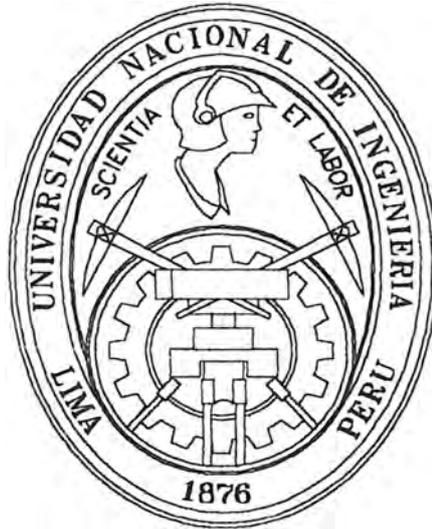


# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO HÍBRIDO  
EN TELECOMUNICACIONES FRENTE A UN SISTEMA DIESEL DE  
1,5 Kw CON EL CRITERIO DEL VALOR ACTUAL NETO”**

### **INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**PERCY EDUARDO BIELICH RIVERA**

**PROMOCIÓN 1998 - II**

**LIMA – PERÚ**

**2 002**



3.2.1.4 Interpretación del VAN	34
3.2.1.5 Representación gráfica	35
3.2.1.6 Ventajas	36
3.3. Presupuestos de Costos	
3.3.1. Definición	37
3.3.2. Costos de inversión	38
3.3.3. Costos de operación	39
<b>CAP. IV ANÁLISIS COMPARATIVO FRENTE AL SISTEMA DIESEL</b>	
4.1. Costos del sistema fotovoltaico híbrido	
4.1.1. Costos de Inversión	41
4.1.2. Costo de Operación	42
4.1.2.1 Estimación del tiempo de operación del G.E.	43
4.2. Costos del sistema Diesel.	
4.2.1. Componentes del sistema diesel	46
4.2.2. Costos de inversión	48
4.2.3. Costos de operación	49
4.3. Comparación en costos	57
4.4. Cálculo del Valor Actual	58
4.5. Impacto ambiental	59
4.6. Recomendaciones	60
<b>CONCLUSIONES</b>	64
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	66
<b>ANEXOS</b>	67

## PROLOGO

Respetar el medio ambiente es luchar contra los grandes problemas medioambientales que al menos se intenta minorar, en el transcurso de décadas anteriores se estudiaron formas para reemplazar el uso de elementos que generan contaminación del medio ambiente como es el caso de los combustibles fósiles como el petróleo, muy usado en sistemas de generación eléctrica. En este contexto, hace su incursión en el campo de la generación eléctrica el sistema fotovoltaico muy utilizado en zonas rurales; existen variantes del sistema fotovoltaico, tal es el caso del sistema híbrido fotovoltaico eólico e híbrido fotovoltaico diesel. Es precisamente del estudio del sistema híbrido fotovoltaico diesel que nos encargaremos en este informe de suficiencia, pero desde el punto de vista de los costos económicos, a través del criterio del valor actual neto, específicamente del VALOR ACTUAL, para este efecto lo compararemos con un sistema diesel en iguales condiciones de confiabilidad. En el segundo capítulo se incluye una descripción del sistema híbrido diesel con sus antecedentes, generalidades sobre conversión fotovoltaica, sus aplicaciones y ventajas; para que sea posible la comparación de estos dos sistemas de generación eléctrica

previamente revisaremos la teoría necesaria para evaluar proyectos mutuamente excluyentes, tal como lo haremos en el tercer capítulo.

Finalmente, evaluaremos de manera práctica ambos sistemas en función de la teoría revisada respecto del VALOR ACTUAL y se tratará brevemente del impacto ambiental del sistema Híbrido.

La realización de este informe de suficiencia no sería posible sin la ayuda y la experiencia necesaria del ing. Ernesto Altamirano Llanos y del ing. Rafael Espinoza, además, de la ayuda desinteresada de la Srta. Gloria Peña Ramírez que me dio la oportunidad de incursionar en empresas ligadas al mundo de los sistemas fotovoltaicos.



sistema híbrido fotovoltaico dieseloil. El análisis lo haremos desde el punto de vista del VALOR ACTUAL, variable dependiente del Valor Actual Neto, que usualmente es aplicada en casos críticos como es la elección entre equipos de larga o corta duración, como es nuestro caso, es decir, las máquinas o sistemas tienen un diseño distinto pero tienen idénticas capacidades y hacen el mismo trabajo. Para poder elegir una de las opciones, la única manera es haciendo el análisis sobre la base del costo; este estudio, no toma en cuenta los beneficios e ingresos de los sistemas a comparar para la generación de energía, solamente se toma en cuenta los costos de operación y mantenimiento.

## **CAPITULO 2**

### **DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO HÍBRIDO DIESEL**

#### **2.1 Definición**

Los sistemas híbridos combinan un sistema fotovoltaico con otro generador eléctrico diesel.

El sistema híbrido fotovoltaico dieseloil consiste en un arreglo fotovoltaico de 14,282 Watts pico, acoplado a un generador diesel de 14.4 Kw. El sistema cubre la cantidad “normal” de energía con el sistema fotovoltaico, el grupo electrógeno cumplirá dicha función, únicamente, cuando los arreglos fotovoltaicos, bajo condiciones climáticas desfavorables no puedan cargar los bancos de baterías. El arreglo carga un banco de baterías libre de mantenimiento y está diseñado para soportar las cargas del sitio sobre la base de la demanda promedio diaria.

#### **2.2 Antecedentes.**

La energía solar, como recurso energético, está constituida por las radiaciones electromagnéticas que emite el sol desde su superficie, la tierra intercepta una pequeña fracción de esta radiación solar que puede ser transformada directamente en energía eléctrica.

Einstein en 1905 proporciona la base teórica del fenómeno fotovoltaico ganando el premio Nóbel de Física.

La aplicación práctica de la conversión de la energía solar comenzó en 1954, cuando se hizo necesaria la creación de una fuente generadora de energía eléctrica que pudiese alimentar los circuitos eléctricos de los satélites espaciales sin recurrir al uso de combustible y con una vida útil de larguísima duración.

En 1972 comienzan las primeras aplicaciones terrestres del fenómeno fotovoltaico. Al expandirse el mercado del consumo se produce una reducción inicial drástica del precio de los paneles solares (más de 100 veces desde su debut espacial), a pesar de ello hay lugares en el planeta que carecen de electricidad por no haberse hecho extensivo el uso de los sistemas fotovoltaicos.

El Perú cuenta con un importante potencial energético solar e hidráulico, si embargo, existen bastas zonas rurales que carecen de sistemas de electrificación; en este contexto, surge la generación fotovoltaica como una alternativa de solución para este problema, se espera que en unos pocos años se haga posible el uso masivo de sistemas fotovoltaicos y con ello se logre un desarrollo sostenible en amplias zonas del Perú a costos accesibles.

## 2.3. Generalidades sobre conversión fotovoltaica

### 2.3.1 El efecto fotovoltaico

Los módulos se componen de celdas solares de silicio ( o fotovoltaicas). Estas son semiconductoras eléctricas debido a que el silicio es un material de características intermedias entre un conductor y un aislante.

Presentados normalmente como arena, mediante métodos adecuados, se obtiene el silicio en su forma pura, el cristal de silicio puro no posee electrones libres y por lo tanto resulta un mal conductor eléctrico. Para cambiar esto, se le agregan porcentajes de otros elementos. Este proceso se denomina **dopado**. Mediante el dopado de silicio con Fósforo se obtiene un material con electrones libres o material con portadores de carga negativa ( silicio tipo N ). Realizando el mismo proceso pero agregando Boro en lugar de fósforo, se obtiene un material de característica inversa; esto es déficit de electrones o material con cargas positivas libre o huecos ( silicio tipo P ).

Cada celda solar se compone de una delgada capa de material tipo N y otra de mayor espesor de material tipo P ver **figura 1**.

Ambas capas separadas son eléctricamente neutras, pero al ser unidas, justamente en la unión (P-N), se genera un campo eléctrico

debido a los electrones libres del silicio tipo N que ocupan los huecos de la estructura del silicio tipo P.

Al incidir la luz sobre la celda fotovoltaica, los fotones que la integran chocan con los electrones de la estructura de silicio dándoles energía y transformándolos en conductores. Debido al campo eléctrico generado en la unión (P-N), los electrones son orientados fluyendo de la capa P a la capa N.

Mediante un conductor externo, se conecta la capa negativa a la positiva generándose así un flujo de electrones ( corriente eléctrica ) en la conexión. Mientras la luz siga incidiendo en la celda el flujo de electrones se mantendrá.

La intensidad de la corriente generada variará proporcionalmente según la intensidad de luz incidente.

Cada módulo fotovoltaico se conforma de una determinada cantidad de celdas conectadas en serie. Como vimos anteriormente, al unirse la capa negativa de una celda a la positiva de la siguiente, los electrones fluyen a través de los conductores de una celda a la otra, este flujo se repite hasta llegar a la última celda del módulo, de la cual fluyen hacia el acumulador o batería.

Cada electrón que abandona el módulo es reemplazado por otro que regresa del acumulador o batería. El cable de la interconexión entre el módulo y batería contiene el flujo, de manera tal que cuando un electrón abandona la última celda del módulo y se dirigen hacia la batería, otro electrón ingresa a la primera celda desde la batería.

Es por esto, que se considera inagotable a un dispositivo fotovoltaico. Produce energía eléctrica como respuesta a la energía lumínica que ingresa en el mismo.

Cabe aclarar que una celda fotovoltaica no puede almacenar energía eléctrica.

### **2.3.2 Tipos de Celda:**

Existen tres tipos de celdas; dependiendo su diferenciación según el método de fabricación.

**Silicio Monocristalino:** Estas celdas se obtienen a partir de barras cilíndricas de silicio monocristalino producida en hornos especiales. Las celdas se obtiene por cortado de las barras en forma de **obleas** cuadradas delgadas (0,4- 0,5 mm de espesor); su eficiencia en conversión de luz solar en electricidad es superior al 12%.

**Silicio Policristalino:** Estas celdas se obtienen a partir de bloques de silicio obtenido por fusión de trozos de silicio puro en moldes

especiales. En los moldes, el silicio se enfría lentamente, solidificándose. En este proceso los átomos no se organizan en un único cristal. Se forma una estructura policristalina con superficies de separación entre los cristales. Su eficiencia en conversión de luz solar en electricidad es algo menor a las de silicio monocristalino.

**Silicio Amorfo:** Estas celdas se obtienen mediante la deposición de capas muy delgadas de silicio sobre superficies de vidrio o metal. Su eficiencia en conversión de luz solar en electricidad varía entre un 5 y un 7%.

### 2.3.3 Curva de corriente vs tensión ( curva I- V )

La representación típica de la característica de salida de un dispositivo fotovoltaico (celda, módulo, sistema) se denomina curva corriente tensión. La corriente de salida se mantiene prácticamente constante dentro del rango de tensión de operación y, por lo tanto el dispositivo se puede considerar como una fuente de corriente constante y en este rango (**figura 2**) la corriente y tensión a la cual opera el dispositivo fotovoltaico están determinadas por la radiación solar incidente, por la temperatura del ambiente y por la características de la carga conectadas al mismo.

Los valores trascendentes de esta curva son : **Corriente de corto circuito (  $I_{cc}$  )** : Máxima corriente que puede entregar un dispositivo bajo condiciones determinadas de radiación y temperatura correspondiendo a tensión nula y consecuentemente a potencia nula. **Tensión de circuito**

**abierto (  $V_{ca}$  ):** Máxima tensión que puede entregar un dispositivo bajo condiciones determinadas de radiación y temperatura correspondiendo a circulación de corriente nula y consecuentemente a potencia nula.

**Potencia Pico (Pmp):** es el máximo valor de potencia que puede entregar el dispositivo, corresponde el punto de la curva en el cual el producto  $V \times I$  es máximo.

**Corriente a máxima potencia ( $I_{mp}$ ):** corriente que entrega el dispositivo a potencia máxima bajo condiciones determinadas de radiación y temperatura, se la utiliza como corriente nominal del mismo.

**Tensión a máxima potencia ( $V_{mp}$ ) :** Tensión que entrega el dispositivo a potencia máxima bajo condiciones determinadas de radiación y temperatura. Se la utiliza como tensión nominal del mismo.

FIGURA N°1 COMPOSICIÓN DE LAS CELDAS SOLARES

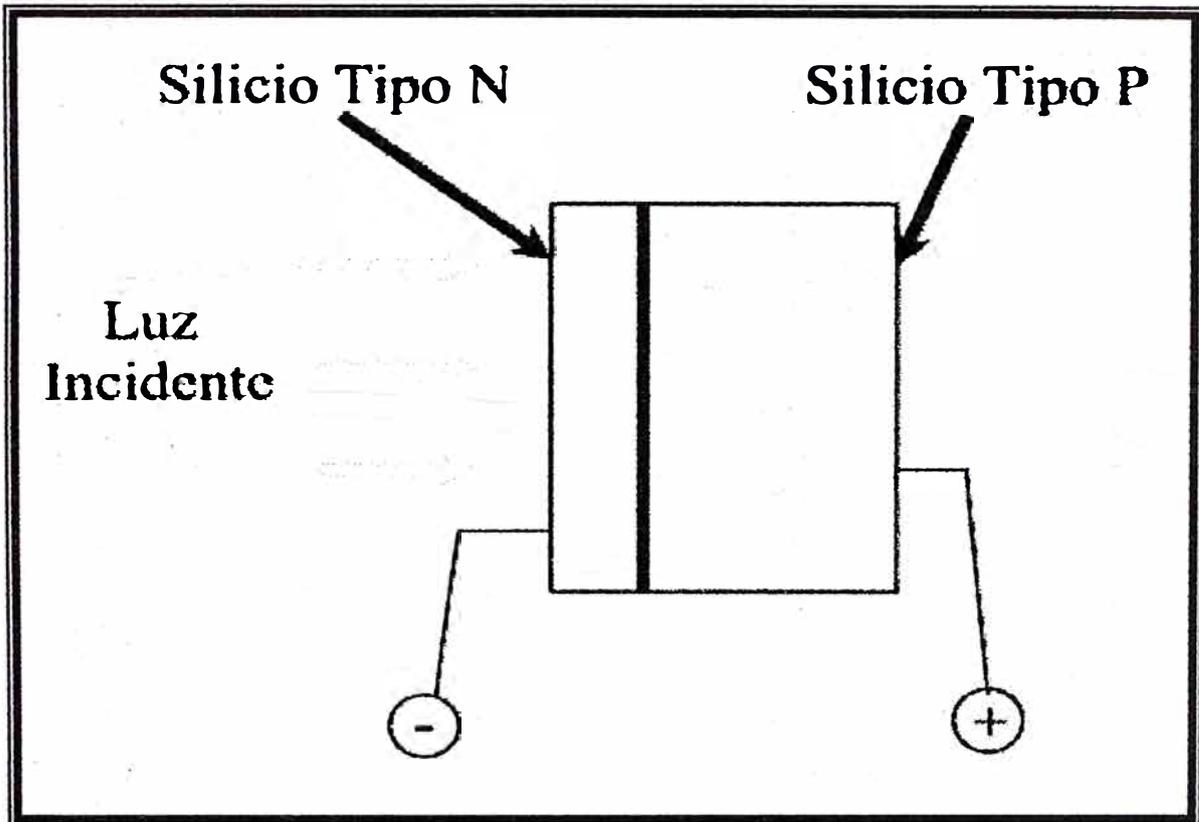
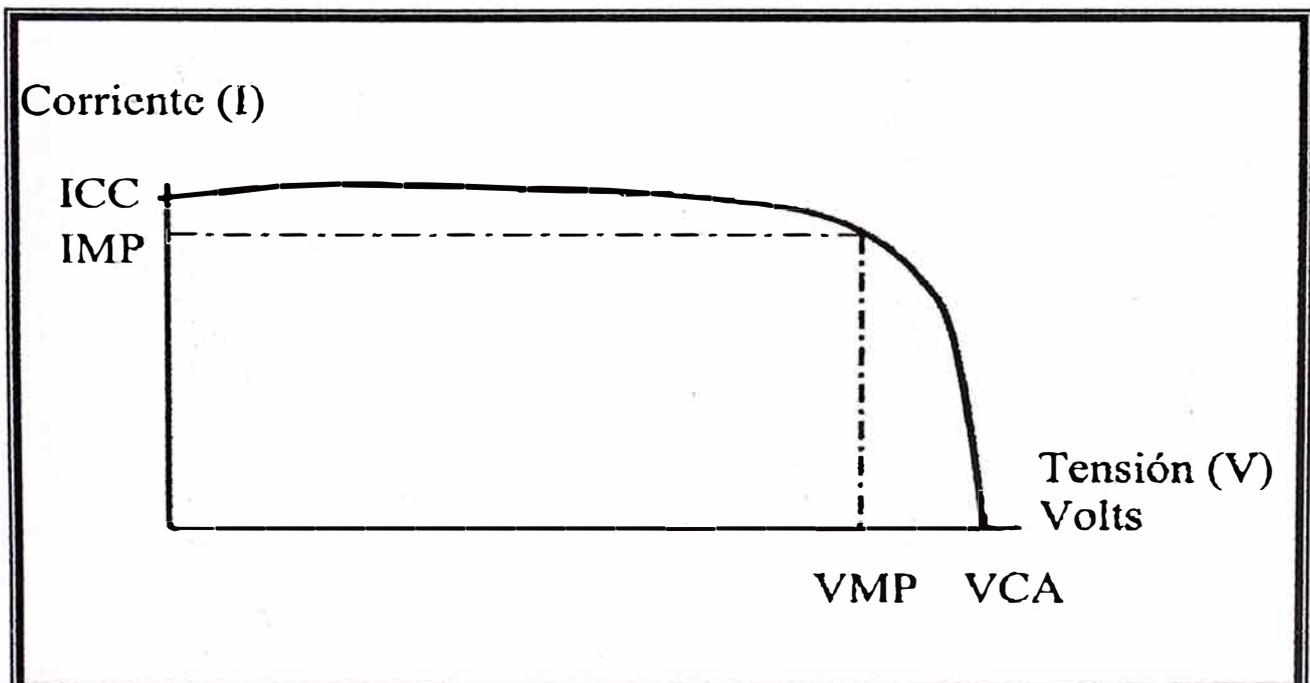
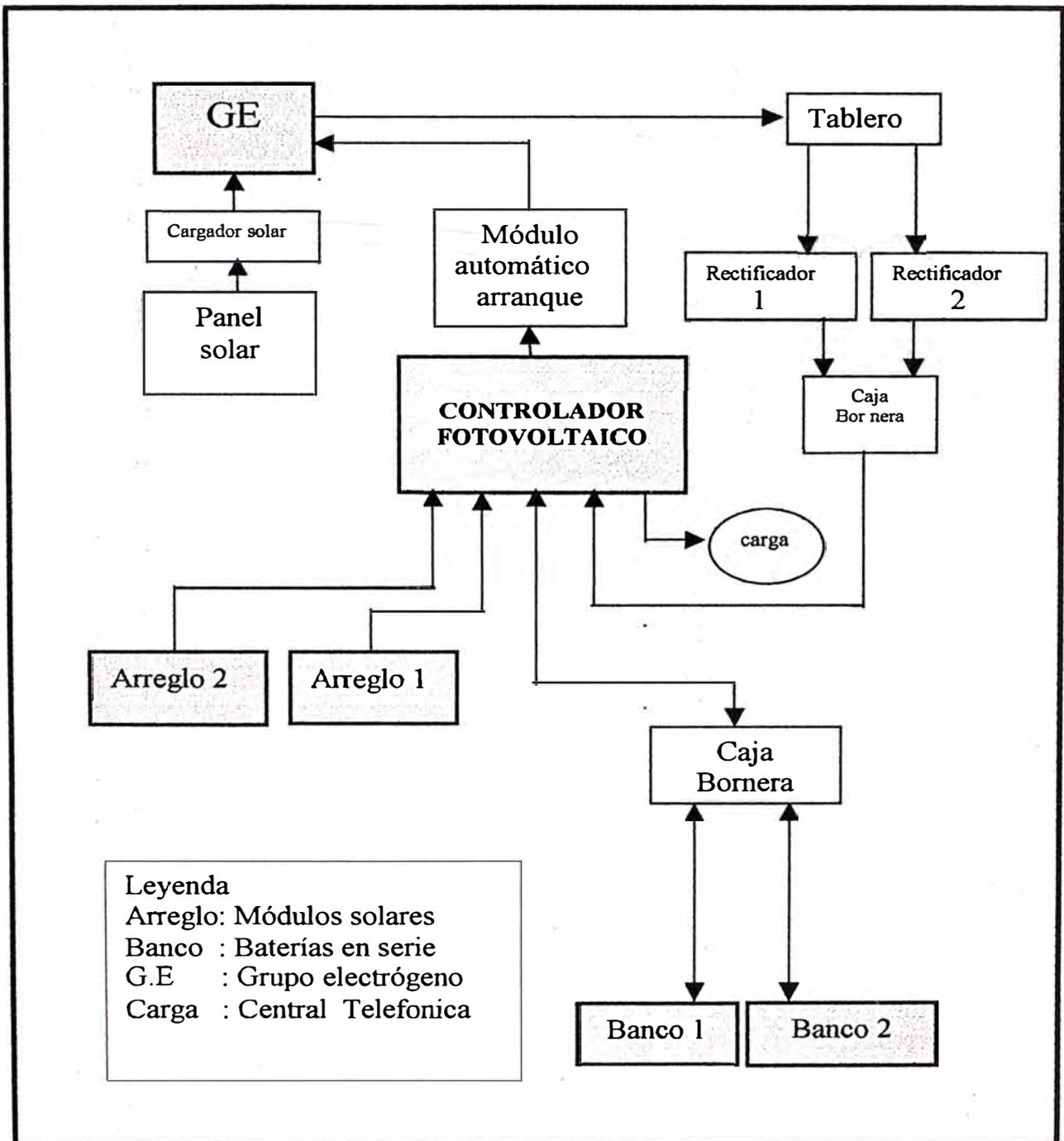


FIGURA N° 2 CURVA DE CORRIENTE vs TENSIÓN



#### 2.4. Componentes del sistema híbrido fotovoltaico diesel

Figura 3 Diagrama de bloques del sistema híbrido diesel



### **2.4.1. Módulos solares fotovoltaicos-**

Generan el voltaje y corriente requeridos por la carga. El módulo fotovoltaico está compuesto por celdas individuales conectadas en serie, este tipo de conexión permite adicionar tensiones (voltajes); la tensión nominal del módulo será igual al producto del número de celdas que lo componen por la tensión de cada celda (aproximadamente 0,5 Volts). Generalmente se producen módulos formados por 30,32,33 y 36 celdas en serie, según la aplicación requerida.

Se busca otorgarle al módulo rigidez en su estructura, aislación eléctrica y resistencia a los agentes climáticos, por esto, las celdas conectadas en serie son encapsuladas en un plástico elástico (Etilvinilacelato) que hace las veces de aislante eléctrico, un vidrio templado de bajo contenido de hierro en la cara que mira al sol, y una lámina plástica multicapa ( poliéster) en la cara posterior. En algunos casos el vidrio es reemplazado por una lámina de material plástico transparente.

El módulo tiene un marco que se compone de aluminio o de poliuretano y cajas de conexiones a las cuales llegan los terminales positivo y negativo de la serie de celdas. En las borneras de las cajas se conectan los cables que vinculan el módulo al sistema.

Sobre los módulos deben medirse y observarse: características eléctricas operativas, aislación eléctrica (a 3000 Volt de C.C), resistencia al impacto, resistencia a la tracción de las conexiones, resistencia a la niebla salina y a la humedad del ambiente, comportamiento a temperaturas elevadas por tiempos prolongados (100 C° durante 20 días), estabilidad al ciclado térmico (-40 C° a + 90 C°) en ciclos sucesivos.

Su potencia depende de la intensidad de la radiación solar incidente, de la composición espectral de la radiación y de la temperatura de las celdas solares. Los paneles solares poseen una vida útil de 20 a 25 años, desde antes de los cuales su rendimiento decae.

#### 2.4.2. Unidad de Control

Tiene por finalidad producir el acople correcto entre el panel, la acumulación y la carga (aplicaciones), posee además fusibles Protectores. Cumple las siguientes funciones:

- a) Protege las baterías de los riesgos de sobrecarga y descarga profunda, regulando la entrada de corriente que proviene del panel a la batería y, la salida de corriente de la batería hacia la carga, evitando que la batería se sobrecargue o que trabaje con voltajes por debajo de lo permitido. Esto se cumple a través del controlador de carga. También impide la eventual corriente que

pueda fluir de la batería hacia el módulo fotovoltaico en periodos sin sol.

- b) Entregar corriente continua regulada a las aplicaciones a través de un regulador de voltaje.
- c) Monitorear el estado de los componentes del sistema, de ser necesario poner en línea la fuente de respaldo (diferente a la fotovoltaica) o alimentar selectivamente la carga para maximizar el aprovechamiento de energía.

#### 2.4.3. **Banco de baterías**

Los bancos de baterías son acumuladores de energía que están preparados para operar en estado de carga y descarga y están compuestos de 12 o más celdas de acuerdo a las condiciones de carga.

Las características técnicas se resumen en:

Aptitud de ciclaje, entendiendo por ciclo la descarga del acumulador, cualquiera sea la profundidad de la descarga, seguida por una recarga.

Aptitud a la sobrecarga.

Aptitud a ciclos desde un estado descargado.

Reducción de la tasa de auto descarga.

La capacidad es el número de amperios hora (AH), que una batería puede suministrar para una corriente y una tensión final de descarga, definida en función de la cantidad de material activo utilizada y varía según el régimen de descarga y la temperatura.

Se clasifican en:

Por fabricación física: **Abiertas o ventiladas** (necesitan tener mantenimiento periódico), la placa positiva puede ser de tipo plano o tubular, la placa negativa siempre es plana, la densidad del electrolito es aproximadamente 1.24, resisten a descargas profundas, deben operar en ambientes ventilados y; **Herméticas** o reguladas por válvulas, que a su vez pueden ser de dos tipos: Con **electrolito** absorbido o recombinación de gases (las dos placas son planas, el hidrógeno y el oxígeno se recombinan produciendo  $H_2O$ , el rango de voltaje de trabajo es de 2.25 voltios hasta 2.30 voltios por celda, el voltaje de operación a 20 grados centígrados es de 2.27 voltios) y; con **GEL**, sus características principales son: placa positiva del tipo tubular, placa negativa plana, no gasifica, el voltaje de flotación por celda es de 2.23 voltios, se le puede someter a voltaje de carga hasta 2.40 voltios por celda, son sensibles a la variación de temperatura.

Por tipo de uso: **Baterías de arranque**, se utilizan para el arranque, encendido e iluminación de automóviles y grupos electrógenos; **Baterías de tracción**, se utilizan para tracción

eléctrica en: carretillas elevadoras, locomotoras de minas, fregadoras, generalmente son utilizadas para vehículos lentos que transportan cargas bastante pesadas. **BATERÍAS PARA SISTEMA SOLAR**, se utilizan en sistemas de energía solar, es una combinación de características de baterías del tipo de tracción y del tipo estacionario; de tracción porque se requiere un ciclo diario de descarga, no siempre seguido de recarga y de estacionaria porque se requiere que almacene energía y la restituya en caso de corte de red en caso de que no haya sol disponible. **Baterías estacionarias**, se utilizan como respaldo de energía cuando haya corte de red comercial en: centrales telefónicas, iluminación de emergencia, está adaptada según el caso a descargas lentas de 3 a 10 horas, descarga rápida a veces con autonomía de 5 a 30 minutos, capacidad dada en 10 horas.

#### 2.4.4. Rectificadores

Mantienen una tensión continua y constante sobre las baterías a través de la unidad de disyuntor de batería y sobre el equipo de telecomunicaciones a través de la unidad de distribución.

El rectificador tiene regulación constante de la tensión y limitación de corriente incorporada, algo que protege también en caso de cortocircuito a la salida. También dispone para zonas alejadas de un dispositivo de alarma que emite señales hacia un modem vía

celular cuando aparecen alteraciones en su parámetro de funcionamiento.

#### 2.4.5. Motor generador

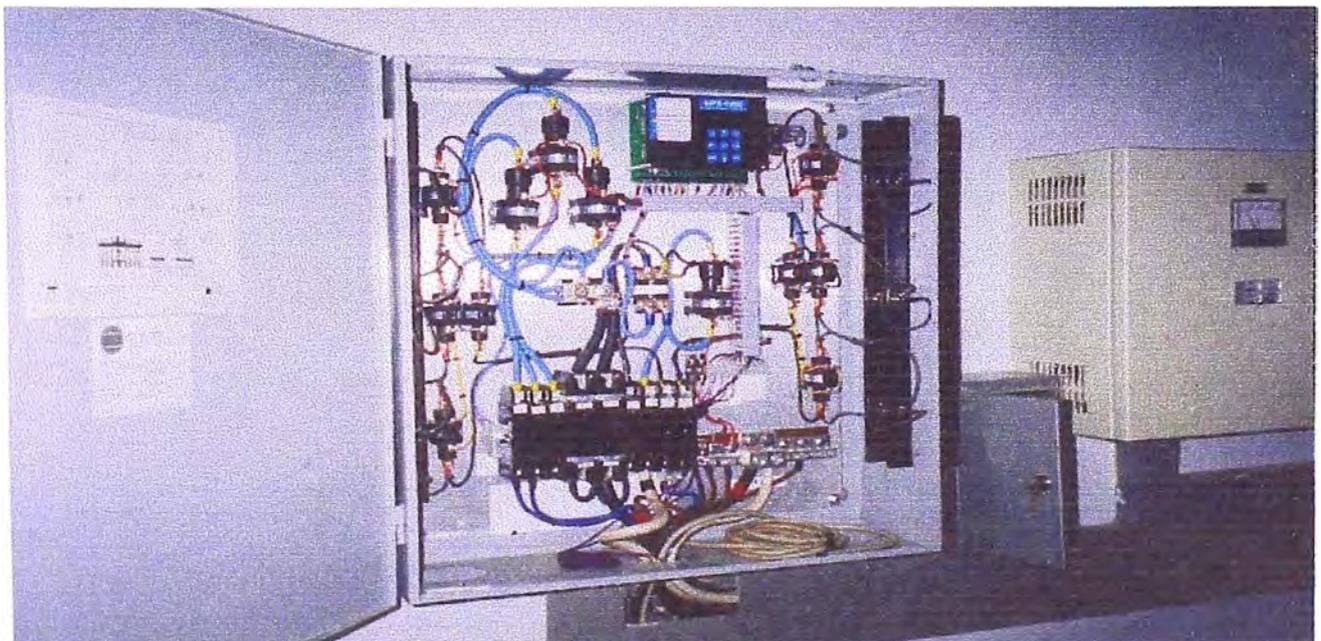
Cuando la batería se descarga, en el caso de sistemas fotovoltaicos híbridos, el generador se pone en marcha proporcionando la corriente hacia las cargas y las baterías.

El sistema fotovoltaico cubre la cantidad normal de energía y solamente cuando las condiciones climáticas sean desfavorables y las baterías empiecen a descargarse hasta 1.95 voltios, entonces el grupo electrógeno recargará las baterías hasta que el voltaje sea de 2.29 voltios y se apagará repitiéndose el ciclo de recarga si las condiciones climáticas no mejoran.

**FIGURA 4 MÓDULOS PARA SISTEMA HÍBRIDO**



**FIGURA 5 UNIDAD DE CONTROL DEL SISTEMA HÍBRIDO FV-DC**



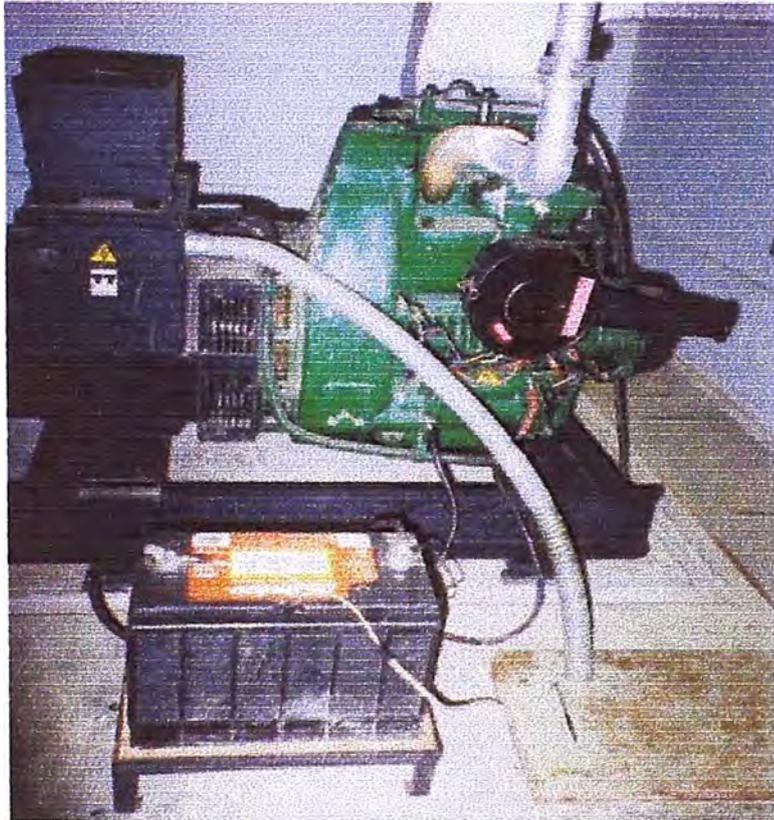
**FIGURA 6 BANCO DE BATERIAS DEL SISTEMA HIBRIDO FV-DO**



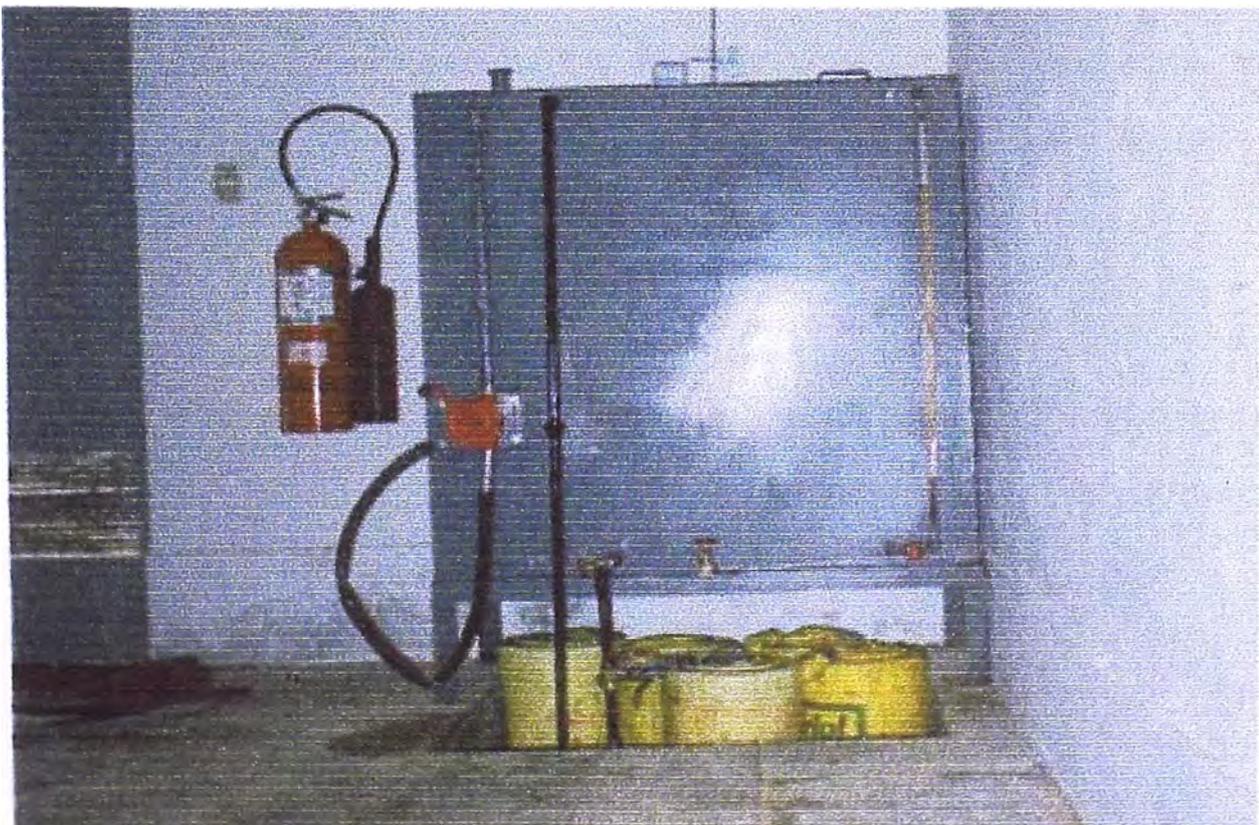
**FIGURA 7 RECTIFICADORES DEL SISTEMA HIBRIDO FV-DO**



**FIGURA 8 GRUPO ELECTRÓGENO DEL SIST. HÍBRIDO FV-DO**



**FIGURA 9 TANQUE DIARIO DE COMBUSTIBLE DEL SIST. HÍBRIDO**



## 2.5 Aplicaciones.

**Turismo** muy aplicado en zonas apartadas donde la energía comercial sería demasiado costosa, actualmente se está usando en Brasil. El grupo electrógeno diesel funciona para apoyar la demanda de energía, esta aplicación es ampliamente rentable.

**Comunicaciones** : Los generadores fotovoltaicos combinados con un generador diesel son una excelente solución cuando hay necesidad de transmitir cualquier tipo de señal e información desde un lugar aislado, por ejemplo transmisores de señal de televisión, plataformas de telemetría, radio enlaces, estaciones meteorológicas.

**Agricultura y Ganadería:** existe una atención especial en estos sectores mediante generadores fotovoltaicos podemos tener energía eléctrica necesaria para granjas que conviene que estén aisladas de las zonas urbanas por motivos de higiene, sin embargo, la aplicación más importante es el bombeo de agua para riego y alimentación de ganado que generalmente se encuentran en zonas no pobladas.

**Difusión de la cultura:** televisión escolar para zonas aisladas, difusión de la información por medios audiovisuales alimentados eléctricamente mediante generadores fotovoltaicos.

## 2.6 Ventajas.

Entre las principales ventajas encontramos:

Bajo peso.

Durabilidad.

Ocupación de espacio mínimo.

Eficiencia.

Confiableidad.

Instalación sencilla.

Modularidad y versatilidad.

Bajo costo de funcionamiento.

## **CAPITULO 3**

### **CONSIDERACIONES TEÓRICAS PARA EVALUAR PROYECTOS MUTUAMENTE EXCLUYENTES**

#### **3.1 Importancia de las técnicas de evaluación**

La evaluación de proyectos consiste en medir el valor de los indicadores básicos de evaluación, esta medición está en base, a la comparación de los beneficios que genera y los costos en los que se incurre.

El propósito por el que se evalúa un proyecto es obtener elementos de juicio necesarios para tomar una decisión sobre la ejecución o no ejecución de un proyecto.

La evaluación de proyectos se orienta a proporcionar pautas prácticas, en términos de selección de alternativas de inversión, que consisten en comparar los beneficios proyectados asociados a la decisión de inversión inicial y su correspondiente desembolso de gastos. Se evalúa un proyecto para orientar al ente ejecutor hacia la correcta toma de decisión respecto a su costo de oportunidad.

Para comparar beneficios y costos proyectados y flujos descontados se utilizan las técnicas de evaluación de proyectos que

consisten en analizar los principales indicadores de evaluación, con los cuales determinaremos las diferentes alternativas de inversión. El uso de uno o más indicadores de evaluación está sujeto a los objetivos del ente ejecutor, el nivel de estudio y magnitud de la inversión.

Sin embargo, los criterios de inversión o indicadores de evaluación tienen sus limitaciones, por lo que deben usarse con cautela. Se debe evitar la aplicación ciega de formulas o reglas decisorias, es decir, el formulismo.

En forma práctica existen 2 fines posibles que nos llevan a emplear las técnicas de evaluación:

- 1) Tomar una decisión de aceptación o rechazo del proyecto (si se trata de estudios específicos).
- 2) Para clasificar o elegir la alternativa óptima de inversión, cuando se trata de proyectos mutuamente excluyentes.

En la definición de proyectos alternativos (mutuamente excluyentes) hay que tener cuidado, se tiene que asegurar de que se esté comparando de igual a igual, es decir, comparar bajo las mismas condiciones de confiabilidad; se debe tener la seguridad de que los cálculos incluyen todos los gastos en los que se incurren.

### 3.2 Indicadores básicos de evaluación.

Para evaluar algún aspecto del valor del proyecto, necesitamos indicadores, que no son más que coeficientes o magnitudes de medición que se realizan en base a la comparación de los beneficios, costo proyectados y al análisis de los factores económicos o financieros; el resultado de la medición permite determinar las diferentes alternativas de inversión.

También utilizamos los indicadores de evaluación para clasificar o seleccionar las alternativas de inversión de proyectos mutuamente excluyentes. Usualmente, para medir el valor de un proyecto se utilizan los siguientes indicadores:

- a) Valor Actual Neto (VAN)
- b) Tasa Interna de retorno (TIR)
- b) Flujo Anual Equivalente (FAE)

Para nuestro estudio solo será necesario la medición del VA (Valor Actual) con el criterio del valor actual neto.

### 3.2.1 El valor actual neto

3.2.1.1 **Definición:** Es un indicador que nos permite clasificar o seleccionar la alternativa óptima de inversión de proyectos mutuamente excluyentes. Representa el valor presente o actualizado del proyecto en su vida útil de operación, su resultado final permite tomar la decisión respecto a si se acepta o rechaza un proyecto.

El VAN proporciona una base confiable para determinar la alternativa óptima de inversión frente a otros métodos engorrosos para analizar e interpretar el valor del proyecto, especialmente en proyectos que se excluyen mutuamente.

#### 3.2.1.2 **Representación matemática**

Es definida como la diferencia de la sumatoria de los costos que son actualizados a una tasa de interés fija, menos la inversión en el momento cero. Es la suma algebraica de los valores actualizados del flujo neto de fondos del proyecto en el horizonte planeado, menos la inversión en el año base. Para calcular el VAN existen 3 formas de representación matemática, las tres formulas nos conducen a una misma respuesta, por lo tanto, optar por una u otra fórmula depende de la decisión del evaluador. La primera representación consiste en una expresión matemática con sumatorias desagregadas de beneficios y

costos del proyecto, el cual permite calcular el VAN en forma detallada, siempre y cuando se cuente con datos referentes a beneficios generados, costos incurridos e inversión en el momento cero, en el horizonte de planeamiento, contando con datos se puede calcular el VAN del proyecto a través de la siguiente formula:

Expresión Matemática:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{Bt}{(1+i)^n} - \sum_{t=0}^n \frac{ct}{(1+i)^n} - I_0 \quad (1)$$

Donde :

VAN = Valor actual neto

Bt = Beneficio en el periodo t

Ct = Costos en el periodo t

I<sub>0</sub> = Inversión inicial momento 0

i = Tasa de rendimiento requerida

t = Periodo de tiempo

n = Número de periodo en la vida útil

La segunda expresión consiste en simplificar la operación matemática en una sola sumatoria, la cual permite calcular el VAN del proyecto con mayor rapidez mediante la aplicación de la siguiente formula :

### Expresión Matemática

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} - I_0 \quad \dots(2)$$

La tercera manera de obtener el VAN consiste en actualizar el flujo de beneficios netos, para cuyo fin se multiplican por el factor de descuento correspondiente, siendo necesario para simplificar la operación de cálculo y utilizar la siguiente fórmula:

### Expresión Matemática:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{BN_t}{(1+i)^t} - I_0 \quad \dots (3)$$

Donde:

$BN_t$  = Beneficios Neto en el periodo  $t$

Para nuestra comparación optaremos por la primera forma de expresión matemática (1), pero simplificaremos debido que no disponemos de los beneficios.

Entonces:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{Bt}{(1+i)^n} - \sum_{t=0}^n \frac{ct}{(1+i)^n} - I_0$$

Se desprende:

$$VA = \sum_{t=0}^n \frac{ct}{(1+i)^n} + I_0 \quad \dots\dots(4)$$

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{Bt}{(1+i)^n} - VA \quad \dots\dots(5)$$

Ahora :

**VA= Valor actual o valor actual de los costos de la inversión.**

Si el VALOR ACTUAL ( VA) disminuye, favorece al valor actual neto (VAN) del Proyecto.

### 3.2.1.3 Cálculo del valor actual entre equipos de larga y corta duración

Para calcular el valor actual, en este caso, debemos encontrarnos en la situación de que una empresa se ve obligada a elegir entre 2 máquinas A y B. Las máquinas tienen un diseño distinto, pero idénticas capacidades y hacen exactamente lo mismo. La máquina A cuesta \$ 15,000. y dura 3 años. Su costo de funcionamiento es de \$ 4,000 al año. La máquina B es un modelo económico que cuesta únicamente \$ 10,000 , pero dura 2 años, y su costo de funcionamiento es de \$ 6,000 al año.

Ya que las dos máquinas producen exactamente el mismo producto, la única forma de elegir entre ellas es sobre la base del costo. Supongamos que se calcula el valor actual del costo:

**Tabla 1. Comparación en costos de las alternativas**

<u>MAQUINA</u>	<u>C0</u>	<u>C1</u>	<u>C2</u>	<u>C3</u>	Valor actual al 10%
					<u>MILES DE DÓLARES</u>
A	+15	+4	+4	+4	24.95
B	+10	+6	+6		20.41

¿Se elegiría por la maquina B, que tiene un valor actual de sus costos menor? No necesariamente, por que B debería reemplazarse un año antes que A. En otras palabras, en la elección actual entre A y B existe la posibilidad de una decisión de inversión futura.

Una solución habitualmente sugerida es suponer que cada máquina siempre se sustituye en el último año de su vida por otro equipo idéntico. El flujo de gastos de esta política es.

**Tabla 2. Gastos de ambas máquinas en el tiempo.**

	<u>COSTO MILES DE DÓLARES</u>						
	C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6
SUCESIÓN DE MÁQUINAS TIPO A	+15	+4	+4	+19	+4	+4	+4
SUCESIÓN DE MÁQUINAS TIPO B	+10	+6	+16	+6	+16	+6	+6

De la tabla 2, se deduce que en el año 3 el propietario de A paga \$ 4,000 para operar con la máquina vieja y a la vez paga \$ 15,000 para comprar la máquina nueva. La salida neta es de \$19,000.

En el año 6 el propietario de A tiene inservible la segunda máquina; y el propietario de B la tercera. En este punto las secuencias se emparejan. Tiene que hacerse una sustitución en el año 6 con independencia de la elección inicial de A o B, por lo tanto, podemos comparar el valor actual de los costos de las dos sucesiones:

**Tabla 3 Valor actual de los costos al 10%**MILES DE DÓLARES

---

SUCESIÓN DE MÁQUINAS TIPO A	43.69
SUCESIÓN DE MÁQUINAS TIPO B	51.22

---

Así, invertir en la secuencia de máquinas de tipo A resulta mejor.

#### **3.2.1.4. Interpretación del VAN**

Los valores actualizados del flujo de beneficios y costos del proyecto, permiten la obtención de los siguientes criterios.

- (1) **VAN > 0**, Cuando el valor actual neto del proyecto es mayor que cero, equivale a decir que los beneficios generados son superiores a los costos incurridos por el proyecto; es decir, después de cumplir con las obligaciones incurridas por el proyecto, queda un saldo favorable para el inversionista, por tanto, se acepta el estudio y se procede con la ejecución inmediata.

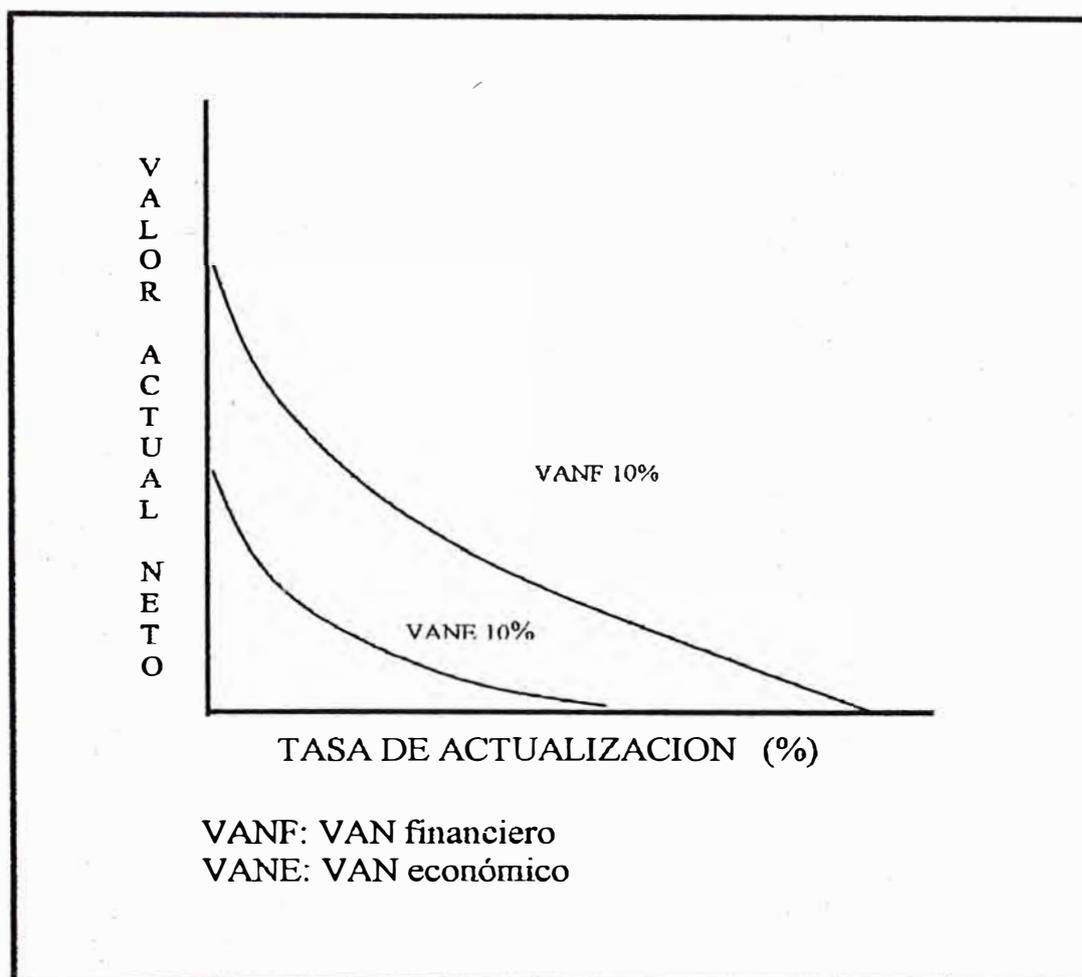
(2)  $VAN = 0$ , Cuando el valor actual neto es igual a cero, es decir, que los beneficios del proyecto son iguales a sus costos, se recomienda examinar algunas variables para su posterior evaluación.

(3)  $VAN < 0$ , cuando el valor actual neto es menor que cero, los beneficios del proyecto son inferiores a sus costos.

#### 3.2.1.5 Representación gráfica del VAN

Consiste en la expresión gráfica de las curvas del valor actual neto, indicando la curva del VAN económico ( es el valor actual del proyecto considerando la tasa o valor del dinero afectado por la devaluación y la inflación) y la curva del VAN financiero ( Valor actual de los subsidios crediticios recibidos en la alternativa de crédito concesional más el valor actual del escudo fiscal; se le conoce como el VAN del inversionista).

**Figura 10** Curvas características del valor Actual Neto



### 3.2.1.6 Ventajas del VAN

Las ventajas de utilizar el VAN para determinar las alternativas de inversión son las siguientes:

- (1) Posibilita de una manera simple y exacta el valor actualizado de los beneficios y costos del proyecto en el horizonte de planeamiento.

(2) Permite calcular el costo de oportunidades del capital, cuyo

coeficiente permite aceptar, postergar o rechazar un proyecto.

(3) Es un indicador eficaz para la selección de proyectos

mutuamente excluyentes en función a su rentabilidad.

(4) Forma criterio para determinar la alternativa factible u

óptima de inversión.

### **3.3.Presupuesto de costos.**

3.3.1. **Definición:** Es un cuadro auxiliar que se prepara en base de proformas de costos anticipados y los requerimientos de gastos calculados a precio de mercado, el presupuesto de costos se realiza en base a la estructura general de costos que está conformado por un conjunto de rubros contables.

La elaboración de presupuestos de costos está sujeta a la clasificación general de costos, por objeto del gasto, cuya estructura está conformada por los siguientes elementos:

- Costos de Inversión
- Costos de operación

Tabla 4. Presupuestos de costos proyectados

<b>CONCEPTO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
- <b>Costos de Inversión</b>			
<b>Mano de obra directa</b>			
<b>Materiales</b>			
<b>Combustibles</b>			
- <b>Costos de operación</b>			
<b>Gastos Remuneraciones</b>			
<b>Gastos de depreciación</b>			
<b>Gastos de mantenimiento</b>			

El programa de costos cuantifica a todos los costos y gastos del proyecto, siendo estimados para el horizonte de planeamiento del proyecto.

### **3.3.2 Costos de Inversión:**

Son recursos monetarios que se destinan exclusivamente a la compra de equipos e insumos, considerados por la empresa como el proyecto principal.

Asimismo, son recursos reales y que son destinados a la adquisición de maquinarias, equipos e insumos para que se lleve a cabo el proyecto

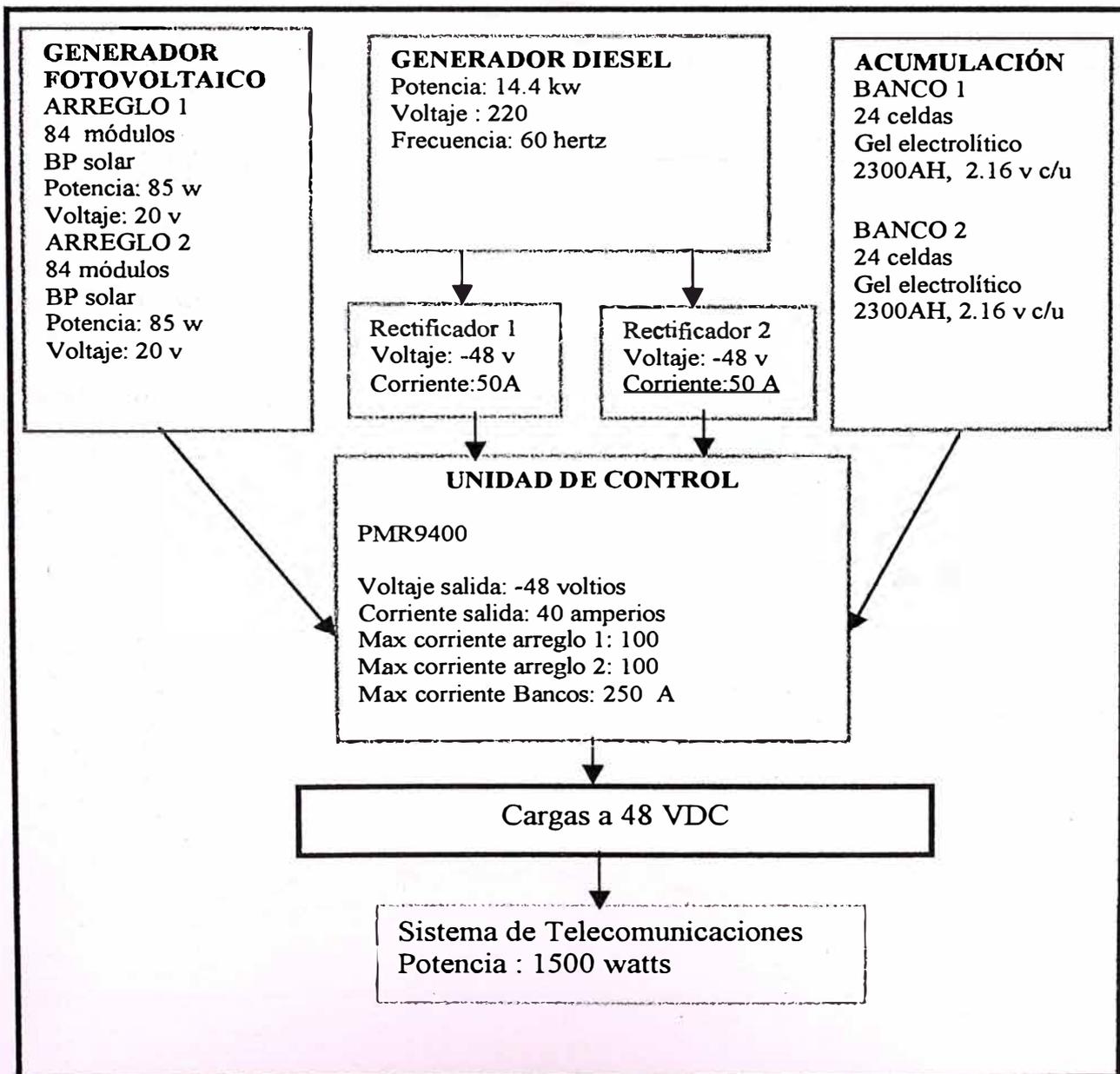
### 3.3.3 Costos de operación

Son los recursos que se destinan para los gastos de mantenimiento, son destinados para el correcto funcionamiento del proyecto, estos recursos permiten asumir los gastos laborables de operación, permiten cumplir con las remuneraciones de los trabajadores, además de materiales, depreciación y mantenimiento.

## CAPITULO 4 ANÁLISIS COMPARATIVO FRENTE AL SISTEMA DIESEL

### 4.1 Costo del sistema híbrido fotovoltaico diesel

FIGURA 11 configuración técnica del Sist. híbrido fotovoltaico diesel



#### 4.1.1 Costos de inversión :

Tabla 5 Costos de inversión del sistema híbrido fotovoltaico diesel oil.

Descripción	Unidades	\$ Unitario	\$ Monto
Paneles solares de 85W 20 VDC, marca BP solar	168	472	79296
Unidad de control fotovoltaico Híbrido 250/40 A PMR 9400	1	4000	4000
Estructuras metálicas para 24 paneles	2	200	400
Estructuras metálicas para 20 paneles	6	200	1200
Cajas PACS -4	2	150	300
PDB	1	100	100
Cablería incluye para Interconexión entre paneles, cajaPacs, controlador Grupo electrógeno	1	1000	1000
Caja de paralelaje	2	150	300
Canaletas	10	35	350
Escalerilla	10 metros	30	300
Banco de baterías de 2300AH-48VDC: Marca Tudor de 24 celdas	2	24000	48000
Grupo electrógeno 14.4 kw	1	7000	7000
Cargador solar para grupo electrógeno	1	450	450
Arrancador automático Spectrum	1	100	100
Tablero general	1	150	150
Rectificador/ cargador de baterías	2	2000	4000
Tanque diario de 220 gls de petróleo	1	200	200
Costo de instalación		10000	10000
		Total	\$ 157,146

En la tabla 5 se puede observar el precio de los diversos materiales y equipos que se utilizan para instalar un sistema híbrido fotovoltaico diesel oil, dichos precios han sido tomados del mercado local, por lo tanto la inversión será de \$ 157,146.

#### 4.1.2 Costos operativos

El sistema solar híbrido requiere de poco mantenimiento debido a la larga vida de sus componentes, sin embargo, requiere de un mantenimiento rutinario. En el caso de los paneles, su vida útil es de 20 años, la vida útil de las baterías solares es de 10 años, y la del grupo electrógeno 20 000 horas.

Otro tratamiento tendrá el grupo electrógeno diesel cuyo funcionamiento amerita un costo operativo y de mantenimiento cuyo régimen será en épocas del año en que las condiciones climáticas no sean las mejores, dichos costos se reflejarán en:

Gasto de combustible, cambio de aceite filtros de aceite, petróleo y aire, cambio de elementos del sistema eléctrico, mantenimiento de toberas, descarbonizado de culatas etc.

#### 4.1.2.1 Estimación del tiempo de operación del grupo electrógeno.

Dado que este equipo estará ubicado en el departamento de Amazonas, debemos considerar que los meses de peores condiciones ambientales empiezan en noviembre y se alargan hasta mayo por lo tanto tenemos 6 meses críticos que se traducen en **180 días**; el grupo será dimensionado para responder y recargar las baterías en 8 horas por evento que, generalmente, es de 1 día, entonces el grupo estará prendido en un año **1440 horas**; en la **tabla 6** se observan los gastos de personal, de combustible, mantenimiento en general del sistema, de tal manera que tendremos los gastos acumulados anuales y a lo largo de 10 años y cuantificados para posteriormente compararlos con la otra alternativa (S.D.O).

**Tabla 6 Costos de operación en 10 años del sistema híbrido**

Descripción	Tiempo	Costos \$	Costo Anual	Costo. 10 años
Técnico	Bimestral	342	\$ 2,052	20520
Cambio de Aceite, Filtros de petróleo, aire y aceite cada 250 horas	1440 horas anuales	\$50/ cambio	\$ 250	2500
Consumo de petróleo 0.72 gal/h	Acumulado 1440 horas	\$3.21/gal	\$4622.4	46,224
<b>TOTAL</b>			<b>6,924.4</b>	<b>69,244</b>

En la Tabla 7 se visualizan los costos totales de operación del sistema, año por año para su posterior evaluación.

**Tabla 7 gastos operativos en los que incurre el sistema híbrido**

Costo de gastos operativos en miles de dólares											
SFHD	Co	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
	157.1	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9

Si efectuamos la suma de todos estos costos incluyendo la inversión resulta:

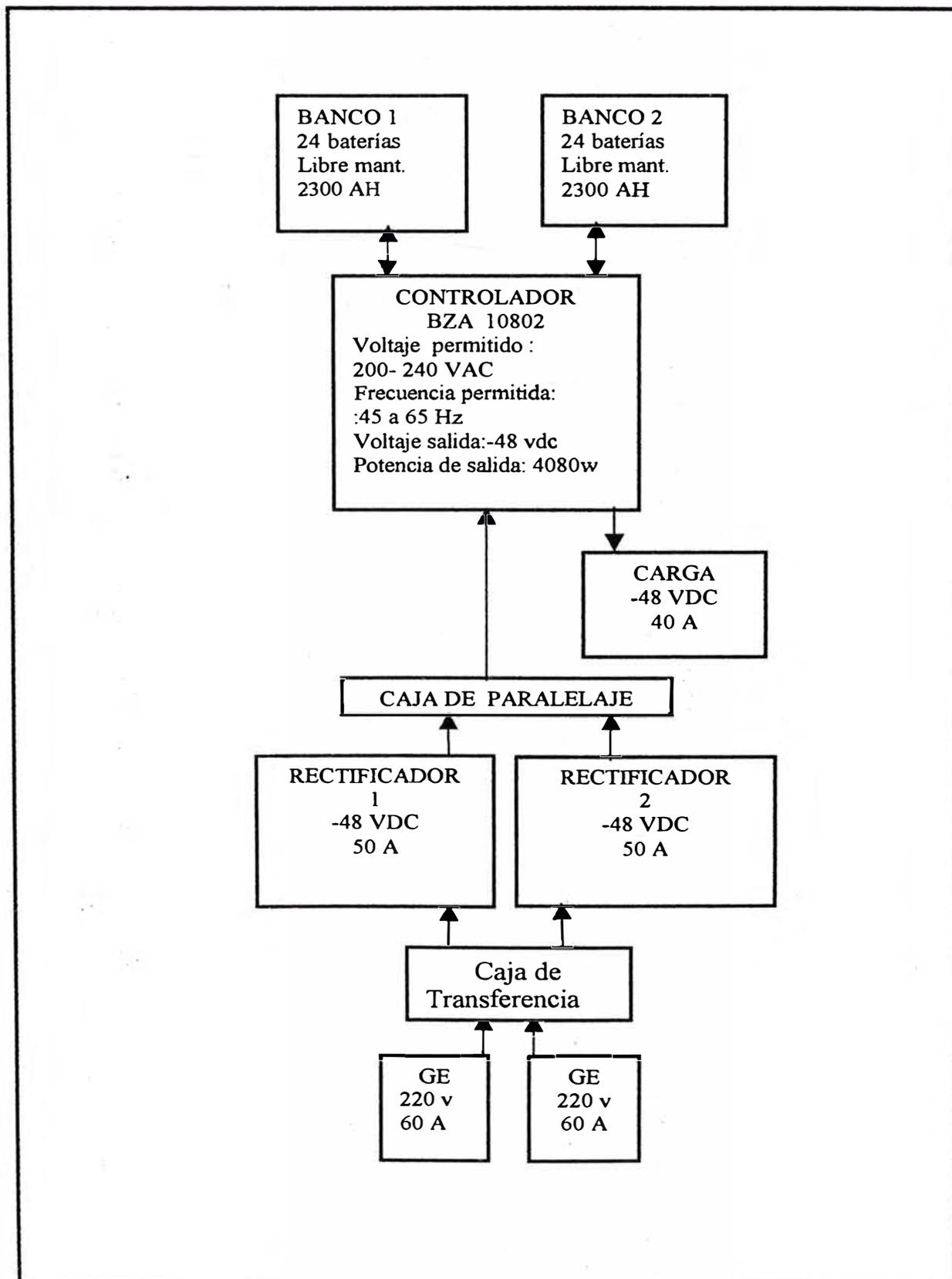
$$\text{SUMA} = \$ 226,000$$

Pero si actualizamos dichos costos al 10 % del costo de oportunidad del dinero y utilizamos la formula número 4 del capítulo numero 3, tenemos:

$$\text{VA} = \$220,695$$

4.2 Costos del sistema diesel

FIGURA 12 Configuración técnica del sistema diesel



#### 4.2.1 Componentes del Sistema Diesel

**Banco de Baterías:** Constarán de 24 celdas de 2.16 voltios, y 2300 AH libre de mantenimiento, dichas celdas serán similares a las del sistema híbrido fotovoltaico diesel, servirán de respaldo cuando el sistema presente fallas que comprometan la interrupción del servicio de transmisión, su autonomía está diseñada para las dificultades de acceso en la llegada de materiales, combustibles, personal, tiempo de reparaciones etc, tendrán una vida útil de 10 años.

**Grupo Electrónico:** de 10 Kw.,prime, 220VAC de 1800 rpm, gobernador mecánico, refrigerado por aire; se encargará de generar permanentemente energía eléctrica a 60 hertz 220 voltios en AC. Es el componente más importante del sistema, por lo que se dispone de dos unidades, una de ellas activa y la otra en reserva. Tendrá dos alternativas de arranque: manual y eléctrica. Dispondrá de un arrancador- protector electrónico que protegerá al grupo contra baja presión de aceite, alta temperatura, sobrevelocidad, sobrevoltaje, etc

**Rectificadores:** elementos que suministran energía eléctrica al transmisor de telecomunicaciones y al banco de baterías en -48 vdc se dispondrá de un rectificador de respaldo, en caso que uno de ellos presente falla, el otro rectificador asumirá la carga.

**Controlador:** se encarga de censar la calidad de energía que genera el grupo electrógeno, los rectificadores, y banco de baterías. Dicho elemento gestionará la intervención del banco de baterías como última alternativa, o su cese, para protegerlo de descargas profundas; también para que los grupos electrógenos se alternen o les corresponda servicio de mantenimiento, entonces el controlador gestiona la intervención del banco para el tiempo de cambio del sistema, chequeando después la carga del banco baterías evitando las sobrecargas.

**Tablero de transferencia:** elemento que hace la transferencia física de los grupos electrógenos en caso que falle uno de ellos o le corresponda servicio. El tablero de transferencia establece la conexión con los rectificadores.

#### 4.2.2 Costos de Inversión.

En el sistema de generación diesel el motor tendrá una duración de 22,000 horas, tiempo en el cual tendrá que repararse completamente.

**Tabla 8 Costos de inversión del sistema diesel**

DESCRIPCION	UNIDADES	\$P.U	\$MONTO
Grupo electrógeno 1800 rpm Monofásico Diesel 10 Kw.	2	6,000	12,000
Rectificador / Cargador de Baterías en -48VDC y 50 ADC	4	2,000	8,000
Arrancador spectrum	2	200	400
Tablero de paralelaje	2	150	300
Tablero general	1	300	300
Tablero de Transferencia	1	2,000	2,000
Controlador BZA 10802			4,000
Cablería, Terminales, etc	Juego	1,000	1,000
Tanque de reserva 4000 galones de petróleo		4,000	4,000
Cimentación de Tanque		500	500
Tanque Diario 150 gal	1	200	200
Bomba para petróleo	1	80	80
Bomba manual para petróleo		80	80
Banco de Baterías de 2300AH, 48 VDC 24 celdas: Marca Tudor	48	1,000	48,000
Sistema de escape, silenciador Cañerías	Conj	800	800
Costo de Instalación			8,000
		TOTAL	\$91,280

### 4.2.3 Costos de operación

Los costos que incurren, en esta parte, son los gastos que demandan el funcionamiento continuo del G.E diesel. Para asegurar el tiempo de vida útil del sistema (que contará con una vida útil de 22000 horas), el equipo se remplazará por uno nuevo después de la segunda reparación antes de falla, esto se visualiza en la tabla 12, luego, se integrarán los costos de consumo de combustible (Tabla 9). La tabla 13 nos da el costo año por año del mantenimiento del sistema diesel, el límite de esta comparación será de 10 años, que es el tiempo de vida de las baterías, que representan **87600** horas.

A continuación se darán los gastos más representativos:

- **Gastos de Petróleo:** Durante 10 años

Tiempo estimado en horas: 87648 horas

Cálculo del consumo de petróleo:

Considerando el uso de un grupo electrógeno diesel la capacidad será tomada de la carga pico en Kw.

Que será:  $(1.5 \text{ Kw.} + 4 \text{ Kw.}) * 1.2 / .68$  <sup>(1)</sup>

por lo tanto la capacidad del grupo será de 10 Kw.

**Consumo específico** 0.8 galones por hora <sup>(2)</sup>

**Consumo de petróleo** en 10 años serán de  $87\ 648 * 0.8 = 70\ 118.4$  gal

**Costo del galón de D2** promedio puesto en Obra. \$ 3.21/gal

(1) información más detallada de los cálculos en el anexo A

(2) para información de consumo de petróleo en función de la potencia del G:E anexo A

**Tabla 9 Costo anual de combustible del grupo electrógeno**

Costo del galón de D2 promedio puesto en Obra. \$ 3.21/gal	225080
<b>COSTO ANUAL</b>	<b>\$ 22508</b>

**Tabla. 10 Gastos de materiales y personal**

DESCRIPCIÓN	P.U \$
Faja de Alternador	20
Alternador	150
Arrancador	200
Empaquetadura	150
Batería	150
Galón de aceite multigrado	20
Filtro de aceite	15
Filtro de petróleo	15
Filtro de Aire	18
Kit repuestos de reparación	3000
Grasa para rodamientos	10
Agua destilada	5
Técnico Mecánico	7/hora
Ayudante	5/hors
Fusibles	0.3
Pintura	10

Hay que tener en cuenta que en la tabla10, los gastos incluyen el traslado a obra y costo de mano de obra en la zona.

Tabla 11 Costo de tareas de mantenimiento

DESCRIPCIÓN DE TAREAS	Frecuencia (horas)	Costo de Materiales (dólares)	Tiempo de ejecución Horas	Técnico	Ayudante	Monto dólares
(A) verificar niveles -conexiones flojas	100	0	2		1	10
-(B) cambio de aceite filtro de Aceite, de petróleo	250	50	1		1	55
-Ⓢ inspeccionar verificar dispositivos de protección de motor  -lubricar cojinete de templador de faja -activador eléctrico de regulador de velocidad  -limpiar baterías  -drenar tanque de combustible  -lubricar verificar ajuste sincronización de inyectores, ajuste de válvulas sólo el primer cambio	1000	10	2	1	1	34

## Continuación de la tabla 11.

( D ) verificar/ajustar el ajuste de válvulas  Inspeccionar Verificar montajes de motor	2000	0	2	1	14
( E ) -inspeccionar reacondicionar si es necesario motor de arranque eléctrico -lubricar  cojinetes de generador	4000	10	2	1	24
( F ) -inspeccionar / reacondicionar o intercambiar si es necesario -alternador -arranque eléctrico	6000	150	1	1	155
( G ) inspeccionar culata de cilindros  probar inyectores de combustible	11000	0	3	1	21

## Continua de Tabla 11

<p>(H)</p> <p>REPARACIÓN GENERAL</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-inspección acondicionamiento o intercambio si es necesario:</li> <li>-cigüeñal</li> <li>-árbol de levas</li> <li>-cojinetes de árbol de levas</li> <li>-amortiguador de vibraciones de cigüeñal</li> <li>-culata de cilindro</li> <li>bielas, camisas de cilindro, pistones</li> <li>-bomba principal de aceite</li> <li>-bomba de pre-lubricador</li> <li>-bomba de transferencia de combustible</li> <li>-bomba de sumidero</li> <li>-seguidores de válvulas</li> <li>-Inyectores de combustibles</li> <li>-regulador de combustible</li> <li>-pasadores de combustible</li> </ul>	22000	3000	24	1	1	3288
---	-------	------	----	---	---	------

En la tabla 12 se observa la frecuencia con la que se repiten las tareas de mantenimiento año por año, para 22000 horas, además observamos el número de reparaciones (tarea H), también se puede visualizar que en el año 6 se realiza el reemplazo del grupo electrógeno, teniendo en cuenta que el grupo reparado no tiene valor de depreciación.

En la Tabla 13 se visualizan los costos directos en función de la frecuencia de cada tarea de mantenimiento a lo largo de cada año, acumulándose para su posterior comparación y agregándose a éste el consumo de petróleo por año (tabla 9).

**Tabla 12 Frecuencias de cada tarea de mantenimiento año por año.**

Tiempo (años)		1 <sup>er</sup>	2 <sup>do</sup>	3 <sup>ro</sup>	4 <sup>to</sup>	5 <sup>to</sup>	6 <sup>to</sup>	7 <sup>mo</sup>	8 <sup>vo</sup>	9 <sup>no</sup>	10 <sup>mo</sup>
Tiempo (horas)		8764.8	17529.6	26594.4	35059.2	43824	52588.8	61353.6	70118.4	78883.2	87648
<b>F</b>	<b>T</b>	<b>FRECUENCIAS DE TAREAS DE MANTENIMIENTO</b>									
100	A	87	..	...	..	..	..	...	...	...	..
250	B	35	35	35	..	..	..	..	..	..	..
1000	C	8	9	9	9	8	8	9	9	8	8
2000	D	4	4	5	4	5	4	4	5	4	4
4000	E	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2
6000	F	1	2	1	1	2	1	2	1	2	1
11000	G	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0
22000	H	0	0	1	1	0	1 <sup>(1)</sup>	0	0	1	0

T: tareas de mantenimiento

f : frecuencia de las tareas de mantenimiento en horas.

*(1) en el anexo a se adjuntan los tiempos de vida que un grupo electrógeno diesel soporta Luego de dos reparaciones bajo un régimen prime.*

**TABLA 13 Costo de tarea de mantenimiento anual en miles de dólares**

Tareas	Año 1		Año 2		Año 3		Año 4		Año 5		Año 6		Año 7		Año 8		Año 9		Año 10	
	F	\$	F	\$	F	\$	F	\$	F	\$	F	\$	F	\$	F	\$	F	\$	F	\$
A	87	0.88	87	0.88	87	0.88	87	0.88	87	0.88	87	0.88	87	0.88	87	0.88	87	0.88	87	0.88
B	35	1.9	35	1.9	35	1.925	35	1.925	35	1.925	35	1.925	35	1.925	35	1.925	35	1.925	35	1.925
C	8	0.27	9	0.3	9	0.272	9	0.306	8	0.272	8	0.2072	9	0.306	9	0.306	8	0.272	8	0.272
D	4	0.05	4	0.084	5	0.105	4	0.084	5	0.105	4	0.056	4	0.084	5	0.070	4	0.056	4	0.056
E	2	0.04	2	0.048	2	0.048	2	0.048	2	0.048	3	0.072	2	0.096	2	0.048	2	0.048	2	0.048
F	1	0.15	2	0.310	1	0.310	1	0.310	2	0.155	1	0.155	2	0.301	1	0.155	2	0.310	1	0.155
G	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0.021	1	0	1	0.021	1	0.042	0	0
H	0	0	0	0	1	3.553	1	3.288	0	0	1 <sup>(1)</sup>	7.0	0	3.288	0	0	1	3.288	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>3.336</b>		<b>3.553</b>		<b>6.618</b>		<b>6.841</b>		<b>3.375</b>		<b>10.371</b>		<b>6.879</b>		<b>3.4</b>		<b>6.8</b>		<b>3.326</b>	

**TABLA 14 COSTO TOTAL DE LAS TAREAS DE  
MANTENIMIENTO EN 10 AÑOS**

<b>TIPO DE TAREA</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>COSTO \$</b>
A	877	8770
B	351	19305
C	88	2992
D	44	616
E	21	504
F	14	2170
G	7	147
H	3	9864
Renovar G.E.	1	7000
	<b>TOTAL</b>	<b>51368</b>

De la Tabla 14, en la tarea H se observa que tiene 3 reparaciones antes de falla.

### **4.3 Comparación en Costos**

En la Tabla 15 se comparan los costos de inversión y los costos operativos de ambas alternativas, además se integrarán los costos de la tabla 7. Aparentemente la inversión del sistema diesel es menor que la del sistema fotovoltaico híbrido, pero si actualizamos los costos al presente, al 10% del costo de oportunidad del dinero, tendremos resultados que reflejan el monto real de los costos.

Tabla 15 Comparación de los costos totales de ambas alternativas

Alternativa	C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
SFH	157.1	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9
SGD	91.28	25.8	26	29.1	29.34	25.8	32.8	29.4	26	29.3	25.8

C: Costo en miles de dólares.

#### 4.4 Cálculo del Valor Actual

Del capítulo 3, fórmula (4):

$$VA = \sum_{t=0}^n \frac{ct}{(1+i)^n} + I_0$$

Calculando:

$$VA (A) = 157.1 + 9.4/(1.1) + 9.4/(1.1)^2 + 9.4/(1.1)^3 + 9.4/(1.1)^4$$

$$VA (B) = 91.284 + 25.8/1.1 + 26/(1.1)^2 + 29.1/(1.1)^3 + \dots$$

Tabla 16

ALTERNATIVA	VA AL 10%
Sistema Fotovoltaico híbrido	\$ 220.695
Sistema Diesel	\$ 262.240

#### 4.5. Comparación en impacto Ambiental

La demanda masiva de hidrocarburos produce inminentes alteraciones de la atmósfera a nivel mundial; el nivel de bióxido de carbono que se detecta actualmente es significativamente mayor del que se tenía en el año 1950, esto produce el conocido efecto invernadero cuya consecuencia es un aumento en las temperaturas promedio mundiales.

Otro efecto de la quema de combustibles fósiles es la llamada lluvia ácida, que en bosques cercanos a las áreas altamente industrializadas, están causando graves daños al suelo y por lo tanto a la flora y la fauna. En las grandes ciudades la combinación de la emisión de gases de la combustión con algunos otros fenómenos naturales (como las inversiones térmicas y la radiación solar) producen un efecto indeseable en la salud humana, el SMOG y las concentraciones de ozono.

Arrancar un sistema con generador diesel únicamente no es conveniente, puesto que, si queremos beneficiar una zona rural produce contaminación en el medio ambiente mediante la forma de ruido nocturno y alteración de la flora y fauna por el uso de combustibles y lubricante necesarios para su operación y mantenimiento

Una de las fuentes para abastecer de energía más respetuosa con el medio ambiente es la energía solar, constituye actualmente una de las opciones en la lucha contra los grandes problemas medioambientales que se intentan minorar.

Las principales ventajas que aportan los sistemas fotovoltaicos radican en que es energía renovable, que es energía limpia y silenciosa, y que por lo tanto no causa alteraciones en el medio ambiente donde son instalados.

#### **4.6 Recomendaciones**

Se analizan los VAN de las posibilidades que se excluyen mutuamente a fin de elegir una de ellas, la alternativa elegible debe ser la que tenga el VAN más alto y el VA más bajo.

Para nuestro caso, resulta más rentable el uso del sistema híbrido con grupo electrógeno diesel. Se ha observado que:

Los costos se elevan cuando los equipos a transportar son voluminosos y pesados así como para conseguir materiales de construcción en las zonas alejadas, ya que el transporte hacia las antenas de comunicaciones o radio microondas se hace a bestia y con personas de la zona, ya que las vías en la mayoría de los casos son de caminos de herradura donde el acceso a la antena a pie tiene un tiempo estimado promedio de 3 a 8 horas.

- En el sistema diesel, debido al peso del tanque de reserva de 2 toneladas, que será montado en posición horizontal y que será cubierto por una caseta, dicho tanque se transportará hacia la estación de comunicación en partes y se instalara en la misma.

Para estos montajes se escogerá meses del año donde sean escasas las lluvias, ya que el transporte en lomo de bestia y de personas se hace imposible en estos meses del año debido a la abundancia de lluvias en el departamento de Amazonas, de tal manera que tanto el montaje electromecánico y la obra civil (casetas, base, cimentaciones) no se podrán realizar o en su defecto serán más costoso.

El criterio para escoger la autonomía del banco de baterías del sistema diesel está basado en los tiempos de abastecimiento de combustible, repuestos, materiales, problema de transporte, bloqueo de carreteras, demora en la llegada de personal técnico; con todos estos problemas se estima un tiempo de autonomía de batería de 6 días, similar al FV-DO.

Para hallar el valor actual de los costos de ambas alternativas se estima en un 10% del costo de oportunidad del dinero en dólares, dicho porcentaje no considera las posibles devaluaciones e inflaciones futuras, ya que dichas variables afectarían los costos en ambas alternativas.

Ambas alternativas disponen de un sistema autónomo y controlados por un modem que va censando los parámetros de funcionamiento y cualquier alteración de dichos parámetros será transmitida vía radio frecuencia celular hacia el centro de gestión, dicho centro gestionara la intervención del personal técnico para solucionar el problema.

Para el sistema híbrido diesel, el dimensionado de los módulos solares no se hace para días de nublado completo sino para días de nublado parcial, esto se realiza debido a que el dimensionado para días nublados completos hace que el numero de módulos sea mayor, lo que conlleva a encarecer el sistema, por eso para esos días nublados completos el grupo electrógeno suplirá dicha deficiencia al dimensionado.

#### **Para ambos sistemas.**

Debe tomarse en cuenta que, el sistema se dimensionará lo más autónomo posible, tanto así que usará baterías de libre mantenimiento y grupo cuya ventilación sea no por agua sino por aire.

La decisión para optar por una de las 2 alternativas está ligada a los resultados que arrojen los valores actuales, que conlleva a invertir y mantener el sistema elegido; estos costos operativos del sistema diesel tiene desventaja respecto al solar híbrido porque cuanto más alejado estén y tengan un acceso difícil, mayores serán los costos operativos,

además del mantenimiento y del abastecimiento de combustible, es por esto, que este sistema es costoso para la geografía en la región donde se va a aplicar y por la naturaleza de su funcionamiento.

Los gastos de transporte por galón de diesel puesto en la estación. son considerados en los costos; esto es preponderante cuando se anualiza y adquiere valores importantes en los 10 años de consumo de combustible.

Se ha elaborado un programa de mantenimiento que asegura una vida útil esperada del G.E.D , cuyo costo implica tareas de inspección, verificación, reemplazo, limpieza, lubricación, instalación etc.

Debido a la tendencia hacia una tecnificación permanente, los costos de equipos de control y módulos solares tienden a disminuir y hacer que una inversión de esta naturaleza se haga más económica y de larga vida.

Para poder dimensionar el grupo electrógeno diesel se tomó consideraciones y metodologías disponibles como factores de corrección por altura, consumo específico de combustible, temperatura del medio etc.

## CONCLUSIONES

1- Al haber realizado el análisis comparativo entre ambos sistemas, se obtiene como resultado, que el sistema híbrido fotovoltaico dieseloil económicamente es más ventajoso, esto se deduce al actualizar los costos de operación del sistema FV-DO respecto a los del sistema diesel (ver tabla 16), se observa que el sistema FV-DO tiene costos actualizados de \$ 220,695 dólares con una diferencia de \$ 41,545 frente al sistema diesel, cuya cantidad es de \$ 262,240 dólares esta diferencia representa la ventaja o el ahorro respecto del los costos operativos entonces el sistema fotovoltaico híbrido es el más adecuado.

2- Las ventajas del sistema FV-DO incluso van más allá de las económicas, puesto que guarda armonía con el medio ambiente de las zonas rurales donde es instalado, esto debido a que la energía será proporcionada por el sistema fotovoltaico y la energía faltante la proporcionará el grupo electrógeno ( en caso que no halla sol o aumente la demanda ), lo que conlleva a que el grupo electrógeno sea utilizado en escasas ocasiones al año.

3- La potencia de los arreglos solares es de 14.2 Kw Pico , con dos bancos de baterías de 2300 AH cada uno, que acumulan la energía suministrada por los arreglos solares, regulada por una unidad de control para después entregar dicha energía en forma ininterrumpida a la carga de 1.5 Kw ; con un grupo electrógeno de respaldo de potencia similar a los arreglos solares , que en caso de existir condiciones ambientales críticas, cargue a los acumuladores y asegure confiabilidad al sistema. Lo ideal sería que la energía generada por los arreglos fotovoltaicos en las mejores épocas del año sean almacenadas en los acumuladores para después aprovechar dicha energía en épocas de invierno, pero, dimensionar dichos acumuladores sería muy oneroso, es así que comparamos el reemplazo de la generación híbrida fotovoltaica diesel por un sistema de generación diesel de 10 Kw de potencia, determinando un ahorro de 41,545 dólares en favor del sistema híbrido fotovoltaico diesel, dicho ahorro representa los gastos de inversión y costo operativos a lo largo de 10 años. Cabe resaltar que dicho ahorro aumenta si se presentan épocas de buen tiempo ( llamémosle días soleados ), por que el grupo de respaldo no funcionará reflejándose en un ahorro de combustible, ya que para la comparación, el parámetro crítico es el gasto de combustible D2 y mantenimiento del grupo electrógeno.

## BIBLIOGRAFÍA

- /1/ Andrade E. Simón, “Evaluación de proyectos”, 5ta edición, Editorial Lucero SRL 2000.
- /2/ Brealey Richard y Stewart Myers, “Principios de finanzas corporativas”, 2da Edición, editorial Mc-Graw Hill, España 1990.
- /3/ Conae. En: Revista “Las energías renovables en México y el mundo.” México, 1999.
- /4/ Espinoza Rafael, M Horn, “Electrificación rural con sistemas fotovoltaicos”. editorial Hozlo srl Lima, CER-UNI, 1992.
- /5/ Kafka Kiener Floke, “Evaluación estratégica de proyectos de inversión”, 1ª Edición; Lima, Universidad del Pacífico, Perú, 1992.
- /6/ Medina Málaga Edmundo, “Formación Gestión y finanzas de negocios”, 1ª edición Perú, Pyme, 2001.
- /7/ Morales Acevedo Arturo, “La electricidad que viene del sol”, Grupo editorial Iberoamericano. Argentina 1999.
- /8/ Portefield, James, “Decisiones de inversión y costos de capital”, editorial. Prentice Hall, México 1965.
- /9/ Revista, Era solar, “Energías Renovables medio ambiente y ahorro energético”, editorial SAPT, España 1999.
- /10/ Revista: Efecto Ambiental- “Energía Fotovoltaica, aplicaciones sistemas de generación”. España ,junio 2000.
- /11/ Van Horne, “James Administración financiera”, 7ma edición, México 1988.
- /12/ Vinitzky Guillermo, “Planeamiento estratégico y presupuestos”; ed Tesis, Buenos Aires, 1986.

## ANEXO A

### **Grupos electrógenos**

Los sistemas de emergencia tienen la función de suministrar energía, cuando falla el sistema principal de alimentación de energía eléctrica y es importante que por el tipo de actividad o función, no se interrumpa el servicio; es así como las plantas de emergencia son comunes en hospitales, industrias de procesos, sistema de telecomunicaciones etc.

Para clasificar las cargas, se recurre a una lógica general pero además debe tenerse presente requerimientos del cliente que en definitiva son los determinantes.

Consideraciones:

a) Se recomienda dimensionar al grupo con un margen de 20% para que no opere el tope de su capacidad, en caso de seleccionar un grupo menor a los 4 Kw.

b) Si se requiere un grupo de mas de 4 kw, hay que tener presente que no todas las cargas estarán conectadas al mismo tiempo, por lo que resulta práctico la siguiente tabla 17, referencia 3-VII C.N.E. TV P1.

Tabla 17 Factor de demanda en función de del numero de equipos

Número de equipos	Factor de Demanda %
1-2	100
3	90
4	80
5	70
6 y más	65

La potencia de Salida es afectada por la altura y la temperatura del aire de entrada

Tabla 18. Factores de corrección por altura.

Altura (mts)	Tipo de Motor	
	Normal	Sobrealimentado
600	0.981	0.981
900	0.937	0.951
1200	0.899	0.917
1500	0.858	0.885
1800	0.823	0.853
2100	0.784	0.823
2400	0.749	0.794
2700	0.717	0.770
3000	0.685	0.744
3600	0.618	0.619
4200	0.557	0.635
4800	0.501	0.586

Referencia Tabla 2 TILER G. HICKS Manual Practico de cálculos de ingeniería

Tabla 19 factores de corrección por temperatura

Temperatura de entrada °C	Factor de corrección
32° o menos	1.00
35	0.986
41	0.962
43	0.950
46	0.937
49	0.925
52	0.913
54	0.900

$$PS = PN \times FCA \times FCT$$

PS= Potencia de salida

PN= Potencia a nivel del mar

FCA= Factor de corrección por altura

FCT = Factor de corrección por temperatura

Fijación de las RPM

Tabla 20 revoluciones en función de las reparaciones

Para rpm	Con 1 RAF	Con 2 RAF	Con 3 RAF
900/720	80000	120000	160000
1200	40000	60000	80000
1800	20000	30000	40000

RAF: Reparación antes de falla

- Potencial de Vida  
( 2 RAF)

Tabla 21 Horas trabajadas por año y horas de vida

Horas de vida		120000	60000	30000
Hrs/año	RPM	900	1200	1800
1000		120	60	30
2000		60	30	15
3000		40	20	10
4000		30	15	7
5000		24	12	6
6000		20	10	5