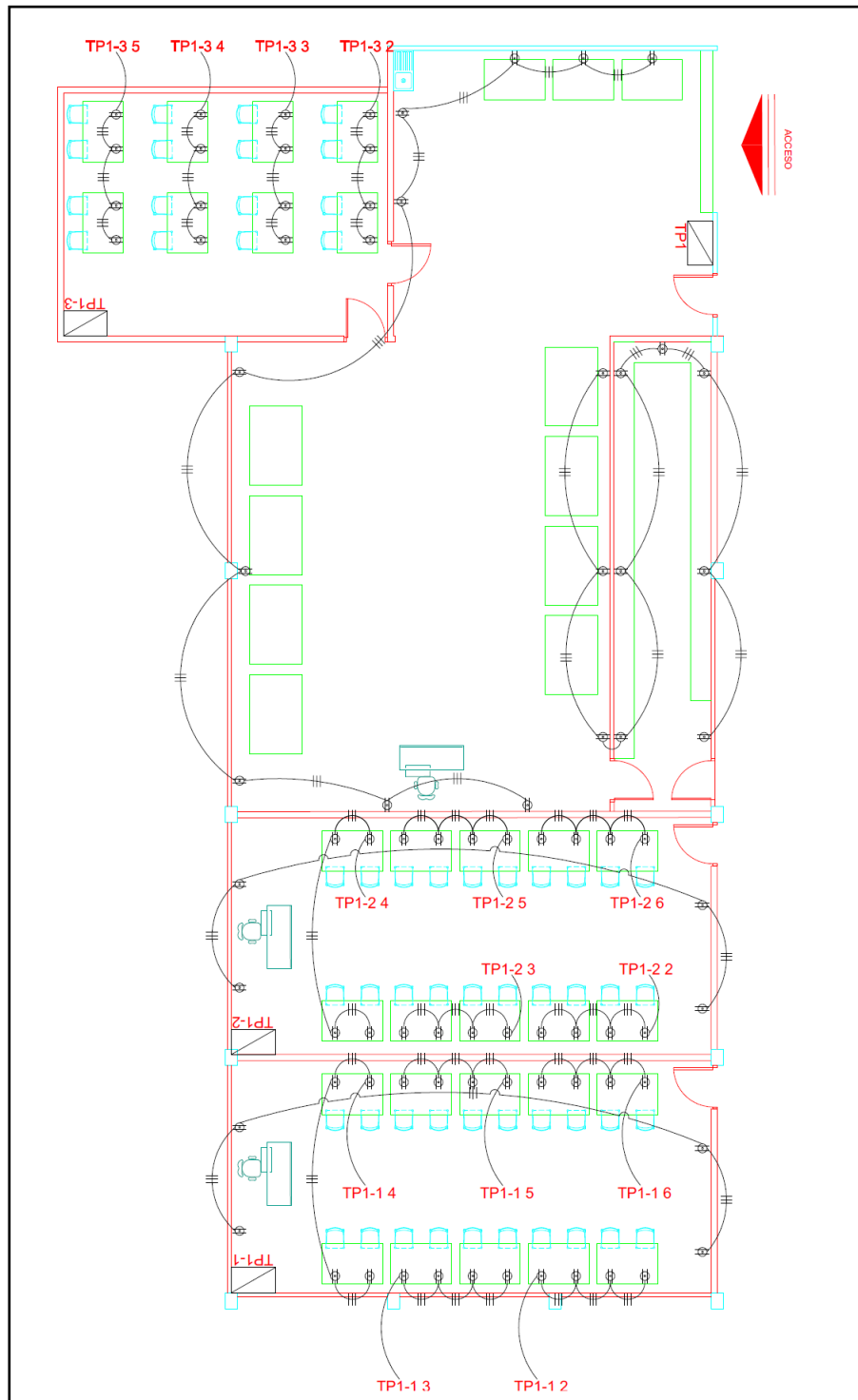


Fig 36. Plano de circuitos de tomas generales Electrónica Industrial Fuente propia

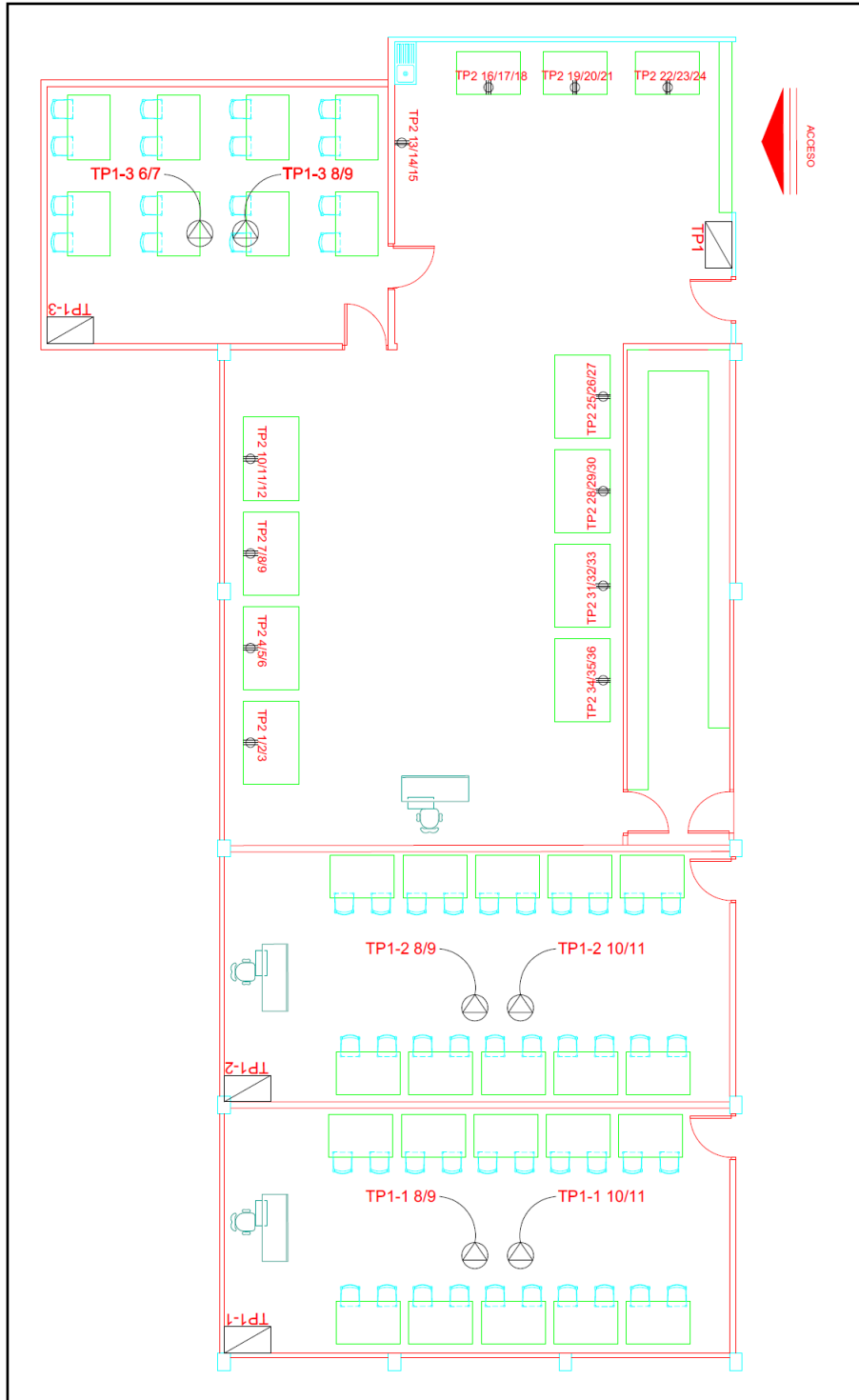


Fig 37. Plano de circuitos de tomas especiales Electrónica Industrial  
Fuente propia

## Diagramas unifilares

Los diagramas unifilares muestran cuál será la distribución de los tableros principales de cada taller y cuáles serán los tableros con los disyuntores principales para todos los talleres y ramales existentes. Las figuras 38 y 39 muestran dichos diagramas

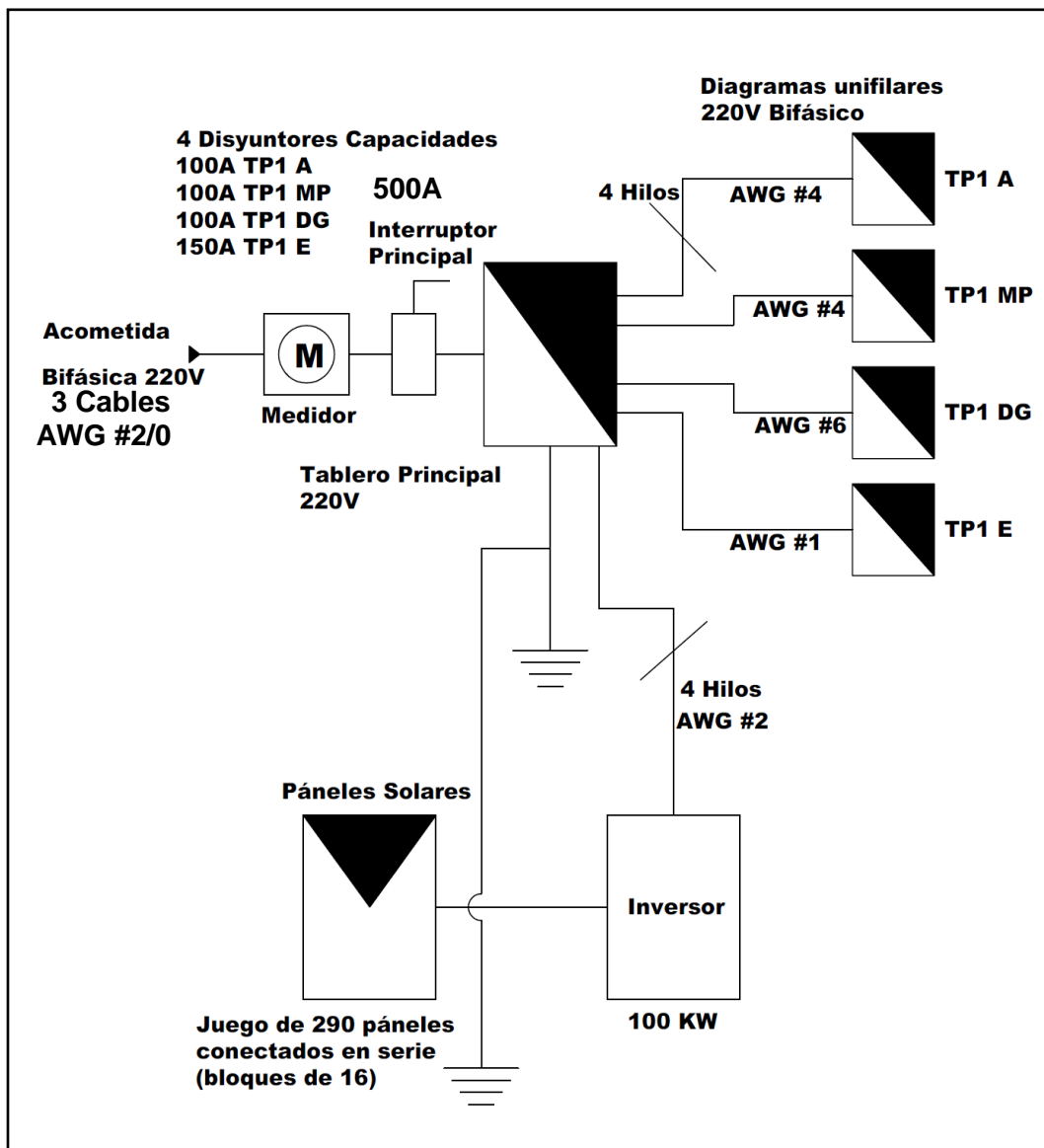


Fig 38. Diagrama unifilar sistema de 220V bifásico  
Fuente propia

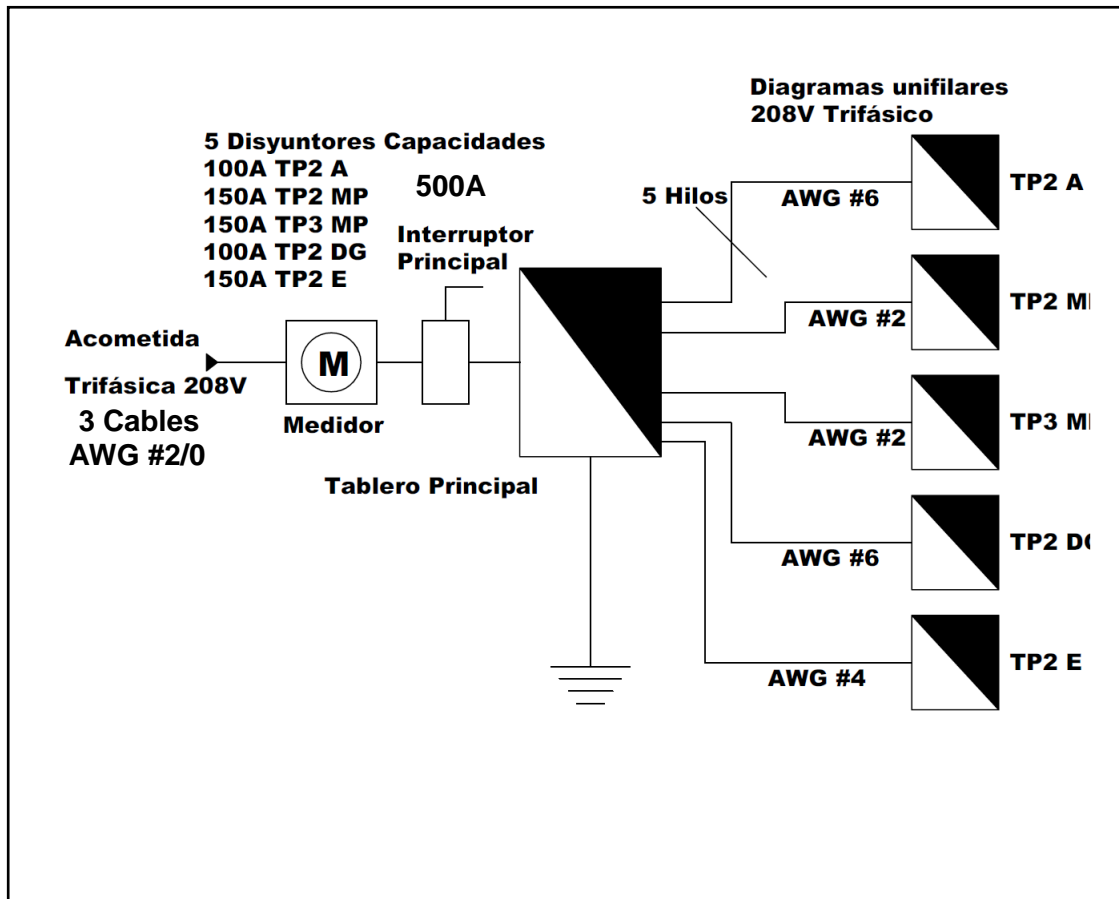


Fig 39. Diagrama unifilar sistema de 208V Trifásico Fuente propia

Al desarrollar todos los tableros de la distribución de la instalación eléctrica, los diagramas unifilares y los planos, se harán las hojas de cálculo para el correspondiente uso de los conductores y protecciones principales se tendrá en los tableros de distribución por acometida

## Memoria de cálculo del proyecto

### **Acometida 1 (Acometida servicio residencial a 220V trifilar):**

#### Alimentadores:

- Área o Taller de Mecánica Automotriz:

- Tablero TP1 A= 25150VA

Carga demandada=  $25150VA / 583,9m^2 = 43,06 VA/m^2$

$33 VA/m^2 * 100\%$  NEC 220.86

$10,07 VA/m^2 * 75\%$  NEC 220,86

Amperios totales  $23676VA / 240V = 98,65 A$

Cable # 2 AWG THHN CU a 75 °C NEC 310.16

Disyuntor principal 100 A NEC 240.6

Cable electrodo a tierra # 8 AWG THHN CU a 60°C NEC 250.66

- Tablero TP1-1 A= 15400VA

Carga demandada= 15400 al 125% carga continua

Sumatoria= 19250VA

Amperios totales  $19250 / 240V = 80 A$

Cable # 4 AWG THHN CU a 75 °C NEC 310.16

Disyuntor principal 100 A NEC 240.6

Cable electrodo a tierra # 8 AWG THHN CU a 60°C NEC 250.66

- Área o Taller de Mecánica Precisión:

- Tablero TP1 MP= 25274VA

Carga demandada=  $25274VA / 552,43m^2 = 45,75 VA/m^2$

$33 \text{ VA/m}^2 * 100\%$  NEC 220.86

$12,75 \text{ VA/m}^2 * 75\%$  NEC 220.86 9,56

Amperios totales  $23512 \text{ VA} / 240 \text{ V} = 98 \text{ A}$

Cable # 2 AWG THHN CU a  $75^\circ \text{C}$  NEC 310.16

Disyuntor principal 100 A NEC 240.6

Cable electrodo a tierra # 8 AWG THHN CU a  $60^\circ \text{C}$  NEC 250.66

➤ Tablero TP1-1 MP= 10300VA

Carga demandada= 10300 al 125% carga continua

Sumatoria= 12875VA

Amperios totales  $12875 / 240 = 54 \text{ A}$

Cable # 6 AWG THHN CU a  $75^\circ \text{C}$  NEC 310.16

Disyuntor principal 100 A NEC 240.6

Cable electrodo a tierra # 8 AWG THHN CU a  $60^\circ \text{C}$  NEC 250.66

• Área o Taller de Diseño Gráfico:

➤ Tablero TP1 DG= 16400VA

Carga demandada=  $16400 \text{ VA} / 340 \text{ m}^2 = 48,23 \text{ VA/m}^2$

$33 \text{ VA/m}^2 * 100\%$  NEC 220.86

$15,24 \text{ VA/m}^2 * 75\%$  NEC 220.86

Amperios totales  $15105 \text{ VA} / 240 \text{ V} = 63 \text{ A}$

Cable # 4 AWG THHN CU a  $75^\circ \text{C}$  NEC 310.16

Disyuntor principal 100 A NEC 240.6

Cable electrodo a tierra # 8 AWG THHN CU a  $60^\circ \text{C}$  NEC 250.66

• Área o Taller de Electrónica Industrial:

➤ Tablero TP1 E= 61950VA

Carga demandada=  $61950\text{VA} / 444,7\text{m}^2 = 139,30 \text{ VA/m}^2$

$33 \text{ VA/m}^2 * 100\%$  NEC 220.86

$106,30 \text{ VA/m}^2 * 75\%$  NEC 220.86

Amperios totales  $50131\text{VA}/240\text{V} = 208,88 \text{ A}$

2 Cables # 1 AWG THHN CU a  $75^\circ\text{C}$  en paralelo NEC 310.16

Disyuntor principal 250 A NEC 240.6

Cable electrodo a tierra # 6 AWG THHN CU a  $60^\circ\text{C}$  NEC 250.66

➤ Tablero TP1-1 E = 15400VA

Carga demandada= 15400 al 125% carga continua

Sumatoria= 19250 VA

Amperios totales  $19250/240 = 80 \text{ A}$

Cable # 4 AWG THHN CU a  $75^\circ\text{C}$  NEC 310.16

Disyuntor principal 100 A NEC 240.6

Cable electrodo a tierra # 8 AWG THHN CU a  $60^\circ\text{C}$  NEC 250.66

➤ Tablero TP1-2 E = 15400VA

Carga demandada= 15400 al 125% carga continua

Sumatoria= 19250 VA

Amperios totales  $19250/240 = 80 \text{ A}$

Cable # 4 AWG THHN CU a  $75^\circ\text{C}$  NEC 310.16

Disyuntor principal 100 A NEC 240.6

Cable electrodo a tierra # 8 AWG THHN CU a  $60^\circ\text{C}$  NEC 250.66

➤ Tablero TP1-3 E = 15400VA

Carga demandada= 15400 al 125% carga continua

Sumatoria= 19250 VA

Amperios totales  $19250/240 = 80 \text{ A}$

Cable # 4 AWG THHN CU a 75 °C NEC 310.16

Disyuntor principal 100 A NEC 240.6

Cable electrodo a tierra # 8 AWG THHN CU a 60°C NEC 250.66

- Alimentadores principales de la acometida

Carga total 25150 VA

25274 VA

16400 VA

61950 VA

128774 VA

Carga demandada=  $128774\text{VA} / 1000\text{m}^2 = 128,774\text{VA/m}^2$

$33\text{ VA/m}^2 * 100\% = 33\text{VA}$  NEC 220.86

$95,774\text{VA/m}^2 * 75\% = 71,830\text{VA}$  NEC 220.86

Amperios totales  $104830/240\text{V} = 436,79\text{ A}$

3 Cables # 2/0 AWG THHN CU a 75 °C en paralelo NEC 310.16

Disyuntor principal 500 A NEC 240.6

Cable electrodo a tierra # 4 AWG THHN CU a 60°C NEC 250.66

## Acometida 2 (Acometida servicio Industrial a 208V tetrafilar):

### Alimentadores:

- Área o Taller de Mecánica Automotriz:

- Tablero TP2 A= 28002VA

Carga demandada= 10000 al 100% NEC 220.44

18002 al 50% = 9001 VA

Sumatoria= 19001VA

Amperios totales  $19001/208 \cdot 1,73 \cdot 0,85 = 52$  A

Cable # 6 AWG THHN CU a 75 °C NEC 310.16

Disyuntor principal 100 A NEC 240.6

Cable electrodo a tierra # 8 AWG THHN CU a 60°C NEC 250.66

- Área o Taller de Mecánica precisión:

- Tablero TP2 MP= 57000VA

Carga demandada= 10000 al 100% NEC 220.44

47000 al 50% = 23500 VA

Sumatoria= 33500VA

Amperios totales  $33500/208 \cdot 1,73 \cdot 0,85 = 110$  A

Cable # 2 AWG THHN CU a 75 °C NEC 310.16

Disyuntor principal 150 A NEC 240.6

Cable electrodo a tierra # 8 AWG THHN CU a 60°C NEC 250.66

- Tablero TP3 MP= 57000VA

Carga demandada= 10000 al 100% NEC 220.44

47000 al 50% = 23500 VA

Sumatoria= 33500VA

Amperios totales  $33500/208*1,73*0,85= 110$  A

Cable # 2 AWG THHN CU a 75 °C NEC 310.16

Disyuntor principal 150 A NEC 240.6

Cable electrodo a tierra # 8 AWG THHN CU a 60°C NEC 250.66

- Área o Taller de Diseño Gráfico:

➤ Tablero TP2 DG= 28002VA

Carga demandada= 10000 al 100% NEC 220.44

18002 al 50% = 9001 VA

Sumatoria= 19001VA

Amperios totales  $19001/208*1,73*0,85= 52$  A

Cable # 6 AWG THHN CU a 75 °C NEC 310.16

Disyuntor principal 100 A NEC 240.6

Cable electrodo a tierra # 8 AWG THHN CU a 60°C NEC 250.66

- Área o Taller de Electrónica Industrial:

➤ Tablero TP2 E= 42000VA

Carga demandada= 10000 al 100% NEC 220.44

32000 al 50% = 16000 VA

Sumatoria= 26000VA

Amperios totales  $26000/208*1,73*0,85= 85$  A

Cable # 4 AWG THHN CU a 75 °C NEC 310.16

Disyuntor principal 100 A NEC 240.6

Cable electrodo a tierra # 8 AWG THHN CU a 60°C NEC 250.66

- Alimentadores principales de la acometida

Carga total	28002 VA	Amperios	totales	111002/240V=
	57000 VA			420,79 A
	57000 VA			3 Cables # 2/0 AWG THHN CU a 75
	28002 VA			°C en paralelo NEC 310.16
	<u>42000 VA</u>	Disyuntor principal	500 A	NEC
	212004 VA			240.6
Carga demandada=10000VA al 100%		Cable electrodo a tierra # 4 AWG		THHN CU a 60°C NEC 250.66
	202004 al 50%			NEC 220.44

En este proyecto no se requiere transformador ya que la acometida trifásica es un servicio dado por la compañía (JASEC) con un transformador de servicio en conexión en estrella el cual proporcionara un servicio de 208V por fase

En los centros de carga trifásicos se aplicará una protección por cada fase tal como lo establece la tabla NEC 430,37 y una salida por cada circuito, ya que en muchos de los casos no se conocen las cargas que se colocaran.

La caída de tensión está calculada con la siguiente formula:

Monofásica

$$\Delta V_{1\phi} = (2 \cdot R \cdot L \cdot I) / 1000$$

L= distancia de la carga en pies

R= resistividad del conductor Tabla 8  
NEC.

I= corriente monofásica por el cable

$$\Delta V_{1\phi\%} = \Delta V_{1\phi} / V_{alim}$$

Trifásica

$$\Delta V_{3\phi} = ((2 \cdot R \cdot L \cdot I) / 1000) \cdot 0,866$$

L= distancia de la carga en pies

R= resistividad del conductor Tabla 8  
NEC.

I= corriente monofásica por el cable

$$\Delta V_{3\phi\%} = \Delta V_{3\phi} / V_{alim}$$

Se desarrollara en el anexo 10 algunos ejemplos de cómo se desarrolló dicho apartado

## Diseño del sistema fotovoltaico

Para el diseño del sistema fotovoltaico se empleará un sistema conectado a la red, es decir, que entregará el excedente de energía a la red trifilar de 220V, pues son las cargas de consumo menos continuas, pero si las que generan un consumo mayor y como pudo verse ver en los antecedentes, la región donde se ubica el Colegio no tiene una incidencia solar adecuada o constante, ya que las condiciones climáticas podrían no ser favorables y no entregue la carga que se le está demandando. Por esa razón no se utilizará en el sistema tetrafilar de 208V el cual conecta todos los equipos industriales, como los tornos, fresadoras, compresores, pues proporciona cargas de uso constante y requieren una demanda más constante

Una conexión de un sistema de este tipo se muestra a continuación:

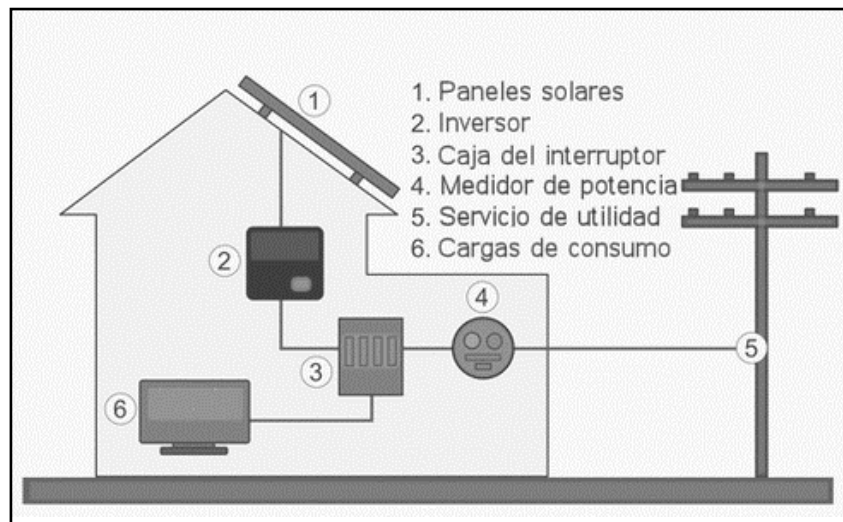


Fig 40. Conexión a la red de un sistema fotovoltaico  
Fuente "www.purasol.co.cr"

En este diseño, se estimará la cantidad de paneles para cubrir un 50% de la carga demandada, ya que, al ser un centro educativo su consumo es muy alto, pues la demanda de los artefactos eléctricos, sobre todo computadores y equipo audiovisual es casi constante y permanente tanto en el día como en la noche ya que se tiene con una sección nocturna.

Para ello se tomarán los datos calculados en las tablas de consumo y se desarrollará cuál sería un consumo promedio durante el año dentro de las instalaciones de los talleres del colegio y el uso durante las horas de trabajo tanto en el turno de día como de noche.

El cálculo de tiempo se determinó usando las jornadas de trabajo tanto de la jornada diurna como nocturna, además de diversos talleres que se llevan a cabo los días sábados y utilizan en algunas ocasiones recursos propios de los talleres trabajados

Lunes a viernes 8 horas en el día y 4 horas en la noche sumando 12 horas diarias y sábados en un promedio de uso de 6 horas, así que por semana el Colegio lo usaría 66 horas y un total de 264 horas mensuales.

Cuadro 8. Energía consumida por mes  
Fuente Propia

Elemento	Cantidad	Potencia	Horas por mes	Energía KW/h (mes)
Luminarias	119	100W	264	3,14
Computadores	88	250W	264	5.81
Varios	20	150 W	264	0,792
Equipos AC	8	5800W	264	12,24

Totales 219,82 KW/h  
 MW/h mes 50% 109,9 KW/h  
 Diferencia 109,9 KW/h  
 KW/H por día 50% 35,55 KW/h

La cantidad de paneles se definirán primeramente por el tipo, la marca y fabricante para poder obtener los datos técnicos de los paneles fotovoltaicos, dado que se tienen que usar para las fórmulas. Los paneles por utilizar son de marca Canadian Solar, modelo Maxpower CS6X-325P (Ver anexo 5).

Se debe tener la potencia por cubrir KW/h diarios, pues son los que se utilizan en la fórmula para la obtención de la cantidad de paneles a usar en este diseño y el brillo máximo o HSP se obtiene de la figura número 23, el cual indica el dato en la estación más cercana a la ubicación del Colegio, la cual sería INCSA en Agua Caliente Cartago.

HSP= 4,3 promedio

Para la cantidad de paneles solares, se tiene la siguiente fórmula:

$$NP = E / (0.9 * Wp * HSP)$$

Donde:

Np: Es el número de paneles solares necesarios

E: Es el consumo energético real

Wp: Es la potencia pico del panel

HPS: Son las horas pico solar

$$NP = (354,55KW/h \text{ día}) / (0.9 * 325W * 4,3HSP)$$

$$NP = 290 \text{ paneles solares.}$$

Se corrobora el dato para observar si puede proporcionar la potencia determinada con la siguiente formula:

$$290 \text{ paneles} * \text{potencia del panel } 325W = 94,25KW$$

Para obtener el consumo que generan estos módulos, la potencia total que entregan se multiplica por la irradiación del mes que se requiera y esto por la cantidad de días que tiene el mes. Este dato va a ser el consumo generado al mes. Por ejemplo, en febrero hay una irradiación al día de 5.8 HSP y este mes tiene 28 días. Entonces son  $94,25KW * 5.8hsp * 28 = 15,534 \text{ MW/h - mes}$ . Este procedimiento se sigue para todos los meses del año. Para obtener el consumo anual se suman los consumos generados de cada mes. Con este dato se procede

a compararlo con el consumo anual obtenido en la facturación eléctrica. En el siguiente cuadro se indican estos datos.

Cuadro 9. Potencia generada por módulos  
Fuente Propia

Mes	Brillo Solar (HSP)	Potencia entregada	Días mensuales	Energía entregada KW/h-mes
Enero	5,0	94,25 KW	31	146,1
Febrero	5,8	94,25 KW	28	155,3
Marzo	6,0	94,25 KW	31	175,3
Abril	5,1	94,25 KW	30	144,2
Mayo	4,0	94,25 KW	31	116,9
Junio	3,4	94,25 KW	30	961
Julio	3,4	94,25 KW	31	993
Agosto	3,8	94,25 KW	31	111
Setiembre	3,8	94,25 KW	30	107,4
Octubre	3,4	94,25 KW	31	993
Noviembre	3,9	94,25 KW	30	110,3
Diciembre	4,4	94,25 KW	31	128,5

Como se puede observar mantiene un promedio aceptable para lo que corresponde al diseño propuesto del 50% del consumo total del sistema trifilar 220V correspondiente a las cargas bifásicas de los talleres del Colegio.

La conexión de los paneles se realizaría con 16 paneles en serie conectados luego en sistemas paralelos tal como lo muestra la siguiente figura 41

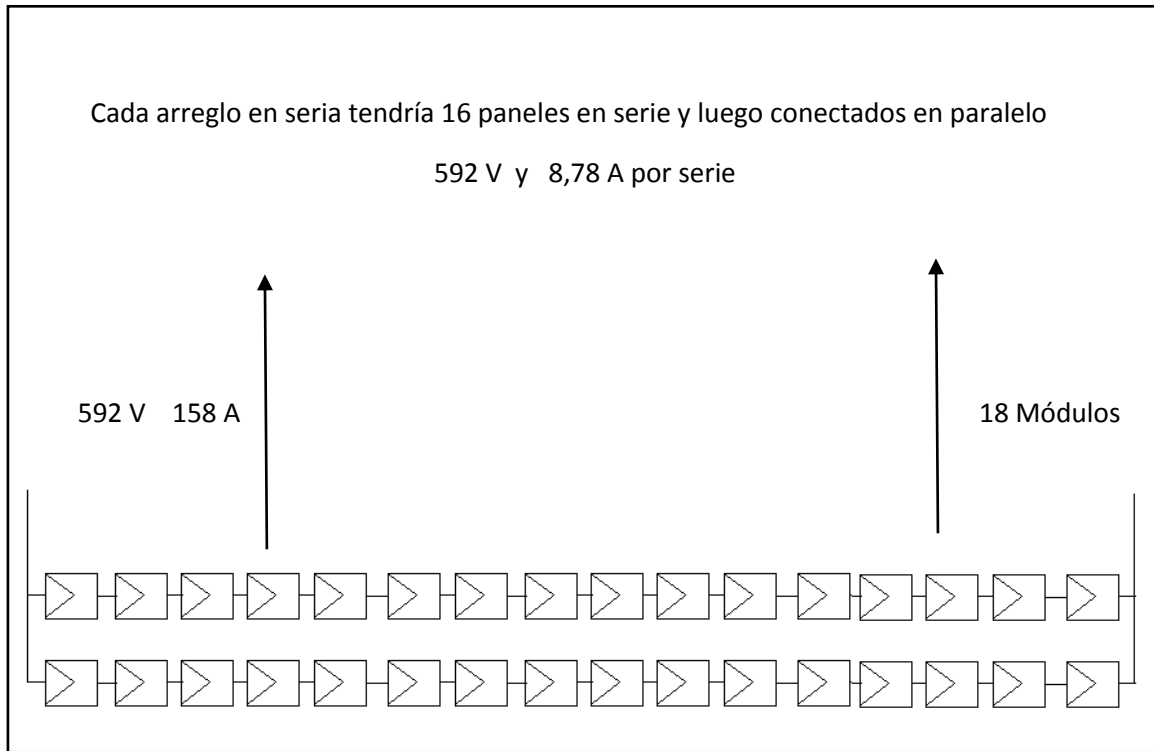


Fig 41. Conexión de los paneles solares

Fuente propia

Como se observa la conexión proporcionará una salida de voltaje de los 18 módulos conectados en serie, dando 592 V con una corriente de 158 A, cada arreglo de paneles ocupa un espacio de 1,91 m<sup>2</sup> que al unirse con todos los paneles tomaría una área de 553,9 m<sup>2</sup> y teniendo en cuenta los espacios dados por anclajes de los paneles y las estructuras para la colocación de estos se abarcaría unos 600 m<sup>2</sup>, por lo que el espacio disponible en el techo es suficiente para la conexión del sistema expuesto.

Finalmente se debe ubicar el inversor, el cual convertirá la energía generada por sistema fotovoltaico en corriente alterna suministrada al sistema trifilar bifásico, el cual fue el seleccionado para trabajar con dicho enlace de energía, no se requieren micro inversores ya que los mismo se tendrían que usar en cada uno de los paneles y para el diseño propuesto no se tiene el suficiente espacio para la colocación de cada uno de estos.

Para este sistema se estimó un inversor para el sistema fotovoltaico de 100 KW, modelo, PVS800-57-0100kW-A marca ABB con un voltaje máximo de entrada de 900 V, para convertir la energía generada y suministrarla al sistema. En la salida del inversor se tiene una corriente de 85 A, por lo que su interruptor principal será uno de 100 A, de acuerdo con lo especificado en la ficha técnica (ver anexo 6). El inversor entrega la energía generada por medio del disyuntor colocado en el tablero principal. En la siguiente figura se muestra un diagrama de conexión del inversor

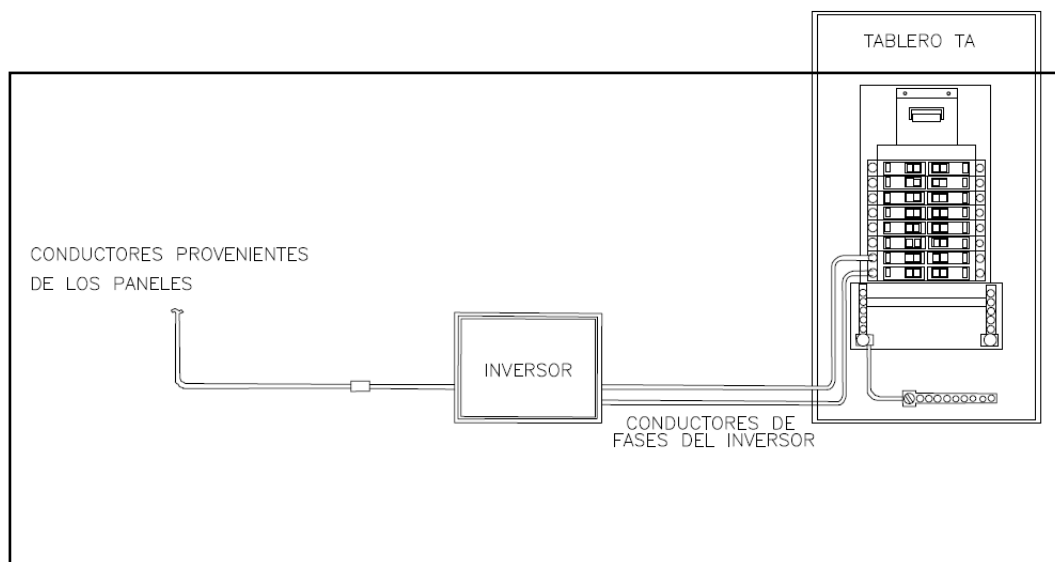


Fig 42. Conexión de los paneles solares al inversor  
Fuente "www.purasol.co.cr"

En la figura 38 se muestra el diagrama unifilar para la conexión del sistema de 220V bifásico con el sistema fotovoltaico.

De acuerdo con el artículo 690.47 del NEC, “Los sistemas con requisitos de puesta a tierra de corriente continua y corriente alterna deben cumplir con:

1. En los sistemas de alimentación fotovoltaica, el sistema de puesta tierra de corriente alterna (c.a) se debe unir al sistema de puesta tierra de la parte corriente continua (c.c).
2. Se debe instalar un electrodo de puesta tierra tanto para la parte c.a, c.c y también para el arreglo de paneles del sistema fotovoltaico.
3. Los conductores de puesta tierra de equipos no deben tener un calibre inferior al 14 AWG.

Por ello se colocará una varilla copperweld de 1,5 m tanto la sistema de corriente continua como al sistema de corriente alterna y estarán conectados en el tablero principal de la acometida 1 sistema trifilar bifásico 220V.

En lo que se refiere a la colocación de los paneles se realizará con soportes tipo riel de aluminio, se ubicará en el techo hacia los soportes de este utilizando elementos de sujeción con ganchos de percha para cada panel y clips para el

traslado de los cables, además que cada soporte estará conectado a un malla de tierra que protegerá el sistema de cualquier descarga atmosférica, a continuación se presentan los componentes a usar los detalles estarán ubicados en el anexo 7

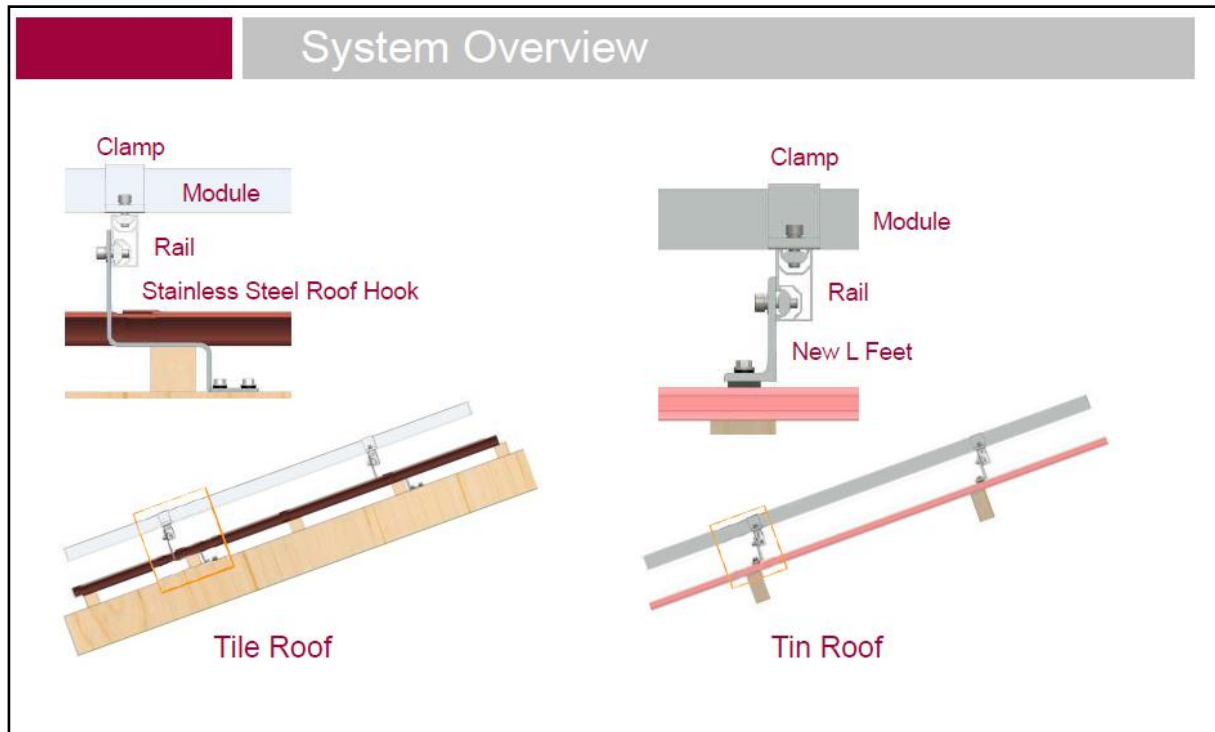


Fig. 43. Sistemas de anclaje  
Fuente "www.technosun.com"

### Cálculo del retorno de la inversión

Este cálculo se va a realizar utilizando precios obtenidos en las diferentes páginas de compañías que importan los productos al país y estableciendo un promedio para dichos productos, igualmente aplicando un 2 % de gastos administrativos, los cuales se proporcionan en diversas proformas encontradas en internet , además el

cálculo se planteará únicamente con el sistema fotovoltaico, ya que el diseño eléctrico de los talleres sería una recomendación de implantación, y como ya se tiene un sistema vigente, para implantar en un primer momento el sistema fotovoltaico. La inversión total se puede ver en la siguiente tabla:

Cuadro 10. Inversión del sistema fotovoltaico  
Fuente Propia

Elemento	Cantidad	Precio Unitario	Total
Panel solar	290	¢140.000	¢40.600.000
Estructuras para techo	290	¢75.000	¢21.750.000
Inversor	1	¢3.800.000	¢3.800.000
Cable conexión paneles	200mts	¢1.500	¢300.000
Equipo monitoreo	1	¢630.000	¢630.000
cable 2/0	200mts	¢7.775	¢1.555.000
varilla coperwell	2	¢9.950	¢19.900
interruptor principal	1	¢59.255	¢59.255
Subtotal			¢68.714.155
10% mano de obra			¢6.871.415
2% Gastos Administrativos			¢1.374.283
2% Imprevistos			¢1.374.283
Total inversión			¢78.334.136

Una vez obtenida esta información se desarrolla cuál sería el ahorro por la colocación del sistema, esto se realiza calculando el monto que no se pagaría a la JASEC por el concepto del servicio eléctrico por utilizar el sistema fotovoltaico vrs el que no usa el sistema el cual la información está en el cuadro 3 y así determinar cuál sería el flujo de efectivo que podría dar el proyecto para establecer ese ahorro y así ver el momento en el que la inversión inicial se recuperaría.

El ahorro es el monto que ya no se le va a pagar a la JASEC, el cual se determina con el cuadro 3, consumo en las dos acometidas de los talleres en un año, se

tomarán los datos de la acometida 1, la cual corresponde a la de los sistemas bifásicos 220V y al se desarrolló el proyecto como se calculó para el 50% de este se tendría un ahorro aproximado del 50% de dicha facturación, por lo cual los flujos de caja ahorrado se muestran en el cuadro 11

Cuadro 11. Ahorro estimado en colones con el proyecto fotovoltaico  
Fuente Propia

Año	Pago sin proyecto	Pago con proyecto	diferencia
1	18 130 495	9 065 247,5	9 065 247,5
2	19 037 019,75	9 518 509,875	9 518 509,875
3	19 988 870,74	9 994 435,369	9 994 435,369
4	20 988 314,27	10 494 157,14	10 494 157,14
5	22 037 729,99	11 018 864,99	11 018 864,99
6	23 139 616,49	11 569 808,24	11 569 808,24
7	24 296 597,31	12 148 298,66	12 148 298,66
8	25 511 427,18	12 7557 13,59	12 7557 13,59
9	26 786 998,54	13 393 499,27	13 393 499,27
10	28 126 348,46	14 063 174,23	14 063 174,23
11	31 009 299,18	15 504 649,59	15 504 649,59
12	32 559 764,14	16 279 882,07	16 279 882,07

Se obtienen la inversión inicial y el flujo de caja, el cual es el ahorro obtenido de la tabla anterior. Se procede a estimar el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR), para así dar a conocer la rentabilidad del proyecto. Esto se hace con las siguientes fórmulas:

$$VAN = -A + \frac{Q1}{(1+k)^1} + \frac{Q2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{Qn}{(1+k)^n}$$

Donde:

A: Desembolso inicial o costo de la inversión

Q: Flujos de caja (Ahorro – Pagos)

K: Tasa de descuento

$$TIR = + \frac{Q1}{(1+TIR)^1} + \frac{Q2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{Qn}{(1+TIR)^n} - A = 0$$

Donde:

A: Desembolso inicial o costo de la inversión

Q: Flujos de caja (Ahorro – Pagos)

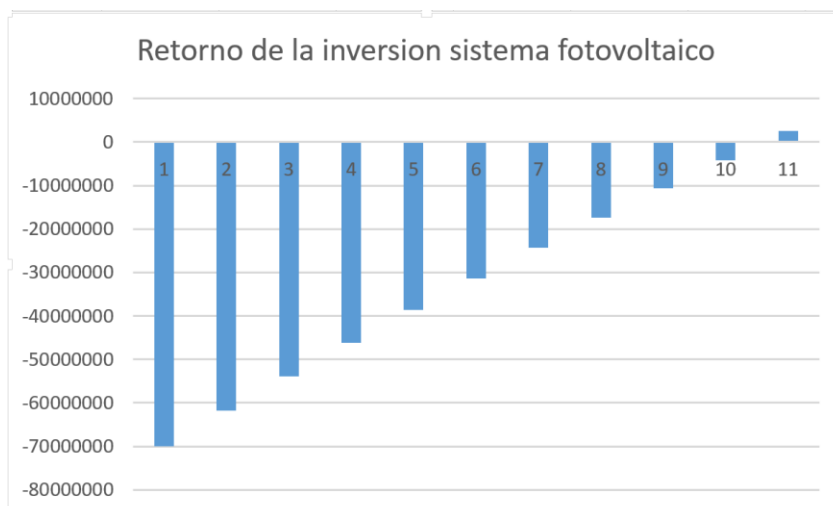
Es importante destacar que, debido a la complejidad del cálculo del VAN y la TIR, este se debe realizar haciendo uso Microsoft Excel. Se establece una tasa de interés de 8,0% Tasa Básica Pasiva. Se fija un periodo de doce años.

Cada año a partir del segundo se hace aumento de un 5% por v los cargos de energía de la JASEC, tal como se muestra en cuadro 11.

Para recuperar la inversión se necesitan 11 años. Resultan un VAN de 8 577 094, 81 y una TIR de 10% tal como lo muestra el cuadro 12.

Cuadro 12. Cálculo de VAN y TIR en EXCEL  
Fuente Propia

<b>Inversion inicial</b>	78334136	1		
<b>Flujo de gasto sin proyecto</b>		2	<b>diferencia de flujos</b>	4
1	18130495		INV IN	-78334136
2	19037020		1	9065248
3	19988871		2	9518510
4	20988314		3	9994435
5	22037730		4	10494157
6	23139616		5	11018865
7	24296597		6	11569808
8	25511427		7	12148299
9	26786999		8	12755714
10	28126348		9	13393499
11	31009299		10	14063174
12	32559764		11	15504650
			12	16279882
<b>Flujo de gasto con proyecto</b>		3	<b>VAN</b>	( $\$8.577.094,81$ )
1	9065248		<b>TIR</b>	10%
2	9518510		<b>Recuperacion</b>	80835619,71
3	9994435		<b>R/ se recupera en 11 años</b>	
4	10494157			
5	11018865			
6	11569808			
7	12148299			
8	12755714			
9	13393499			
10	14063174			
11	15504650			
12	16279882			



## Análisis de resultados

Se realizó un diseño separado por taller para la mejor ubicación ya sea de elementos y tableros, además se llevaron a cabo diversos cálculos para llegar a estimar la carga demandada del inmueble y así obtener el calibre de los conductores de la acometida y la capacidad en amperios de los diferentes interruptores que se tienen en los tableros de distribución principal; esto considerando tener un máximo de 3% de caída de tensión en la acometida y de 5% para los diversos circuitos ramales de cada uno de los talleres

En este documento se realizaron los cálculos para determinar las cargas de iluminación y tomacorrientes considerando como referencia el área de cada uno de los talleres y con la tabla 220.12 del NEC, quedando como lo muestra el cuadro 13

Cuadro 13. Calculo de potencia demandada por área

Fuente Propia

Taller	Área m <sup>2</sup>	KVA calculados
Mecánica Automotriz	383,9	12,67

Mecánica Precisión	332,43	10,97
Diseño Grafico	240	7,92
Electrónica Industrial	304,7	10,06

Respecto de los demás circuitos ya aplicando las tablas 220.82 del NEC y sumando todas las alimentaciones a los diversos tableros tenemos un consumo de 165,39 KVA para la acometida 1 la cual corresponde a la entrada de 220V bifilar, observando que se tiene un consumo calculado bastante alto, por ser un centro educativo además tiene gran cantidad de artefactos y dispositivos que generalmente se usa en gran cantidad de horas en el día, si lo comparamos con la tabla de pago de recibo eléctrico (cuadro 3) observamos que si, se aplica dicho consumo, ya que la JASEC maneja una tarifa de \$2060,74 por cada KW los primeros 200 K, puede notarse que el pago está acorde al consumo dado.

Se desarrollaron tableros principales por cada taller y anexos a estos tableros secundarios, sobre todo en las salas de cómputo, porque la recomendación del DIEE (dirección de infraestructura y equipamiento educativo) indica que cada sala de cómputo en un centro educativo deberá tener su propio centro de carga dentro del mismo recinto donde se ubican los equipos de cómputo.

Igualmente se establece que para las cargas trifásicas se establecerá un centro de carga separado y con protecciones por cada uno de los elementos a conectar con una protección por línea ya que dichos elementos estarán conectados a equipos como tornos y compresores que hacen que aplique una demanda que requiera un

suministro más constante para evitar cualquier problema dentro de los motores también se establece que dicha demanda corresponde a 131KVA similar al consumo de la acometida 1 la Bifásica 220V

Para el diseño fotovoltaico se realizaron cálculos para la estimación de la cantidad de paneles, lo cual dejó un total de 290 paneles, el espacio que se tiene corresponde a unos 1000m<sup>2</sup> quitando variaciones y anexos al techo que durante algunos años se han realizado se tiene el espacio suficiente, ya que los paneles comprenderán un espacio no mayor a 600m<sup>2</sup> queda suficiente espacio para la colocación de los paneles y accesorios que se requieran para el sistema, además con la cantidad de paneles y el cálculo realizado se puede tener un 50% de la producción de la acometida 1, dicha acometida posee un consumo cercano a 165KVA el 50% de dicha producción, sea, 82,5 kVA por ello el inversor seleccionado que es de 100KVA podrá soportar el consumo seleccionado y desarrollado en el sistema fotovoltaico

Los paneles se conectarán en serie en bloques de 16 paneles en serie y luego 18 sesiones en paralelo generando un total de 592 V y una corriente de 158 A obteniendo una potencia de 93,53 KW con la máxima exposición solar, al tener variaciones en la exposición solar por la ubicación del Colegio se puede considerar que entregará la energía suficiente para cubrir la demanda del 50% en la acometida 1 la cual fue la considerada para el diseño.

Los calibres de los conductores de la parte DC, se consideró el uso de cable AWG #12 para el tramo entre los paneles y para el trayecto entre las salidas de los arreglos de los paneles en serie y el inversor se consideró cable 2/0 por la cantidad de corriente por transmitir desde el arreglo de paneles al inversor, en el trayecto AC hacia el tablero principal de la acometida 1 se utilizó cable AWG #4.

En términos generales, el sistema fotovoltaico entrega la energía generada al sistema eléctrico y este tendrá un medidor bidireccional, el cual se encarga de realizar una resta entre la energía consumida de la red pública y la energía entregada a la red, que será lo que contabilice el ahorro.

Considerando los distintos materiales necesarios para la instalación eléctrica, tomando en cuenta la mano de obra y los imprevistos que se puedan generar en el proyecto, esto para calcular el VAN y la TIR y así conocer cuál sería la inversión inicial que se debe tener el costo total de la obra para la instalación del sistema fotovoltaico corresponde a  $\text{C}\$78\,334\,136$  y observando el ahorro que se tendrá que al ser un 50% del consumo reportado, se tendrá una recuperación de dicha inversión en 11 años por lo que el proyecto se considera rentable ya que la vida útil de los sistemas fotovoltaicos ronda los 25 años, lo cual proporcionaría más de 14 años donde el sistema de un ahorro sin tener que realizar pago por la inversión.

## Conclusiones

1. Tal como se logra evidenciar en el desarrollo del trabajo, se plantearon dos diseños, los cuales fueron realizados en su totalidad con el diseño eléctrico de cuatro talleres correspondientes a las especialidades industriales del Colegio por lo que se concluye que para realizar una adecuada distribución se colocan dos tableros principales con las protecciones pertinentes distribuidas en dos acometidas una de un servicio bifilar de 220V y otra de un servicio con una conexión de transformador externo proporcionado por la Compañía en estrella trifilar de 208V, y catorce tableros secundarios esto proporciona un ordenamiento adecuado de los diversos sistemas eléctricos que se tienen en dichos talleres, se corroboraron los consumos y los factores de uso de los diversos sistemas, los cuales son usados para desarrollar clases de manera práctica y con la seguridad pertinente en el área eléctrica y el sistema fotovoltaico que tendrá una captación de energía del 50% del consumo de la acometida 1 del sistema bifilar 220V, el cual

estará compuesto por 290 paneles y un inversor de 100KVA, los cuales se ubicaran en el techo de los talleres.

2. Se pudo obtener la facturación y realizar una comparación cuantitativa del gasto que se tendría en el Colegio con y sin el uso de un sistema fotovoltaico, y así determinar el ahorro tanto de consumo como de facturación hacia la red eléctrica de la JASEC, la cual da la alimentación de energía del colegio, en sus dos acometidas por lo que se concluye que el proyecto dará un ahorro adecuado, aunque sea un proyecto de un costo elevado.
3. Se pudo determinar que la zona geográfica donde está el Colegio es una zona que tiene una incidencia aceptable, aunque es de las zonas con menor incidencia de irradiación solar, medida desde la estación de INCSA en Agua Caliente de Cartago lugar cercano a la Institución, por lo que se concluye que puede cumplirse con los parámetros del diseño, tal vez la circunstancia de que podría afectar de mayor manera este parámetro son las inclemencias del tiempo, ya que la zona es propensa a mantener bancos de neblina entre otros elementos climatológicos .
4. Se logró determinar que el espacio que se tiene para la colocación de los diversos paneles solares es el idóneo ya que el techo en los talleres proporciona un espacio de  $1000\text{m}^2$  y los 290 paneles que se determinaron que se deben usar para cubrir el 50% del consumo de la acometida 1 bifilar

220V que ocupan un espacio cercano a los 600m<sup>2</sup> por lo se concluye que se tiene un lugar factible para colocar dichos paneles en la zona indicada.

5. Se determinó el VAN y TIR, teniendo una inversión inicial de ₡78 334 136, la cual se recupera en 11 años y proporciona más de 14 años de uso del proyecto sin pago de la inversión ya que los sistemas fotovoltaicos están diseñados para una duración de 25 años. Se concluye que posee una rentabilidad adecuada y es posible que se pueda desarrollar adecuadamente el proyecto.

## Recomendaciones

- Contratar a una empresa con experiencia en el campo de sistemas fotovoltaicos que proporcione una adecuada instalación de dichos sistemas y pueda hacerse cargo de los trámites, la instalación y su debido mantenimiento. Esto con el fin de que el proyecto obtenga el mejor desempeño posible.
- Es importante poseer conceptos básicos del uso del programa AutoCAD, pues con esta herramienta es más fácil para realizar todos los dibujos y planos correspondientes, a la construcción y distribución de los diseños eléctricos, tanto en la distribución de los componentes como el dibujo de los sistemas fotovoltaicos.

- Realizar un levantamiento de planos arquitectónicos realizados por un profesional para tener los diversos planos de los talleres del Colegio y se hagan adecuadamente mediciones y ubicaciones de elementos arquitectónicos, que tal vez por no tener conocimientos en el campo se pasaron por alto, ya que el Colegio no cuenta con dicha información ni planos y todas las construcciones se han hecho de manera desordenada y sin un ordenamiento adecuado.
- Al ser un centro educativo se recomienda que todos los centros de carga a utilizar tengan algún dispositivo de bloqueo o llave para poder bloquearlos en el momento que se considere pertinente y así salvaguardar la vida de los estudiantes que de manera inconsciente incurran en acciones indebidas con el uso de la corriente eléctrica.

## Bibliografía

- NFPA 70 (2008). National Electrical Code. , National Fire Protection Association, Quincy, MA.
- Roque Calero Pérez (2012). Centrales de energías renovables, PRENTICE-HALL.
- Msc Jairo Wright Gilmore (2006). Estudio del potencial Solar en Costa Rica, ICE.
- (2012) Series de Brillo Solar Costa Rica, IMN
- Giancarlo Sibaja Núñez(2017). Diseño Eléctrico de un sistema Fotovoltaico de una granja avícola, UIA
- (2017). Estudio del Potencial Solar en Costa Rica. Recuperado el 10 de setiembre 2017 de <http://www.acesolar.org/wp-content/uploads/2016/03/INFORMEFINALCONSULTORIA- SOLAR.pdf>
- Europe SunFields (2017). [www.sfe-solar.com](http://www.sfe-solar.com). Recuperado el 20 de setiembre 2017, de <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/instalaciones-fotovoltaicastipos-de-mantenimiento/>
- (2017). Estudios Solares. Recuperado el 20 de setiembre de 2017 de <http://www.sitiosolar.com>.
- (2017). Paneles solares. Recuperado el 25 de setiembre de 2017 de <http://www.energiza.org/solar-fotovoltaica/paneles-solares>.

- (2017). Diseños fotovoltaicos. Recuperado el 30 de setiembre de 2017 de <http://www.purasol.co.cr>.
- (2017). Paneles solares e inversores. Recuperado el 30 de setiembre de 2017 de <http://www.techsun.com>.
- (2017). Cálculos de caída de tensión. Recuperado el 30 de setiembre de 2017 de [http:// www.procables.com.co/programa-para-calculo-de-caida-de-tension.html](http://www.procables.com.co/programa-para-calculo-de-caida-de-tension.html).

## Anexos

### Anexo 1 Fotografías taller automotriz







Anexo 3 Fotografías taller diseño grafico



#### Anexo 4 Fotografías taller de electrónica industrial



## Anexo 5 Información de paneles solares








## MAXPOWER CS6X-310 | 315 | 320 | 325 P

The high quality and reliability of Canadian Solar's modules is ensured by 15 years of experience in module manufacturing, well-engineered module design, stringent BOM quality testing, an automated manufacturing process and 100% EL testing.

**25** years linear power output warranty

**10** years product warranty on materials and workmanship

### KEY FEATURES

-  Excellent module efficiency of up to 16.94 %
-  Outstanding low irradiance performance: 96.0 %
-  High PTC rating of up to 91.97%
-  IP67 junction box for long-term weather endurance
-  Heavy snow load up to 5400 Pa, wind load up to 2400 Pa

### MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES\*

ISO 9001:2008 / Quality management system  
 ISO/TS 16949:2009 / The automotive industry quality management system  
 ISO 14001:2004 / Standards for environmental management system  
 OHSAS 18001:2007 / International standards for occupational health & safety

### PRODUCT CERTIFICATES\*

IEC 61215 / IEC 61730: TÜV-Rheinland / VDE / KEMCO / MCS / CE / CEC AU / INMETRO  
 UL 1703 / IEC 61215 performance: CEC listed (US)  
 UL 1703: CSA / IEC 61701 ED2: VDE / IEC 62716: VDE / IEC 60068-2-68: SGS  
 Take-e-way / UNI 9177 Reaction to Fire: Class 1

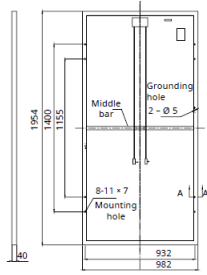


\* As there are different certification requirements in different markets, please contact your local Canadian Solar sales representative for the specific certificates applicable to the products in the region in which the products are to be used.

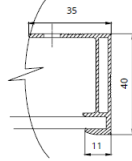
**CANADIAN SOLAR INC.** is committed to providing high quality solar products, solar system solutions and services to customers around the world. As a leading PV project developer and manufacturer of solar modules with over 15 GW deployed around the world since 2001, Canadian Solar Inc. (NASDAQ: CSIQ) is one of the most bankable solar companies worldwide.

## ENGINEERING DRAWING (mm)

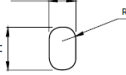
Rear View



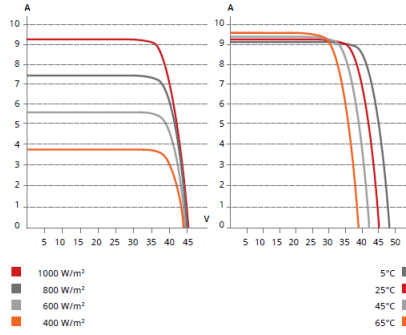
Frame Cross Section A-A



Mounting Hole



## CS6X-320P / I-V CURVES



## ELECTRICAL DATA | STC\*

CS6X	310P	315P	320P	325P
Nominal Max. Power (Pmax)	310 W	315 W	320 W	325 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	36.4 V	36.6 V	36.8 V	37.0 V
Opt. Operating Current (Imp)	8.52 A	8.61 A	8.69 A	8.78 A
Open Circuit Voltage (Voc)	44.9 V	45.1 V	45.3 V	45.5 V
Short Circuit Current (Isc)	9.08 A	9.18 A	9.26 A	9.34 A
Module Efficiency	16.16%	16.42%	16.68%	16.94%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C			
Max. System Voltage	1000 V (IEC) or 1000 V (UL)			
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730)			
Max. Series Fuse Rating	15 A			
Application Classification	Class A			
Power Tolerance	0 ~ + 5 W			

\* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m<sup>2</sup>, spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

## ELECTRICAL DATA | NOCT\*

CS6X	310P	315P	320P	325P
Nominal Max. Power (Pmax)	225 W	228 W	232 W	236 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	33.2 V	33.4 V	33.6 V	33.7 V
Opt. Operating Current (Imp)	6.77 A	6.84 A	6.91 A	6.98 A
Open Circuit Voltage (Voc)	41.3 V	41.5 V	41.6 V	41.8 V
Short Circuit Current (Isc)	7.36 A	7.44 A	7.50 A	7.57 A

\* Under Nominal Operating Cell Temperature (NOCT), irradiance of 800 W/m<sup>2</sup>, spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

## PERFORMANCE AT LOW IRRADIANCE

Outstanding performance at low irradiance, average relative efficiency of 96.0 % from an irradiance of 1000 W/m<sup>2</sup> to 200 W/m<sup>2</sup> (AM 1.5, 25°C).

The specification and key features described in this datasheet may deviate slightly and are not guaranteed. Due to on-going innovation, research and product enhancement, Canadian Solar Inc. reserves the right to make any adjustment to the information described herein at any time without notice. Please always obtain the most recent version of the datasheet which shall be duly incorporated into the binding contract made by the parties governing all transactions related to the purchase and sale of the products described herein.

Caution: For professional use only. The installation and handling of PV modules requires professional skills and should only be performed by qualified professionals. Please read the safety and installation instructions before using the modules.

## MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Poly-crystalline, 6 inch
Cell Arrangement	72 (6 x 12)
Dimensions	1954 x 982 x 40 mm (76.9 x 38.7 x 1.57 in)
Weight	22 kg (48.5 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame Material	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP67, 3 diodes
Cable	4 mm <sup>2</sup> (IEC) or 4 mm <sup>2</sup> & 12 AWG 1000V (UL), 1150 mm
Connector	T4-1000V or PV2 series
Per Pallet	26 pieces, 620 kg (1366.9 lbs)
Per Container (40' HQ)	624 pieces

## TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temp. Coefficient (Pmax)	-0.41 % / °C
Temp. Coefficient (Voc)	-0.31 % / °C
Temp. Coefficient (Isc)	0.053 % / °C
Nominal Operating Cell Temperature	45 ± 2 °C

## PARTNER SECTION



Scan this QR-code to discover solar projects built with this module



## Anexo 6 Información del inversor

### Inversores centrales ABB

#### Máxima energía e ingresos por inyección a la red

Los inversores centrales ABB hacen gala de un alto rendimiento. Con un control optimizado y preciso del sistema y un algoritmo de seguimiento del punto de potencia máxima (MPPT), se asegura que los módulos solares entreguen la máxima cantidad de energía a la red eléctrica. Esto hace que los usuarios finales obtengan los máximos ingresos posibles por la inyección subvencionada a red, una posibilidad que ofrecen ya muchos países.

#### Componentes ABB contrastados

Los inversores están provistos de componentes ABB contrastados, con un expediente intachable por su excelente rendimiento en aplicaciones exigentes y entornos duros. Estos inversores, dotados de una amplia protección eléctrica y mecánica, se han diseñado para proporcionar una vida útil prolongada y fiable durante un mínimo de 20 años

#### Diseño compacto y modular

Los inversores se han diseñado pensando en una instalación rápida y sencilla. El diseño industrial y la plataforma modular ofrecen una amplia gama de opciones,

como la monitorización remota, la conexión del bus de campo y los armarios de CC integrados. Los tiempos de entrega de los inversores, fabricados a medida y configurados conforme a las necesidades de los usuarios, son reducidos

#### Conectividad efectiva

Los inversores centrales ABB forman parte de una gama de inversores solares sin transformador que permite a los integradores de sistemas diseñar la central eléctrica combinando inversores de distintos tamaños y la conexión adecuada a la red.

En ciertas condiciones, la topología de los inversores centrales ABB permiten una conexión directa en paralelo en el lado CA, permitiendo que la energía eléctrica sea suministrada a la red a través de un solo transformador. Esto evita la necesidad de que cada inversor deba de tener su propio transformador, ahorrándose así en costes y espacio. Sin embargo, en sistemas donde deba conectarse a tierra el lado CC, se requiere siempre un transformador o un devanado del secundario dedicados para cada inversor.



#### Datos técnicos y tipos

	100 kW	250 kW	500 kW
<b>Código de tipo</b>	PVS800-57-0100kW-A	PVS800-57-0250kW-A	PVS800-57-0500kW-A
<b>Entrada (CC)</b>			
Potencia FV máx. recomendada ( $P_{FV}$ )	120 kW	300 kW	600 kW
Rango de tensión CC, mpp ( $U_{CC}$ )	450-750 V	450-750 V	450-750 V
Tensión CC máx. ( $U_{CC, max}$ )	900 V	900 V	900 V
Intensidad CC máx. ( $I_{CC, max}$ )	245 A	600 A	1200 A
Número de entradas CC protegidas (paralelo)	1 (+/-)	1 (+/-)	2 (+/-)
<b>Salida (CA)</b>			
Potencia de salida CA nominal ( $P_{CA}$ )	100 kW	250 kW	500 kW
Intensidad nominal CA ( $I_{CA, nom}$ )	195 A	485 A	965 A
Tensión de servicio de la red (+/- 10%) <sup>1)</sup>	300 V	300 V	300 V
Rango de funcionamiento, frecuencia de la red ( $f_{ca}$ ) <sup>2)</sup>	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz
Rizado de tensión, tensión FV ( $U_{FV}$ )	< 3%	< 3%	< 3%
Distorsión armónica de la intensidad de red ( $K_{I,ca}$ )	< 3%	< 3%	< 3%
Compensación del factor de potencia (cos $\phi$ )	Si	Si	Si
Estructura de la red	Red TN e IT	Red TN e IT	Red TN e IT
<b>Rendimiento</b>			
Rendimiento máx. ( $P_{CA, max}$ ) <sup>3)</sup>	97,7%	97,5%	97,5%
Euro-eta <sup>3)</sup>	96,7%	96,5%	96,5%
<b>Consumo de energía</b>			
Consumo propio en funcionamiento ( $P_{dis}$ )	< 0,5% $P_{CA, nom}$	< 0,5% $P_{CA, nom}$	< 0,5% $P_{CA, nom}$
Consumo en modo de espera ( $P_{standby}$ )	< aprox. 45 W	< aprox. 45 W	< aprox. 45 W
Tensión auxiliar externa	230 V, 50 Hz	230 V, 50 Hz	400 V, 50 Hz
<b>Dimensiones y peso</b>			
Altura/Anchura/Profundidad, mm (Al / An / P)	1030 / 2130 / 644	1800 / 2130 / 644	3030 / 2130 / 644
Peso aprox.	575 kg	950 kg	2000 kg

<sup>1)</sup> Este rango debe ajustarse específicamente a las normas nacionales.

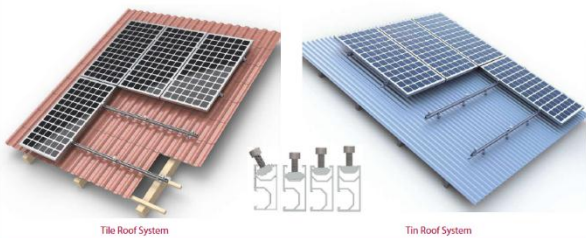
<sup>2)</sup> Este rango debe ajustarse específicamente a las normas nacionales.

<sup>3)</sup> Rendimiento medido sin consumo de energía auxiliar, a  $U_{CC}$  500 V.

# Anexo 7 Información de los anclajes para los paneles

**TECHNO SUN** PITCHED ROOF RACKING SYSTEM

PITCHED ROOF RACKING SYSTEM **TECHNO SUN**



## PITCHED ROOF RACKING SYSTEM



### Introduction

Pitched Roof Racking System designs with great flexibility both for commercial and residential roof solar system. It is suitable for installing framed and frameless modules flushed to the pitched roof. The product have the innovated design of rail and module make the installation more easily and quickly. High pre-assembly parts and customized solution to save your install time and money.

### Benefits

#### Easy Installation

Module can be put into Rail from any position, so the parts can be pre-assembled on factory to save your install time on site.

#### Flexibility and Compatible

Rail and its accessories can be installed with the most solar panels on the difference condition.

#### Safety and Reliability

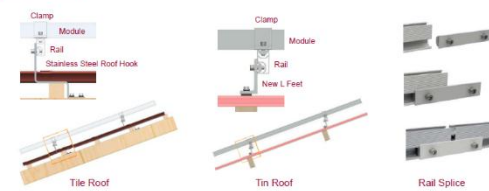
The racking systems can stand up to the extreme weather complied with the AS/NZS 1170 and other international structure load standards by skilled engineers. The main support components have also been tested to guarantee its structure and load-carrying capacity.

### Technical Information

Install Site	Pitched Roof
Tilt Angle	Flushed with the roof, up to 60deg
Building Height	up to 20m
Max Wind Speed	up to 60m/s
Snow Load	up to 1.4kN/m <sup>2</sup>
Standards	AS/NZS 1170 & DIN 1055 & Other
Material	Aluminum alloy & Stainless steel
Color	Natural
Anti-corrosive	Anodized
Warranty	Ten years warranty
Duration	More than 20 years

## COMPONENTS

### System Overview



### Rail

Item No.	Description
659.08.01.RAIL25	GD Rail with a standard length of 2560 mm Designed to mount 3 modules (width 838-825mm)
659.08.01.RAIL34	GD Rail with a standard length of 3465 mm Designed to mount 4 modules (width 838-825mm)
659.08.01.RAIL42	GD Rail with a standard length of 4200 mm Designed to mount 4 modules (width 990-996mm)
659.08.01.SPICE	Rail splice kit
659.08.01.HOOK_4	Hanger Bolt Hook 4# (Accessories M10x200 Feet & L-Hanger bolt)
659.08.01.IK-05	Aluminum Tin Interface Kit 5# (Accessories Wood Screw M6.3x80)
659.08.01.PC01	Plastic Cable Clip 1# (for wires)



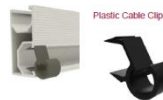
RAIL



RAIL SPICE



Hanger Bolt Hook



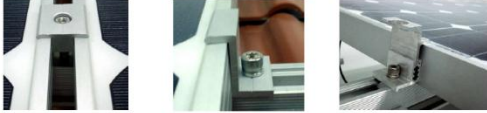
Plastic Cable Clip



Tin Interface Kit

## COMPONENTS

### Framed Module Clamp



Item No.	Description
<b>Inter Clamp Kit</b>	
659.08.01.INTER30	Inter Clamp Kit 30mm
659.08.01.INTER35	Inter Clamp Kit 35mm
659.08.01.INTER40	Inter Clamp Kit 40mm
659.08.01.INTER50	Inter Clamp Kit 50mm

End Clamp Kit	
659.08.01.END30	End Clamp Kit 30mm
659.08.01.END35	End Clamp Kit 35mm
659.08.01.END40	End Clamp Kit 40mm
659.08.01.END50	End Clamp Kit 50mm



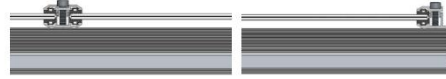
INTER CLAMP



END CLAMP

## COMPONENTS

### Frameless Module Clamp



Item No.	Description
659.08.01.INTER-IC	Thin Film Module Inter Clamp
659.08.01.END-EC	Thin Film Module Inter Clamp



INTER CLAMP



END CLAMP

## Anexo 8 Tarifa de la JASEC



DETALLE DE TARIFAS VIGENTES 2017					Temporada	N.A.	
VIGENCIA:		Domingo, 01 de octubre de 2017		hasta el (*)	Domingo 31 de diciembre de 2017		
PUBLICADAS:		Fecha:		Miércoles 27 de setiembre de 2017	Gaceta: 183		
Tipo de tarifa	ARESEP	JASEC	Clasificación JASEC	Descripción	Rango	Energía, KWh	Demanda, KW
T-RE	A		Servicio Permanente	Servicio Residencial: Se entiende por consumo residencial el servicio para casas y apartamentos de habitación que sirven exclusivamente de alojamiento permanente. No incluye áreas comunes de condominios, área de recreo, moteles, hoteles, cabinas de recreo, hospitales, hospicios, servicios combinados residencia - negocio, edificios de apartamentos servidos por un solo medidor, ni establecimientos relacionados con actividades lucrativas.	Primeros 30 KWh, Colones	2,060.40	
	C		Servicio Provisional		Más de 30 hasta 200KWh, ¢/KWh	68.68	
					Más de 200 KWh, ¢/KWh	84.06	

## Anexo 9 Cálculo de los tableros

Las luminarias se realizaron multiplicando la cantidad de luminarias por una potencia nominal de 100 W que aunque se use fluorescentes T8 de 36 W se calcula usando bombillos incandescentes, por algún cambio que se realice a futuro, como por ejemplo en la siguiente tabla

Elemento	Cantidad	Potencia consumida	Total
Luminarias	10	100	1000
Luminarias	7	100	700
Luminarias	12	100	1200

La sumatoria de los diferentes elementos de cada salida, que se presenta en cada uno de los cuadros se toma como 1500W por circuito como lo establece 210.52 b del NEC

## Anexo 10 Cálculo de la caída de tensión

Caída de tensión para una línea monofásica se calcula

Monofásica

$$\Delta V_{1\phi} = (2 \cdot R \cdot L \cdot I) / 1000$$

L= distancia de la carga en mts

R= resistividad del conductor Tabla 8 NEC.

I= corriente monofásica por el cable

$$\Delta V_{1\phi\%} = \Delta V_{1\phi} / V_{\text{alim}}$$

Por ejemplo en TP1-A

Datos

- 75 mts distancia del tablero de distribución
- 25150 VA de carga demandada
- 25150 VA/240= 104,79 A Consumo en corriente de TP1-A
- AWG 2 Tabla 8 NEC 0,661  $\Omega$ /m

$$\Delta V_{1\phi} = (2 \cdot 0,661 \Omega/m \cdot 75m \cdot 104,79A) / 1000 = 10,38V$$

$$\Delta V_{1\phi\%} = 10,38V / 240V \% = 4,33 \%$$

Se aprecia que está dentro de los parámetros establecidos que correspondería al 5% permisible; como es un cálculo muy repetitivo se establece formula en Excel y se determina todas las caídas de cada uno de los tableros monofásicos

Caída de tensión para una línea trifásica se calcula

Trifásica

$$\Delta V_{3\phi} = ((2 \cdot R \cdot L \cdot I) / 1000) \cdot 0,866$$

L= distancia de la carga en mts

R= resistividad del conductor Tabla 8 NEC.

I= corriente monofásica por el cable

$$\Delta V_{3\phi\%} = \Delta V_{3\phi} / V_{\text{alim}}$$

Por ejemplo en TP2

Datos

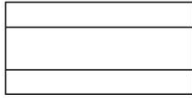
- 75 mts distancia del tablero de distribución
- 19001 VA de carga demandada
- $19001 \text{VA} / 240 = 79,17 \text{ A}$  Consumo en corriente de TP2-A
- AWG 6 Tabla 8 NEC  $1,053 \Omega/\text{m}$

$$\Delta V_{1\phi} = ((2 \cdot 1,053 \Omega/\text{m} \cdot 75 \text{m} \cdot 79,17 \text{A}) / 1000) \cdot 0,866 = 11,07 \text{V}$$

$$\Delta V_{1\phi\%} = 11,07 \text{V} / 240 \text{V} \% = 4,6\%$$

Se aprecia que está dentro de los parámetros establecidos que correspondería al 5% permisible; como es un cálculo muy repetitivo se establece formula en Excel y se determina todas las caídas de cada uno de los tableros trifásicos

## **SIMBOLOGÍA**



**LUMINARIA TIPO FLUORESCENTE CON TUBOS TIPO 8 CON DOS TUBOS POR LUMINARIA**



**TOMACORRIENTE MONOFÁSICO 120V**



**CENTRO DE CARGA O TABLEROS**



**TOMACORRIENTE TRIFÁSICO 208V**



**TOMACORRIENTE TRIFÁSICO 208V SUSPENDIDO DESDE EL CIELO RASO**



**SALIDAS ESPECIALES 220V**