



Colegio Nacional Galápagos

Puerto Ayora, Cantón Santa Cruz, Galápagos, Ecuador.

Septiembre 2004

Resumen de Actividades del Proyecto de Renovación y Mejora del Sistema Fotovoltaico.

De acuerdo al Convenio de Trabajo establecido entre el Colegio Nacional Galápagos, SolarQuest® y la Dirección Provincial de Educación de Galápagos, se llevó a cabo el Proyecto de Renovación y Mejora del Sistema Fotovoltaico del Colegio Nacional Galápagos, durante el periodo comprendido del 29 de Julio del 2004, al 20 de Julio del 2004.

Las actividades realizadas se especifican a continuación:

- a):** Invitación para implementar un programa de hermanamiento entre el Colegio Nacional Galápagos y el *Pacific Collegiate School* de la ciudad de Santa Cruz, en Estados Unidos.
- b):** Taller Informativo sobre el Proyecto.
- c):** Taller teórico-práctico para la implementación del Proyecto.
- d):** Implementación de un sistema de supervisión remoto del sistema fotovoltaico.
- e):** Implementación de un sistema de medición de variables ambientales.

a): El día martes 29 de Junio del 2004 se llevó a cabo una reunión entre la Rectora, María López Balseca, el Vice-rector, Edgar Larrea Naranjo y el profesor Ricardo Gavilánez Yañez, por parte del Colegio Nacional Galápagos, y David Hodges, Schoen Hodges, Alfonso Tovar y Loren Kallevig, por parte del Pacific Collegiate School y SolarQuest®. El propósito de esta reunión fue explorar los intereses y las posibilidades de establecer un programa de intercambio académico y estudiantil entre el CNG y el PCS. Ambas partes discutieron los potenciales y beneficios de una colaboración entre ambas instituciones, así como las perspectivas para lograr el acercamiento entre ellas con miras a una eventual consolidación de relaciones entre las dos escuelas. La rectora del CNG presentaría la propuesta a la mesa directiva y de padres de familia del CNG. El profesor Ricardo Gavilánez fue nombrado responsable para atender la comunicación entre el CNG y el PCS. David Hodges se comprometió a presentar esta propuesta ante la mesa directiva del PCS a su regreso a Estados Unidos. SolarQuest® participó en esta reunión como el catalizador de este evento, y como parte de las actividades contempladas en el Programa Micro-Solar de Educación a Distancia que actualmente conduce en el archipiélago de las Galápagos.

b): Los días miércoles 30 de Junio y jueves 1º de Julio del 2004, el ingeniero Alfonso Tovar Fonseca de SolarQuest®, convocó a una conferencia abierta para todo el personal docente y administrativo del Colegio Nacional Galápagos, con el objeto de informar acerca del Proyecto de Renovación y Mejora del Sistema



Fotovoltaico. Las conferencias tuvieron una duración aproximada de 3 horas cada día con una amplia participación de profesores y personal administrativo. En estas conferencias se expusieron las obras a realizar para renovar y mejorar el sistema fotovoltaico existente. Se presentaron conceptos básicos sobre sistemas fotovoltaicos, se llevó a cabo un recorrido guiado al sistema fotovoltaico y se expuso el nuevo equipo electrónico por instalar. Asimismo, se abordaron temas sobre energía renovable y sustentabilidad.

c): A partir del día viernes 2 de Julio y hasta el día martes 20 de Julio del 2004 (16 días efectivos), se llevó a cabo un taller de capacitación en sistemas fotovoltaicos enfocado en el sistema del CNG. Simultáneamente, se realizaron las obras de renovación y mejora del sistema.

Los temas tratados en el taller se enlistan a continuación:

- La Geometría Solar.
- El Recurso Solar.
- Introducción a los procesos fotovoltaicos en materiales semiconductores y fabricación de paneles solares.
- Introducción y conceptos generales de sistemas fotovoltaicos, enfatizando las características propias del sistema por instalar en el Colegio Nacional Galápagos.
- Conceptos básicos de electroquímica.
- Baterías: mantenimiento y parámetros (especialmente la estimación de energía acumulada).
- Carga y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico.
- Dimensionamiento del cableado.
- Capacitación en el manejo y configuración del nuevo equipo instalado (marca *OutBack*).

El horario establecido para este taller teórico-práctico fue de Lunes a Viernes de 2:00 p.m. a 5:00 p.m. y Sábados de 8:00 a.m. a 4:00 p.m. En términos generales las actividades sobrepasaron los horarios establecidos, pero los participantes voluntariamente extendieron su estancia en el aula o en el sitio de obras. El tiempo asignado al curso en el aula y al trabajo en el sitio donde se encuentra el sistema siempre fue flexible y definido en términos de las necesidades diarias. El tiempo estimado que se dedico a la parte teórica es de 25 horas. El tiempo estimado que se dedico al trabajo de renovación y mejora del sistema fotovoltaico es de 50 horas. Los participantes en este taller fueron profesores y alumnos. Sus nombres se enlistan a continuación:

1. Alexandra Burgos Alay
2. Raimundo Tomalá Alvarado
3. Ricardo Gaviláñez Yañez
4. Luis Rosero Silva
5. Bolivar Mazaquisa
6. Luis Oña Yauli
7. José Caicedo
8. Patricia Padilla Iñiguez
9. Federico Carrión Barrera
10. Enrique Torres Landivar
11. Walter Sibri
12. Christian Pérez Cando
13. Wilson Villacís Manzano
14. Eusebio Bohórquez Ascencio
15. Alfonso Tovar Fonseca (instructor)



Las modificaciones realizadas al sistema fotovoltaico previamente instalado en el Colegio Nacional Galápagos consistieron en lo siguiente:

- **Recableado de los paneles fotovoltaicos:** Se retiraron todos los cables -incluyendo los de conexión a tierra- de los paneles solares. Se limpiaron, reemplazaron y apretaron en caso necesario, las terminales de los cables de tierra. Cables (aislante) en mal estado fueron desechados y sustituidos por cable nuevo. Se desecharon todos los tornillos existentes para los cables de tierra y se instalaron tornillos de acero inoxidable. Los paneles fueron reconectados en conjuntos de 4 paneles en serie. Se crearon dos “arrays”, o grupos fotovoltaicos, de 20 paneles cada uno.

▪ **Grupo FotoVoltáico A**

Numero de paneles: 20 (potencia del Grupo FV-A: 20 @ 85 W = 1,700 W)

Configuración: Conjuntos de 4 paneles conectados en serie.

Número de conjuntos conectados en paralelo: 5

Potencia por conjunto: 4 paneles @ 85 W por c/u = 340 W (72 Vp – 4.72 A)

Potencia del Grupo A: 5 conjuntos @ 340 W por c/u = 1,700 W (72 Vp – 23.6 A)

▪ **Grupo FotoVoltáico B**

Numero de paneles: 20 (potencia del Grupo FV-B: 20 @ 85 W = 1,700 W)

Configuración: Conjuntos de 4 paneles conectados en serie.

Número de conjuntos conectados en paralelo: 5

Potencia por conjunto: 4 paneles @ 85 W por c/u = 340 W (72 Vp – 4.72 A)

Potencia del Grupo B: 5 conjuntos @ 340 W por c/u = 1,700 W (72 Vp – 23.6 A)

- Se reemplazaron las cajas de conexión originales del Grupo FV-A y del Grupo FV-B por cajas construidas con fibra de vidrio resistente a la intemperie. Cada caja de conexión cuenta con 5 interruptores termomagnéticos y protección contra rayos.
- La Centralita fue desconectada y retirada de su sitio original. Actualmente se encuentra en la bodega del CNG y será dada de baja del inventario del CNG. SolarQuest® tomará la custodia de la unidad.
- Se instaló equipo de control fotovoltaico nuevo:
2 Controladores de Carga: OutBack MX60
Especificaciones:

| | |
|-------------------------------------|---|
| Corriente de Salida | 60 A cd |
| Voltaje del Sistema | 12, 24, 36, 48 0 60 Vcd (ajustable) |
| Consumo de potencia en standby | > 1 Watt (típico) |
| Métodos de regulación de carga | 5 etapas: bulk, absorción, apagado (batería cargada), flotante, ecualización |
| Intervalos de regulación de voltaje | 13 – 80 Vcd |
| Compensación por temperatura | 5 milivits por grado C por celdas de 2 V (sensor opcional) |
| Capacidad de disminución de voltaje | Puede convertir cualquier voltaje de salida de un sistema FV que este dentro de los límites de voltaje a circuito abierto (120 Vcd) a cualquier voltaje de las baterías del sistema. Por ejemplo, en el caso del sistema del CNG, el MX60 convierte el voltaje FV de 72 Vcd a los 48 Vcd de las baterías del sistema. |
| Temperatura de operación | -40 °C a 60 °C |
| Clasificación ambiental | Interior, tipo 1 |
| Interface remota | Conector RJ45 para cable CAT5 de 8 hilos |
| Dimensiones | 368 (alto) x 146 (ancho) x 146 (profundidad) mm |
| Peso | 5.8 Kg |



2 Inversores: OutBack FX2548
Especificaciones:

| | |
|--|---|
| Potencia continua a 25 °C | 2500 VA |
| Voltaje nominal de entrada (cd) | 48 Vcd |
| Voltaje nominal de salida (ca)/frecuencia | 120 Vac/60 Hz |
| Salida continua a 25 °C | 21 A ca rms |
| Consumo del equipo (sin carga) | 21 a 23 W cd (típico) |
| Eficiencia (25 oC y 75% de carga) | 93% (suminiendo 1875 a una carga resistiva) |
| Distorsión armónica total (voltaje) | 2% típico / 5% máximo |
| Regulación de voltaje de salida | +/. 2% típico (bajo condiciones de carga estable) |
| Capacidad de Potencia Pico – Salida ca | |
| Pico (1 mS) | 56 A ca |
| rms (100 mS) | 40 A ca |
| Capacidad de Sobrecarga (iniciando a 25 °C) | |
| 5 segundos | 4800 VA |
| 5 minutos | 3300 VA |
| 30 minutos | 2800 VA |
| continuo | 2500 VA |
| Transferencia automática de ca | 60 A ca @ 120 Vca |
| Corriente de entrada ca | 60 A ca máximo (ajustable) |
| Rango de voltaje de entrada ca | 90 – 140 Vca (ajustable) |
| Rango de frecuencia – entrada ca | 54 – 66 Hz |
| Rango de voltaje de entrada cd | 40 – 66 Vcd (corte por batería baja ajustable) |
| Interruptor de entrada (cd) recomendado | 100 A cd |
| Salida del cargador de baterías (continuo) | 30 A cd |
| Método de regulación de carga de baterías | 5 etapas (bulk/absorción/flotación/apagado/ecualización manual) |
| Rango de temperatura de operación | -40 °C a 60 °C (disminuir 20 VA/°C después de 25 °C) |
| Clasificación ambiental | Resistente al agua IEC 529 IP 65 |
| Dimensiones | 412.7 (Largo) x 209.5 (Ancho) x 29.2 (Alto) mm |
| Peso | 28 Kg |

Como parte del sistema de control de los equipos Outback, también se instalaron dos dispositivos electrónicos: Outback Mate (elemento de control) y Outback Hub (dispositivo de 5 puertos para interconectar los 4 componentes del sistema fotovoltaico OutBack: 2 controladores de carga, 2 inversores y OutBack Mate).

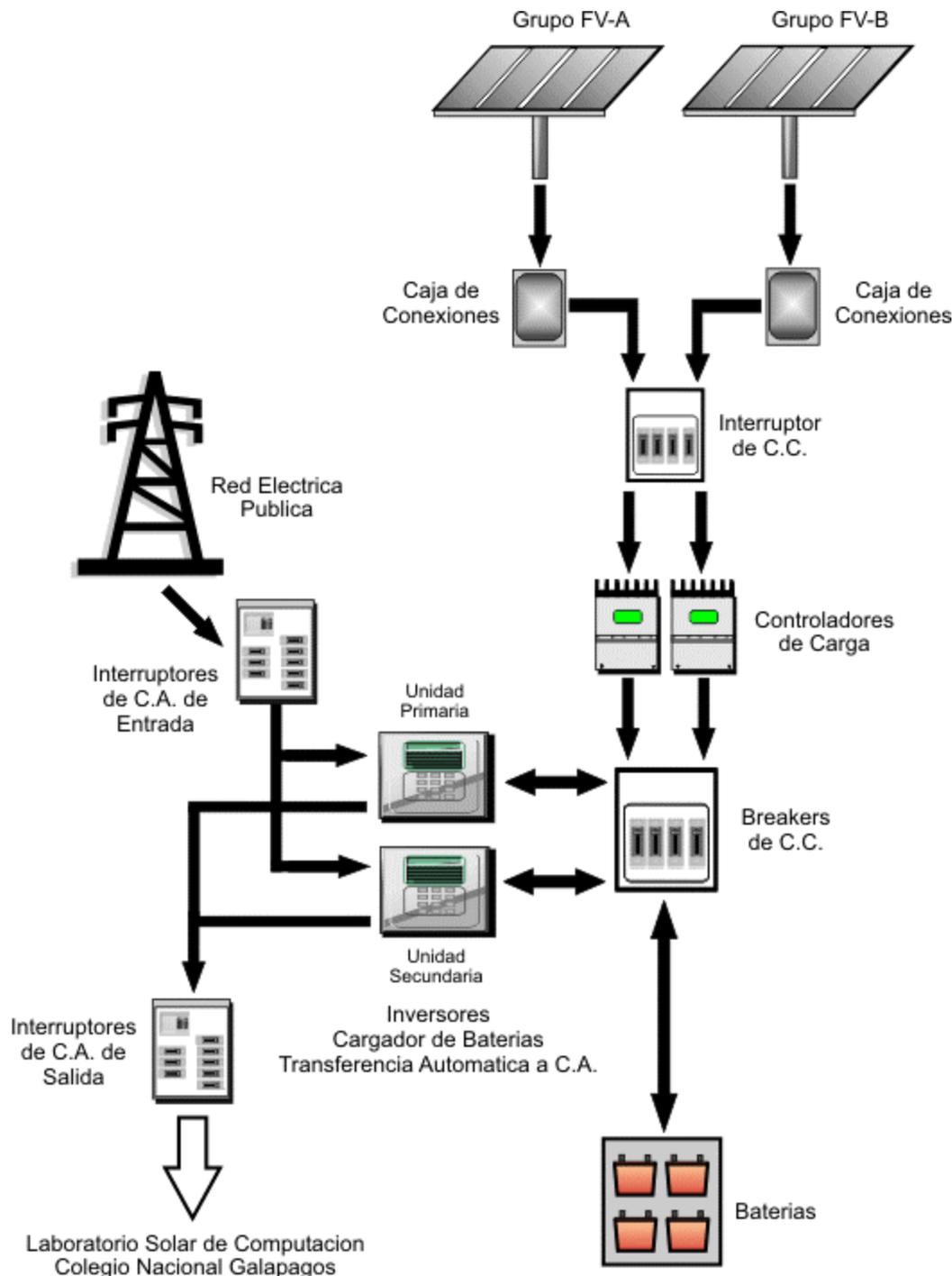
- Se instalaron dos cajas de interruptores. Una para la parte de corriente alterna (PS2AC) y otra para la parte de corriente directa (PS2DC). Cada caja incluye los siguientes componentes:

| PS2DC | | PS2AC | |
|-------------------------------------|----------|---|----------|
| Artículo | Cantidad | Artículo | Cantidad |
| Interruptor de 100 A cd | 2 | Interruptor doble de 60 A ca | 3 |
| Interruptor de 60 A cd | 2 | Interruptor sencillo de 40 A ca | 6 |
| Ventilador y cubrepolvo para FX2548 | 2 | Autotransformador X-240 | 1 |
| Shunt de 500 A | 1 | Barra de potencia (negro, rojo, blanco, tierra) | 4 |
| Barra de potencia (negro, tierra) | 2 | | |

- Limpieza de las terminales sulfatadas de las baterías. Ecualización manual de las mismas. Se contrato a un mecánico para elaborar 25 anillos roscados de bronce para remplazar los anillos originales. La mitad del total de anillos de todas las baterías (2 anillos por cada terminal) se encontraban prácticamente destruidos por la corrosión.
- Se retiraron cables en desuso de los conductos que parten del cuarto de control.

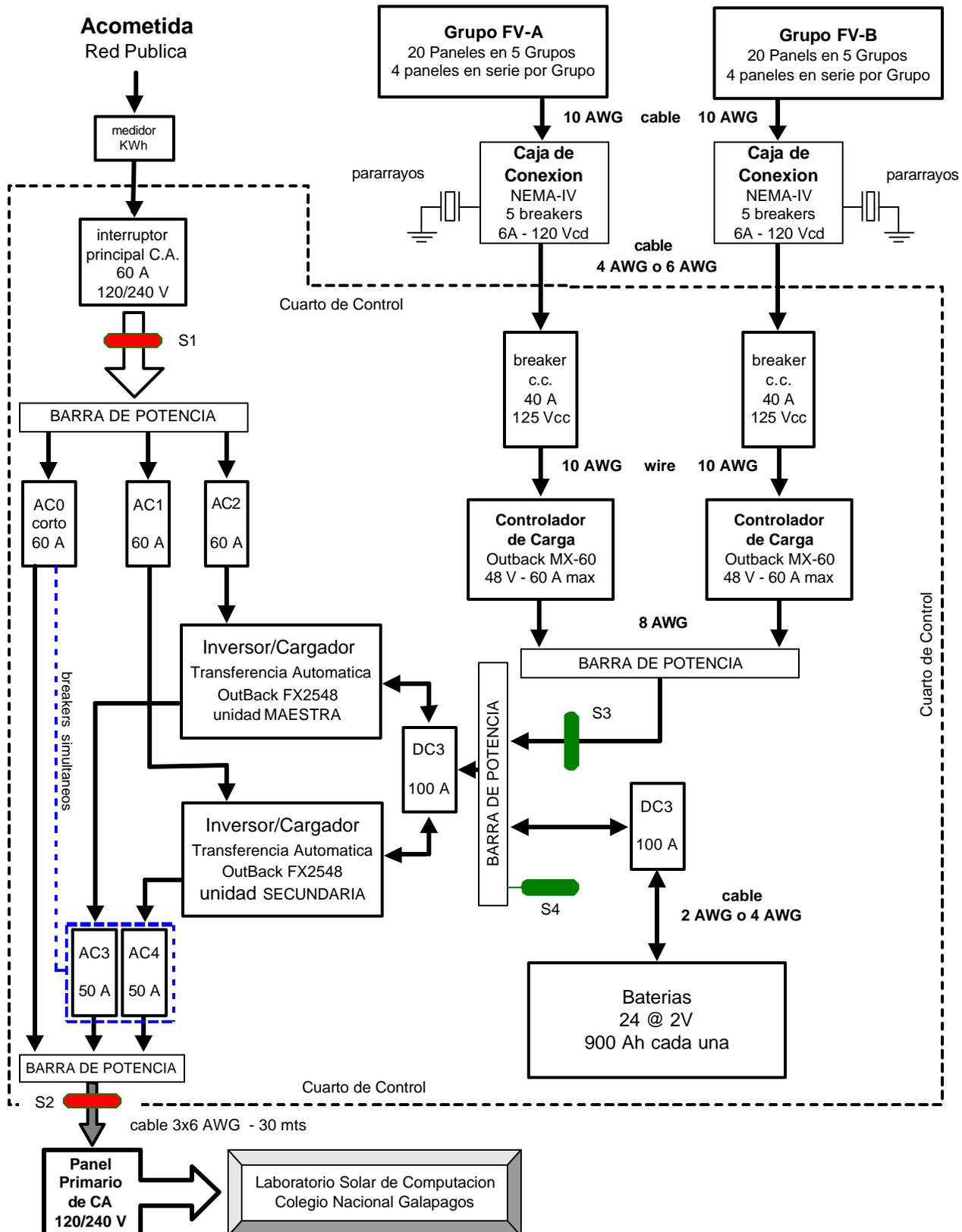


- Se realizaron modificaciones en el cableado de una parte del laboratorio de computación para asegurar que no existe otra fuente de energía eléctrica en ese circuito, mas que el sistema fotovoltaico. El sistema fotovoltaico proporciona energía al equipo de computación recientemente instalado en el laboratorio (8 computadoras, 1 servidor, 1 switch, las unidades UPS, un escáner, una impresora) y la iluminación total del laboratorio de computación. ¡NO debe añadirse ninguna otra carga a este circuito!
- Esquema:





- Diagrama a bloques del nuevo sistema fotovoltaico instalado en el CNG:





- Lista de los nuevos componentes eléctricos/electrónicos instalados en el CNG:

| Componente | cant | Modelo |
|---|--|------------------|
| Inversor/Cargador de Baterías/Transferencia Automática de C.A. | 2 | Outback FX 2548T |
| Controlador de Carga | 2 | Outback MX-60 |
| Dispositivos de Control para el Sistema | | |
| MATE Dispositivo de control, configuración y pantalla para los equipos Outback. | 1 | Outback MATE |
| HUB-4 Dispositivo de comunicación entre los equipos Outback | 1 | Outback HUB-4 |
| Caja de Conexiones Características: Caja NEMA-IV con seguro Grupo FV-A y Grupo FV-B 5 entradas con breakers de 6 A – 120 V cd Pararayos | 2 | |
| Caja de Interruptores Para la sección de Corriente Alterna del sistema FV Autotransformador X-240 Interruptor doble de 60 A Interruptor doble de 40 A Barras de potencia | 1 3 6 4 | PS2DC |
| Caja de Interruptores Para la sección de Corriente Directa del sistema FV Interruptor de 100 A Interruptor de 60 A Barras de potencia Shunt de 500 A Ventilador y cubrepolvo para FX2548 | 2 2 2 1 2 | PS2AC |

d): Como parte integral del sistema fotovoltaico, se instaló un sistema de adquisición de datos automático para recolectar y transmitir información sobre el desempeño eléctrico del sistema. Existen 4 sensores instalados en el sistema, 2 de corriente alterna (S1 y S2) y dos de corriente directa (S3 y S4). El sistema colecta información de los 4 sensores cada 15 minutos y transmite la información a través de un enlace de Internet, a la base de datos de SolarQuest®. La información recolectada es accesible mediante cualquier web-browser en la dirección: <http://www.rmeter.com/>

S1 y S2 son instrumentos para medir la energía eléctrica en KWh. S1 mide la energía total suministrada por la compañía eléctrica cuando el sistema no es capaz de generar suficiente para satisfacer la demanda. S2 mide la energía total que demanda la carga (consumo).

S3 mide la corriente total generada por los paneles fotovoltaicos y S4 mide el voltaje del sistema.

La tarjeta de adquisición de datos y los sensores se encuentran instalados en el cuarto de control, donde también se encuentra el equipo fotovoltaico.



e): También se instaló un sistema de adquisición de datos automático que mide y colecta 10 variables ambientales:

- Radiación solar
- Radiación UV
- Temperatura exterior e interior.
- Velocidad y dirección del viento.
- Humedad exterior e interior.
- Presión barométrica.
- Precipitación pluvial.

Este sistema consiste en una computadora dedicada que lleva a cabo el enlace con una conexión activa de Internet, y con una consola que permite una lectura fácil de estas 10 variables. La información es accesible a través de un web-browser browser en la dirección: <http://www.rmeter.com/>

La computadora dedicada y la consola se encuentran instaladas en la sala de computación para los profesores. No desconectar ninguno de los dos elementos.

El costo aproximado del sistema, en dólares US, y sin incluir costos de transportación y servicios profesionales puede resumirse de la siguiente manera:

| Artículo | Cantidad | Precio Unitario | Subtotal |
|---|----------|-----------------|-------------------|
| Inversor FX2548 | 2 | 1,611.35 | 3,222.70 |
| Controlador de Carga MX60 | 2 | 459.94 | 919.88 |
| Caja de Conexiones | 2 | 180.00 | 360.00 |
| PS2DC | 1 | 250.25 | 250.25 |
| PS2AC | 1 | 297.86 | 297.86 |
| Autotransformador X-240 | 1 | 199.98 | 199.98 |
| Controlador Mate | 1 | 202.87 | 202.87 |
| HUB-4 | 1 | 146.92 | 146.92 |
| Interruptores total | | 265.00 | 265.00 |
| Anillos de bronce | 25 | 60.00 | 60.00 |
| Material diverso comprado en Puerto Ayora | | 300.00 | 300.00 |
| Sistema de Adquisición de datos de energía (incluye sensores) | 1 | 1,500.00 | 1,500.00 |
| Sistema de Adquisición de datos ambientales | 1 | 1,500.00 | 1,500.00 |
| TOTAL | | | \$9,225.46 |

Atentamente,

Ing. Alfonso Tovar Fonseca

SolarQuest®
147 South River St. No. 207
Santa Cruz, CA 95060 U.S.A
+1 (831) 423-4362