7
Construyendo un Nodo en Exteriores

Se deben tener en cuenta muchas consideraciones prácticas cuando instalamos equipamiento electrónico en exteriores. Obviamente, debe protegerse de la lluvia, el viento, el sol y otros elementos dañinos. Debemos proveer energía, y la antena tiene que estar montada a una altura suficiente. Sin la puesta a tierra adecuada, los rayos que puedan caer cerca, las fluctuaciones de tensión eléctrica, y hasta el viento pueden destruir nuestro enlace inalámbrico. Este capítulo le dará una idea de los problemas prácticos a los que va a tener que enfrentarse cuando instale equipamiento inalámbrico en exteriores.

Cajas herméticas

Las cajas herméticas vienen en muchas variedades. Para crear un contenedor hermético para equipamiento de uso en exteriores se puede usar metal o plástico.

Por supuesto, el equipo necesita energía para funcionar, y debe ser conectado a una antena y a un cable Ethernet. Cada vez que usted perfora un contenedor hermético, crea un nuevo lugar por el cual puede ingresar el agua.

La Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos de USA (*NEMA - National Electrical Manufacturers Association*) estipula normativas para proteger el equipamiento eléctrico de la lluvia, la nieve, el polvo y otros contaminantes. Una caja que cumpla la clasificación ***NEMA 3*** o superior es adecuada para el uso en climas benignos. Una ***NEMA 4X*** o ***NEMA 6*** provee una excelente protección aún cuando sea expuesta al hielo o a un chorro de agua. En el

caso de los elementos que perforan el cuerpo de la caja (como los cables y los conectores), NEMA les asigna un índice de protección del ingreso (IP). Un índice de protección de ingreso de ***IP66*** o ***IP67*** protege esas perforaciones de un chorro muy fuerte de agua. Una buena protección para exteriores también debe proveer bloqueo contra las radiaciones UV para prevenir la rotura del precinto por la exposición al sol, así como para proteger el equipamiento que está adentro.

Claro que puede que sea un desafío encontrar en su región cajas clasificadas por NEMA. A menudo se pueden reciclar materiales locales para usarlos como recipientes herméticos. Se pueden utilizar cajas de plástico o de metal, conductos eléctricos para las casas y hasta contenedores de plástico para comida. Cuando perforamos una caja, debemos utilizar juntas de buena calidad o sellos toroidales (*o rings*) para sellar la abertura. En el caso de instalaciones temporales se puede utilizar como sellador un compuesto de silicona estabilizada para soportar rayos UV, o algún compuesto adhesivo flexible, pues recuerde que los cables se mueven con el viento y si el adhesivo es rígido al cabo de un tiempo empezará a resquebrajarse y permitir la entrada de humedad.

La vida de una caja de plástico se puede extender mucho dándole alguna protección al sol. Colocar la caja a la sombra, así sea bajo otro equipamiento, un panel solar, o una lámina delgada de metal específicamente para ese propósito, extenderá la vida de la caja así como la del equipo que está contenido en su interior.

Antes de colocar cualquier dispositivo electrónico en una caja sellada, asegúrese de satisfacer los requerimientos mínimos de disipación del calor. Si su placa madre requiere un ventilador o un difusor de calor muy grande, recuerde que allí no va a haber corriente de aire y probablemente su equipamiento vaya a recalentarse hasta dañarse. Utilice solamente componentes electrónicos que estén diseñados para ser usados en un medio ambiente sin circulación de aire.

Suministro de energía

La corriente DC puede ser provista simplemente haciendo una perforación en su caja y pasando un cable. Si su caja es lo suficientemente grande (como por ejemplo una caja eléctrica para exteriores) puede dotarla de un tomacorriente AC, pero los fabricantes están adoptando una solución muy práctica que elimina la necesidad de una perforación adicional en la caja: Energía a través de Ethernet (***PoE*** por su sigla en inglés).

El estándar 802.3af define un método para proveer energía a los dispositivos usando los pares que no se utilizan en un cable Ethernet estándar. En un

cable CAT5 se pueden suministrar cerca de 13 vatios de forma segura y sin interferir con la transmisión de datos en el mismo cable. Los nuevos conmutadores Ethernet que soportan 802.3af (denominados *end span injectors*) entregan energía directamente a los dispositivos conectados. Estos conmutadores pueden proveer energía en los mismos cables que son utilizados para los datos (pares 1-2 y 3-6) o en los no usados (pares 4-5 y 7-8). Una alternativa que no requiere conmutadores especiales es utilizar los llamados inyectores de DC (*mid span injectors*,) que se colocan entre los conmutadores Ethernet y el dispositivo a alimentar. Estos inyectores proveen energía mediante los pares no utilizados para transmitir datos.

Si su enrutador inalámbrico o su CPE incluyen soporte para 802.3af, en teoría podría simplemente conectarlo a un inyector. Desafortunadamente, algunos fabricantes (particularmente Cisco) utilizan otra polaridad de corriente, y conectar unos equipos no compatibles puede dañar el inyector y el equipamiento al que debíamos alimentar. Lea con cuidado las instrucciones y asegúrese de que su inyector y el equipamiento inalámbrico coinciden en los conectores y la polaridad que debe utilizarse para alimentarlos.

Si su equipamiento inalámbrico no soporta alimentación por Ethernet, puede sin embargo aprovechar los pares libres en el cable CAT5 para transportar la energía. Puede utilizar un ***inyector pasivo PoE*** comercial, o construir uno usted mismo. Estos dispositivos aplican la corriente continua (DC) a los pares libres en un extremo del cable, mientras que en el otro extremo los pares se aplican mediante un conector apropiado al receptáculo del dispositivo a alimentar. El par de dispositivos pasivos PoE se pueden adquirir por menos de $20.

Para hacerlo usted mismo, tiene que saber cuánta potencia requiere el dispositivo para funcionar, y además suministrar una corriente y voltaje lo suficientemente grandes para cubrir la pérdida en el cable Ethernet. No debe aplicar demasiada potencia porque la baja resistencia del cable constituye un riesgo de incendio. Puede encontrar un programa que calcula la pérdida de voltaje en un cable CAT5, en el siguiente sitio:
http://www.gweep.net/~sfoskett/tech/poecalc.html

Una vez que conoce la potencia y la polaridad eléctrica adecuadas para abastecer su equipamiento inalámbrico, aplique el conector al cable CAT5 utilizando solamente los hilos de datos (pares 1-2 y 3-6). Luego conecte la fuente de alimentación de corriente continua a los pares 4-5 (en general azul / azul-blanco) y 7-8 (marrón / marrón-blanco) en un extremo, y a la clavija tubular de alimentación en el otro. Una guía completa de cómo construir su propio inyector POE desde cero, está en: *http://nycwireless.net/poe/*

Consideraciones de montaje

En muchos casos, el equipamiento está ubicado en un edificio donde hay una ventana con vidrios comunes a través de los cuales pasan los rayos de luz. Los vidrios normales producen poca atenuación, pero los coloreados generan una atenuación inaceptable. El montaje en interiores simplifica mucho los temas de energía y resistencia al agua, pero evidentemente es útil solo en áreas muy pobladas.

Cuando colocamos antenas en torres, es muy importante utilizar soportes separadores, y no adosarlas directamente en la torre. Los soportes ayudan en muchas funciones incluyendo separación, alineación y protección de la antena.

Los soportes deben ser lo suficientemente fuertes para aguantar el peso de la antena, y también mantenerla en su lugar en los días ventosos. Recuerde que las antenas pueden actuar como pequeñas velas y cuando hay vientos fuertes pueden hacer mucha fuerza sobre sus montajes. Cuando estimamos la resistencia al viento, se debe considerar la superficie total de la antena, así como la distancia desde el centro de la antena al punto en el que está pegada al edificio. Las antenas grandes como los platos o los paneles sectoriales de gran ganancia pueden tener una considerable carga de viento. Si utilizamos una parabólica grillada o en malla, en lugar de un plato sólido, ayudaremos a reducir la carga del viento sin afectar mucho la ganancia de la antena. Asegúrese de que los soportes de montaje y la estructura de soporte en general sean sólidos, de otra forma su antena se va a desalinear con el tiempo (o aún peor, ¡se va a caer toda a torre!).

Los soportes deben tener una separación suficiente de la torre para permitir la alineación, pero no tanta que pueda impedir alcanzarla si se necesita mantenimiento o servicio.

El tubo del soporte de la antena debe ser circular, para que la antena pueda girar a fin de alinearla. Además, el tubo debe ser vertical. Si se está colocando en una torre de sección variable, el soporte de separación debe diseñarse para ser colocado verticalmente. Esto se logra utilizando brazos de diferente longitud, o combinaciones de varillas roscadas y placas de acero.

Figura 7.1: Una antena con un soporte de separación instalándose en una torre.

Como el equipamiento va a estar en exteriores durante toda su vida de servicio, es importante asegurarse de que el acero utilizado sea a prueba de herrumbre. El acero inoxidable a menudo tiene un precio demasiado alto para instalaciones en torres, por eso se prefiere el galvanizado al calor, pero es posible que no esté disponible en algunas áreas. Una buena pintura antióxido también puede servir. Si se elige esta opción, debe que planificar una inspección anual del montaje y si es necesario repintarlo.

Torres Venteadas o Atirantadas

Una torre venteada a la que se pueda trepar es una excelente elección para muchas instalaciones, pero en el caso de estructuras muy altas se necesita una torre autosoportada.

En el caso de las torres venteadas, colocar una polea en la cima del mástil facilita su instalación. El mástil se asegura a la sección más baja ya colocada, mientras que las dos secciones de la torre se acoplan con una unión articulada. Una cuerda pasada por la polea facilita el levantamiento de la siguiente sección. Luego de que esa sección esté vertical, sujétela a la sección más baja del mástil. El mástil (denominado en inglés gin pole) se retira, y si es necesario se puede repetir la operación. Apriete los cables de vientos

cuidadosamente, deben tener todos la misma tensión. Elija los puntos de anclaje para que los ángulos, vistos desde el centro de la torre, estén tan equiespaciados como sea posible.

Figura 7.2: Una torre venteada escalable.

Torres autosoportadas

Las torres autosoportadas son caras pero algunas veces son necesarias, particularmente cuando se requiere una gran altura. Pueden ser tan simples como un mástil robusto enterrado en una fundación de concreto, o tan complicadas como una torre de radio profesional.

Figura 7.3: Una torre autosoportada sencilla.

Algunas veces se puede utilizar una torre ya existente, aunque se deben evitar las antenas de transmisión AM porque toda la estructura es activa. Las torres de estaciones FM son aceptables si se mantiene por lo menos algunos metros de separación entre las antenas. Tenga en cuenta que si bien las antenas de transmisión adyacentes pueden no interferir con su conexión inalámbrica, una FM de alta potencia puede causar interferencia en el cable Ethernet. Siempre que utilice una torre ocupada por muchas antenas, tenga mucho cuidado con la puesta a tierra y considere la conveniencia de utilizar cable apantallado para los datos.

Figura 7.4: Una torre mucho más complicada.

Montajes sobre el techo

En los techos planos se pueden utilizar montajes para la antena que no penetren el piso. Consisten de un trípode colocado en una base de metal o de madera. Luego la base se carga con ladrillos, bolsas de arena, bidones de agua, o con cualquier otra cosa pesada. Utilizando este montaje eliminamos la necesidad de perforar el techo con tornillos, evitando potenciales goteras.

Figura 7.5: Esta base de metal puede cargarse con bolsas de arena, rocas o botellas de agua para lograr una plataforma estable sin penetrar el techo.

Cuando ya existe alguna estructura, como chimeneas o las paredes de los edificios, podemos utilizar montajes en la pared o soportes metálicos. Si las antenas se deben colocar a más de cuatro metros sobre el nivel del techo, una torre escalable puede ser la mejor solución para permitir el acceso más sencillo al equipamiento y para prevenir los movimientos de la antena durante fuertes vientos.

Metales diferentes

Para minimizar la corrosión electrolítica cuando dos metales diferentes están en contacto en presencia de humedad, sus potenciales electrolíticos deben ser lo más cercanos posible. Utilice grasa dieléctrica en la conexión entre dos metales de tipo diferente para prevenir el efecto de electrólisis.

El cobre no debe tocar nunca los materiales galvanizados de forma directa sin una protección adecuada de la unión. El agua en contacto con el cobre incorpora iones que atacan la cobertura galvanizada (*zinc*) de la torre. El acero inoxidable puede usarse como material separador, pero debe tener en cuenta que éste no es un buen conductor. Si se utiliza como separador entre el cobre y los metales galvanizados, la superficie de contacto debe ser grande y la longitud a atravesar, corta. Debe utilizarse un compuesto protector de juntas para cubrir la conexión, y para que el agua no pueda pasar entre los diferentes metales.

La humedad en los conectores es sin duda la causa de fallos más observada en los radioenlaces. Debe apretar los conectores firmemente, pero nunca utilice una llave inglesa u otra herramienta para hacerlo. Recuerde que los metales se expanden y contraen con los cambios de temperatura, y que un conector demasiado ajustado se puede romper en climas extremos.

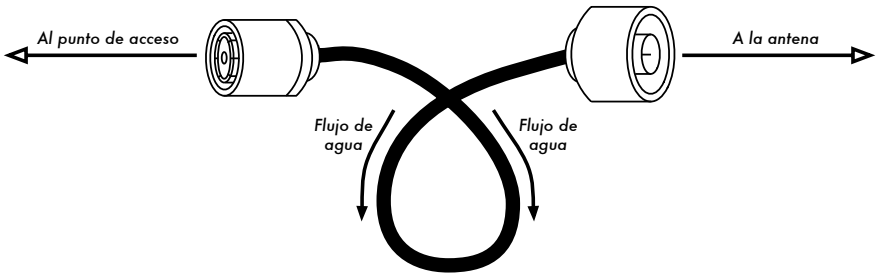

Figura 7.6: Un bucle en forma de gota fuerza al agua de lluvia a alejarse de sus conectores.

Una vez ajustados, los conectores se deben proteger aplicando una capa de cinta aisladora, luego una capa de cinta o mastique sellador y luego otra capa de cinta aisladora. El sellador protege el conector de la filtración del agua, y la capa de cinta protege el sellador del daño por los rayos UV. Los cables deben tener un bucle en forma de gota extra para evitar que el agua ingrese dentro del radio.

Seguridad

Cuando esté trabajando en las alturas utilice siempre arneses de seguridad amarrados a la torre. Si nunca ha trabajado en una torre, contrate a un profesional que lo haga por usted. En muchos países se requiere entrenamiento especial para estar autorizado a trabajar en torres por encima de cierta altura.

Evite trabajar en las torres cuando haya fuertes vientos o tormentas. Cuente siempre con un compañero, y suba sólo cuando haya buena luz. Trabajar en

una torre puede llevar más tiempo del que usted piensa y es ***extremadamente*** peligroso trabajar en la oscuridad. Tómese todo el tiempo necesario para completar el trabajo antes de que se oculte el sol, y si el tiempo no le alcanza recuerde que la torre estará allí en la mañana, cuando usted pueda retomar el problema después de haber tenido una buena noche de descanso.

Alineación de antenas en un enlace a larga distancia

La clave para lograr una alineación exitosa de las antenas en un enlace a larga distancia es la comunicación. Si modifica muchas variables al mismo tiempo (es decir, un equipo comienza a mover la antena mientras el otro intenta tomar una lectura de la intensidad de la señal), el proceso tomará todo el día y probablemente va a terminar con las antenas desalineadas.

Deben utilizarse dos equipos. Idealmente, cada equipo estará conformado al menos por dos personas: una que tome las lecturas de la señal y se comunique con el extremo remoto, y la otra que manipule la antena. Éstos son puntos que debe tener en mente cuando trabaje con enlaces a larga distancia.

5. **Pruebe todo el equipamiento con anterioridad.** Antes de dirigirse al campo, configure los dispositivos, conecte las antenas con los cables apropiados y haga una prueba completa de conectividad de extremo a extremo. Desarme pare el transporte con la convicción de que en el campo sólo deberá conectar y energizar sin tener que modificar ningún parámetro. Este es un buen momento para acordar la polarización de las antenas (vea el capítulo dos si no comprende lo que significa polarización).
6. **Consiga equipo de comunicaciones de respaldo.** Si bien los teléfonos celulares usualmente son lo suficientemente buenos como para funcionar en las ciudades, la recepción móvil puede ser muy mala o inexistente en áreas rurales. Puede utilizar radios de dos vías para comunicación de voz como los FRS o GMRS, o si sus equipos tienen licencias para radio amateurs, utilice un par de radios VHF o UHF en bandas de radioaficionado. Trabajar a cierta distancia puede ser frustrante sobre todo si usted le está preguntando constantemente al otro equipo "¿pueden escucharme ahora?" Seleccione sus canales de comunicación y pruebe sus radios (incluyendo las baterías) antes de separarse.
7. **Lleve una cámara.** Tómese cierto tiempo para documentar la ubicación de cada enlace, incluyendo los edificios que lo rodean y las obstrucciones. Más adelante esto puede ser muy útil para determinar la viabilidad

de otro enlace en ese lugar sin tener que viajar en persona hasta allí. En su primera visita al lugar, registre las coordenadas con un GPS así como la elevación.

8. **Comience por estimar la orientación y elevación adecuadas.** Para comenzar, ambos equipos deben utilizar triangulación (utilizando las coordenadas del GPS o un mapa) para tener una idea general de la dirección hacia la cual apuntar. Utilice una brújula para alinear la antena en la orientación deseada. Los accidentes notables del terreno también son aprovechables para la orientación. Si puede utilizar binoculares para ver el otro extremo será aún mejor. Una vez que haya hecho sus conjeturas, tome una lectura de la intensidad de la señal recibida. Si ha hecho un buen estimado de la dirección, es probable que ya tenga señal.

9. **Si todo falla, construya su propia referencia de alineación.** Algunos tipos de terrenos hacen difícil juzgar la ubicación del otro extremo del enlace. Si está construyendo un enlace en un área con pocas marcas, una referencia hecha por usted mismo como una cometa, un globo, una lámpara de destello, una antorcha de emergencia o inclusive una señal de humo pueden ayudar. No necesariamente debe tener un GPS para alinear su antena.

10. **Pruebe la señal en ambas direcciones, pero una a la vez.** Una vez que ambos extremos han alineado lo mejor que pueden, el extremo con menos ganancia de antena debe dejarla fija. Utilizando una buena herramienta de monitoreo (como Kismet, Netstumbler, o la incluida en un buen cliente inalámbrico), el equipo con la antena de mayor ganancia debe girarla lentamente en el plano horizontal observando el medidor de señal. Una vez conseguida la mejor posición en el plano, intente modificar la elevación de la antena. Luego que se encuentra la mejor elevación, fije la antena en su lugar y avise al otro equipo para que realice el mismo procedimiento en el otro extremo. Repita este procedimiento un par de veces hasta encontrar la mejor posición para ambas antenas.

11. **No toque la antena cuando esté tomando una lectura.** Su cuerpo afecta el patrón de radiación de la antena. No la toque y no permanezca en el camino del haz cuando tome lecturas de la intensidad de la señal. Lo mismo se aplica para el equipo en el otro extremo del enlace.

12. **No vacile en seguir explorando después de obtener el máximo de señal recibida.** Como vimos en el capítulo cuatro, los patrones de radiación presentan muchos lóbulos laterales con sensibilidad inferior a la del lóbulo principal. Si la señal que recibe es menor que lo calculado puede que haya encontrado un lóbulo lateral. Continúe moviéndose lentamente más allá de ese lóbulo para ver si puede encontrar el lóbulo principal.

13. **El ángulo de la antena puede parecer errado.** El lóbulo principal de la antena a menudo irradia ligeramente hacia un lado o el otro del eje vis-

ual de la antena. No se preocupe de como luce la antena; la posición óptima es aquella que produce la mejor señal.

14. **Revise la polarización.** Puede ser frustrante intentar alinear un plato para descubrir que el otro equipo está utilizando la polarización opuesta. Repetimos, esto debe acordarse antes de dejar la base, pero si un enlace presenta una señal débil en todas las orientaciones, un nuevo chequeo de la polarización no va a hacer daño.
15. **Si nada funciona, pruebe todos los componentes uno a la vez.** ¿Están encendidos los dispositivos en ambos extremos? ¿Los pigtails y los conectores están conectados correctamente, sin partes dañadas o que generen sospecha? Como subrayamos en el capítulo ocho, una buena técnica de resolución de problemas le evita pérdida de tiempo y frustración. Trabaje lentamente y comunique frecuentemente su estado al otro equipo

Si trabaja metódicamente y con una buena comunicación, puede completar la alineación de antenas de gran ganancia en poco tiempo. Además si lo hace de forma apropiada, ¡será divertido!

Protección contra rayos y fluctuaciones de tensión eléctrica

La energía es un gran desafío para la mayoría de las instalaciones en el mundo en desarrollo. Donde hay redes eléctricas, a menudo carecen del mantenimiento adecuado, fluctúan dramáticamente y son susceptibles a los rayos. Una buena protección contra las fluctuaciones de tensión eléctrica es fundamental no sólo para proteger su equipamiento inalámbrico sino también para todo el equipo que está conectado a él.

Fusibles y cortacircuitos

Los fusibles son básicos pero se descuidan muy a menudo. En áreas rurales, y también en muchas zonas urbanas de los países en desarrollo, se hace difícil encontrar fusibles. A pesar del costo adicional, es preferible usar cortacircuitos (interruptores automáticos termomagnéticos). Probablemente haya que importarlos, pero vale la pena considerarlos. A menudo los fusibles quemados son reemplazados por monedas para restablecer el contacto. En un caso reciente, se destruyó todo el equipamiento electrónico en una estación de radio rural cuando cayó un rayo y atravesó el cableado que carecía de cortacircuito o fusible para protegerlo.

Puesta a tierra

Realizar una instalación de tierra adecuada no tiene por qué ser una tarea complicada. Se persiguen dos objetivos: proveer un cortocircuito a tierra en caso de que caiga un rayo, y proveer un circuito para que la energía estática excesiva sea disipada.

El primer objetivo es proteger el equipo de la caída directa o casi directa de un rayo, mientras que el segundo provee un camino para disipar el exceso de energía debida a la acumulación de electricidad estática. La estática puede causar una degradación significante de la calidad de la señal, particularmente en receptores sensibles (VSATs por ejemplo). Establecer un cortocircuito a tierra es sencillo. El instalador simplemente debe proveer un camino lo más corto posible desde la superficie conductora más alta (un pararrayos) hasta la tierra. Cuando un rayo impacta el pararrayos, la energía viaja por el camino más corto, y por lo tanto va a eludir el equipamiento. Este cable a tierra debe ser capaz de manejar corrientes grandes (se necesita un cable grueso, como un cable de cobre trenzado AWG 8).

Para poner a tierra al equipamiento, instale un pararrayos más arriba del equipo a proteger en una torre u otra estructura. Luego utilice un cable conductor grueso para conectar el pararrayos a algo que esté sólidamente conectado a tierra. Los caños o tuberías metálicas subterráneas pueden ser una muy buena tierra (dependiendo de su profundidad, la humedad, salinidad, cantidad de metal y contenido orgánico del suelo). En muchos lugares de África del Oeste las tuberías no están enterradas, y el equipamiento de tierra mencionado a menudo es inadecuado debido a la mala conductividad del suelo (típico de suelos tropicales estacionalmente áridos). Existen dos formas muy sencillas de medir la eficiencia de la puesta a tierra:

1. La menos precisa es conectar un UPS (Unidad de alimentación ininterruptible) de buena calidad o un multi-enchufe (regleta), que tenga un indicador de tierra (un ***LED –Diodo Emisor de Luz–***). Este LED es encendido por la energía que está siendo disipada por el circuito a tierra. Una tierra efectiva disipa pequeñas cantidades de energía a la tierra. Algunas personas utilizan esto para piratear un poco de corriente gratuita ¡ya que esta corriente no activa el contador de energía eléctrica!
2. Tome un bombillo de pocos vatios (30 W) con su receptáculo, conecte un cable a tierra y el segundo a la fase. Si la tierra está funcionando bien, el bombillo debería encenderse levemente.
3. La forma más sofisticada es simplemente medir la impedancia entre la fase y tierra.

Si su tierra no es eficiente va a tener que enterrar una jabalina (estaca) a mayor profundidad (donde el suelo es más húmedo, y tiene más materia

orgánica y metales), o mejorar la conductividad de la tierra. Un enfoque común en donde hay poco suelo es excavar un pozo de 1 metro de diámetro y 2 metros de profundidad, y colocar en él una pieza de metal conductor que tenga mucha masa. Esto a menudo se denomina ***plomo*** pero puede ser cualquier pieza de metal que pese 0,5 kg o más, tales como un yunque de hierro o una rueda de acero. Luego rellene el agujero con carbón mezclado con sal, y después llénelo hasta el tope con tierra. Humedezca el área, y el carbón y la sal se difundirán generando un zona conductora alrededor del plomo, mejorando de esta forma la eficiencia de la tierra.

Si usa cable coaxial entre la antena y el radio también puede aprovecharse para poner a tierra la torre, sin embargo un diseño más confiable usa un cable separado para la puesta a tierra de la torre. Para conectar a tierra el cable coaxial, simplemente pele un poco del revestimiento del cable en el punto más cercano a la tierra antes de que entre en el edificio, conecte un cable de tierra en ese punto, usando un buen conector o soldadura. No olvide impermeabilizar el sitio de la conexión.

Estabilizadores y reguladores de tensión

Hay muchas marcas de estabilizadores de tensión, pero la mayoría son digitales o electromecánicos. Los últimos son mucho más baratos y más comunes, usan el voltaje de 220V, 240V, o 110V de entrada para alimentar un motor que a su vez acciona un generador de corriente alterna (alternador), que produce el voltaje deseado (normalmente 220V). En general son efectivos, pero estas unidades ofrecen poca protección contra los rayos u otras fluctuaciones de tensión. A menudo se queman luego del primer rayo. Una vez quemados, pueden quedar fusionados a un determinado voltaje de salida (usualmente errado).

Los reguladores digitales controlan la energía utilizando resistencias u otros componentes de estado sólido. Son más caros, pero mucho menos susceptibles de quemarse.

Siempre que le sea posible utilice un regulador digital. Se justifica el costo adicional ya que ofrecen mejor protección para el resto de su equipo. Después de una tormenta eléctrica, inspeccione todos los componentes de su sistema de potencia (incluido el estabilizador).

Energía solar y eólica

Las aplicaciones descritas en este capítulo utilizan voltaje DC (corriente continua) que tiene una polaridad. ¡Confundir la polaridad genera daños inmediatos e irreversibles para su equipo! Vamos a suponer que usted sabe usar un multímetro digital (DMM por su sigla en inglés) para chequear la polari-

dad. Los voltajes DC que se utilizan en las aplicaciones descritas no son dañinos al tocar los conductores –pero las baterías de plomo grandes pueden erogar muy altas corrientes–. Un cable que ocasione un corto entre las terminales va a comenzar inmediatamente a ponerse al rojo vivo y a quemar su aislamiento. Para prevenir el fuego, siempre debe haber un fusible cerca de la terminal positiva de la batería. De esta forma el fusible se quemará antes que lo hagan los cables.

Las baterías de plomo contienen ácido sulfúrico que puede causar quemaduras graves. Cuando están cargadas o se cortocircuitan sus terminales, liberan hidrógeno –aún cuando sean del tipo hermético–. Se requiere una ventilación apropiada para prevenir explosiones, especialmente si las baterías son del tipo de plomo-electrolito ácido. Cuando manipule estas baterías es una buena idea proteger sus ojos con lentes de seguridad. Una vez conocí a un "experto" en baterías que hizo explotar tres de ellas durante su carrera. El plomo es tóxico, por lo que asegúrese de deshacerse de sus baterías gastadas de forma adecuada, aunque esto puede ser algo difícil en los países que no tienen ninguna infraestructura de reciclaje.

Sistemas de energía autónomos

Hay muchas situaciones en las cuales se quiere instalar un nodo inalámbrico en una zona donde la red de distribución eléctrica es inestable, como ocurre a menudo en países en desarrollo, o simplemente no existe, como en una colina donde quiera instalar un repetidor.

Un sistema de energía autónomo consiste básicamente en una batería que almacena energía eléctrica producida por un generador que funciona con el viento, la luz solar y/o la gasolina. Además se necesita un circuito electrónico que controle el proceso de carga y descarga.

Cuando diseñamos un sistema para operar con energía solar o eólica, es importante elegir un dispositivo que gaste un mínimo de energía. Cada vatio desperdiciado en la carga causa grandes costos en el suministro de energía. Más consumo de energía significa que se van a necesitar paneles solares más grandes y más cantidad de baterías para proveer la energía suficiente. Si ahorramos energía eligiendo el equipamiento adecuado también vamos a ahorrarnos mucho dinero y problemas. Por ejemplo, un enlace a larga distancia, no necesariamente precisa de un amplificador que gaste mucha energía. Una tarjeta Wi-Fi con una buena sensibilidad de recepción y un despeje de al menos el 60% de la zona de Fresnel va a funcionar mejor que un amplificador, y al mismo tiempo ahorra energía. Un dicho muy conocido de los radioaficionados también se puede aplicar aquí: El mejor amplificador es una buena antena. Otras medidas para reducir el consumo de energía incluyen disminuir la velocidad del CPU y reducir la potencia de transmisión al valor mínimo que se necesite para proveer un enlace estable, incrementar

la longitud de los intervalos de beacon, y apagar el sistema en los momentos que no se necesite.

La mayoría de los sistemas solares funcionan a 12 o 24 voltios. Preferiblemente, se debe utilizar un dispositivo inalámbrico que funcione con voltaje DC, operando a los 12 V que la mayoría de las baterías de plomo-ácido proveen. Si transformamos el voltaje de la batería a AC, o si utilizamos un voltaje diferente al de la batería para alimentar el punto de acceso, estamos desperdiciando energía. Un enrutador, o un punto de acceso que acepte de 8 a 20 voltios DC es perfecto.

La mayoría de los puntos de acceso económicos, tienen un regulador de voltaje de modo conmutado que funciona bien en un rango de voltaje sin recalentarse (aunque la fuente que traiga de fábrica sea de 5 o 12 voltios).

CUIDADO: Si opera su punto de acceso con una fuente de alimentación diferente de la suministrada por el fabricante, va a anular cualquier garantía y puede causar daño a su equipamiento. Si bien la técnica que describimos a continuación en general funciona como le decimos, recuerde que debe probarla, y si lo hace es bajo su propio riesgo.

Abra su punto de acceso y busque cerca de la entrada de DC dos grandes condensadores y un inductor (un toroide con un alambre de cobre enrollado a su alrededor). Si están presentes, entonces el dispositivo utiliza una fuente conmutada, y el voltaje de operación debe ser algo menor que el voltaje impreso en la etiqueta de los condensadores. Usualmente el voltaje de esos condensadores es de 16 o 25 voltios. Tenga en cuenta que una fuente de alimentación no regulada produce picos de voltaje muy superiores al voltaje nominal escrito en la etiqueta. Por lo tanto, conectar una fuente no regulada de 24 voltios a un dispositivo con condensadores de 25 voltios no es una buena idea. Por supuesto, abrir su dispositivo elimina cualquier garantía. No intente operar un punto de acceso a voltajes mayores si no usa un regulador conmutado, pues se calentaría, funcionaría mal o, inclusive, podría incendiarse.

El famoso Linksys WRT54G funciona en cualquier voltaje entre 5 y 20 voltios DC, consume cerca de 6 vatios, y tiene un conmutador Ethernet integrado. Tener un conmutador es por supuesto mejor y más práctico, pero consume energía extra. Linksys también ofrece un punto de acceso Wi-Fi denominado WAP54G que consume solamente 3 vatios y que puede correr OpenWRT y el firmware Freifunk. El Accesscube 4G Systems consume aproximadamente 6 vatios, cuando está equipado con una sola interfaz Wi-Fi. Si 802.11b es suficiente, las tarjetas mini-PCI Orinoco se desempeñan muy bien, y gastan una cantidad de energía mínima.

Otra estrategia importante para ahorrar energía es que los cables de DC sean cortos, gruesos y de buena calidad. Esto minimiza la pérdida de voltaje.

Calcular y medir el consumo de energía

El diseño de sistemas autónomos siempre comienza con el cálculo de cuánta energía se consume. La forma más sencilla de medir el consumo de su dispositivo es emplear una fuente de alimentación variable dotada de voltímetro y amperímetro. El voltaje nominal de una batería de plomo en general varía entre 11 V (descargada) y aproximadamente 14.5 V (límite superior del voltaje de carga). Usted puede variar el voltaje de su fuente de alimentación y ver cuánta corriente consume el dispositivo en diferentes voltajes. Si no tenemos esta herramienta, se puede realizar la medida utilizando la fuente de alimentación incluida en el dispositivo. Interrumpa el cable que va a la entrada DC de su dispositivo e inserte un amperímetro. Tenga en cuenta que un ***amperímetro*** se quemará, o quemará la fuente si lo conecta entre la terminal positiva y la negativa de ésta porque el amperímetro producirá un cortocircuito. La entrada de muchos amperímetros no está protegida por fusible, por lo tanto tenga mucho cuidado porque pueden dañarse muy fácilmente.

La cantidad de potencia consumida puede calcularse con esta fórmula:

```
P = U * I
```

P es la potencia en vatios, U es el voltaje en voltios, I es la corriente en amperios. Por ejemplo:

```
6 W = 12 V * 0,5 A
```

El resultado es el consumo del dispositivo. Si el dispositivo del ejemplo opera por una hora, la energía consumida es de 6 vatios-hora (Wh), ó 0.5 amperios-hora (Ah). Por lo tanto el dispositivo consumirá 144 Wh o 12 Ah al día.

Para simplificar las cosas voy a utilizar el voltaje nominal de las baterías para los cálculos, sin tener en cuenta que el voltaje provisto por la batería varía dependiendo de su cantidad de carga. La baterías son clasificadas por su capacidad en Ah, por lo tanto es más sencillo calcular utilizando Ah en lugar de Wh. La batería de un gran camión en general tiene 170 Ah, por lo tanto una batería cargada al 100% daría energía al dispositivo por aproximadamente 340 horas, con un ciclo de descarga del 100%.

Características de descarga - Regla práctica

El voltaje suministrado por una batería de plomo de 12 voltios depende de su estado de carga. Cuando la batería está cargada al 100% tiene un voltaje de 12.8 V el cual cae rápidamente a 12.6 V al extraerle corriente. Dado que la batería debe proveer una corriente constante, el voltaje de salida desciende linealmente de 12.6 V a 11.6 V en un período largo de tiempo. Por debajo de los 11.6 V el voltaje de salida cae rápidamente. Como la batería provee aproximadamente el 95% de su energía dentro de esta caída lineal del voltaje, el estado de la carga puede estimarse midiendo el voltaje bajo carga. La suposición es que la batería está cargada al 100% a 12.6 voltios y tiene 0% de carga a 11.6 voltios. Por lo tanto, cuando medimos una batería bajo carga, el estatus puede estimarse con un multímetro digital. Por ejemplo una lectura de 12.5 voltios corresponde a una carga del 90%, 12.3 voltios corresponde a una carga del 70%, etc.

Las baterías de plomo se degradan rápidamente cuando se descargan al 0%. Una batería de camión perderá el 50% de su capacidad de diseño dentro de los 50 a 150 ciclos si es cargada y descargada completamente durante cada ciclo. A 0% de la carga la batería todavía tiene 11 V en las terminales (cuando se extrae corriente). Nunca descargue una batería de plomo de 12 voltios por debajo de ese valor, porque eso le haría perder una grandísima cantidad de capacidad de almacenamiento, y descargarla hasta 0 V va a arruinarla por completo. Para evitar esta situación, en la construcción de un sistema de energía basado en baterías se debe utilizar un sistema LVD (Low Voltaje Disconnect) que a bajo voltaje desconecta el circuito. No es aconsejable descargar una batería de plomo por debajo del 70%. Evitar bajar del 80% incrementa significativamente su durabilidad. Por lo tanto una batería de camión de 170 Ah ¡tiene solamente una capacidad utilizable de 34 a 51 Ah!

Una batería de auto o de camión debe permanecer por encima de los 12.3 voltios. En raros casos se puede permitir bajar más de ese valor, por ejemplo un inesperado y largo período de mal clima. Esto puede hacerse siempre que la batería se cargue completamente después de este tipo de incidentes. Cargar al 100% tarda bastante tiempo porque el proceso de carga es más lento cuando se aproxima al final, aún si se dispone de toda la energía posible de la fuente. Una fuente de energía muy débil raramente pueda completar la carga y debido a eso va gastar las baterías rápidamente. Por esta razón se recomienda hacer cargas a corrientes altas para evitar más costos. En este sentido nos pueden ayudar un regulador de carga eólica o solar, o un cargador automático de batería (con características de carga avanzadas). Las mejores son las características IUIa y las IU son la segunda elección.

Las baterías de arranque de automóviles son las más baratas, pero no son la mejor opción. En el mercado hay algunas baterías solares especiales,

diseñadas para ser utilizadas en sistemas solares. Ellas permiten ciclos de recarga profundos (dependiendo del tipo pueden llegar a hasta por debajo del 50%) y tienen una baja corriente de autodescarga. Lo mismo se aplica a las baterías selladas de plomo, son más caras pero más seguras de manipular.

Las baterías de auto o de camión que tienen las etiquetas ***libres de mantenimiento*** deberían tener una corriente de autodescarga insignificante. De todas formas las baterías libres de mantenimiento todavía lo necesitan. Por ejemplo, se debe chequear frecuentemente el nivel del electrolito, especialmente en climas calientes. Si hay una pérdida de electrolito, se debe usar agua destilada para reponerlo ya que si no lo hacemos arruinaremos la batería.

¡Si carga demasiado sus baterías también las destruirá! En un sistema de alimentación con baterías se debe regular la corriente de carga porque la carga excesiva e ilimitada la va a dañar. Si el voltaje en la batería es demasiado alto, el componente de agua de la solución de ácido sulfúrico produce electrólisis, provocando una atmósfera que contiene una cantidad concentrada de oxígeno. El oxígeno es muy corrosivo y destruirá los conectores internos.

Diseñar un sistema con baterías de reserva

Las cosas son menos complicadas si existe una red de distribución eléctrica, aunque sea inestable y funcione esporádicamente. En ese caso, todo lo que necesitamos es un cargador automático que sea capaz de cargar la batería completamente. Sería deseable tener un cargador de modo conmutado, con un amplio rango de voltajes de entrada y características de carga sofisticadas. Estos ayudan a protegernos de las fluctuaciones de voltaje de la red de distribución. Los cargadores baratos que tienen un simple transformador, puede que nunca carguen su batería por completo si el voltaje de la red es demasiado bajo. Un cargador sencillo diseñado para 230 voltios AC suministra muy poca corriente cuando opera a 200 V o menos. No importa cuánto tiempo esté en funcionamiento, nunca va a llegar a completar la carga. Por otro lado, se quemará si el voltaje es un poco más alto que el esperado –o simplemente arruinará las baterías después de un tiempo. Un estabilizador de voltaje AC que evite la quema de su cargador por altos voltajes puede ser realmente una muy buena idea en muchas situaciones.

Un sistema de alimentación con batería de respaldo es el siguiente:

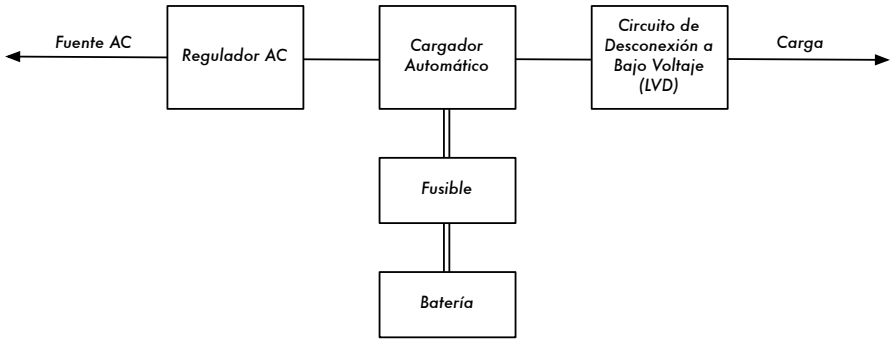

Figura 7.7: El sistema completo de alimentación con batería de respaldo.

Suponga que su dispositivo consume 7 W a 12 voltios. Necesitamos el servicio 24 horas al día, por lo tanto el dispositivo va a consumir:

```
168 Wh = 24h * 7 W
```

A 12 voltios la capacidad en amperios-hora sería:

```
14 Ah = 168 Wh / 12 V
```

Ahora, supongamos que, ocasionalmente, tenemos una situación donde el suministro de energía falla por una semana.

```
98 Ah = 14 Ah/día * 7 días
1176 Wh = 98 Ah * 12 V
```

Si dejamos que nuestra batería se descargue de 100% a 30%, consumiendo el 70% de la capacidad, necesitamos una capacidad de almacenamiento de:

```
140 Ah = 98 Ah / 0,7
```

Una batería de camión tiene esta capacidad.

Generalmente la energía está disponible durante 5 horas al día, por lo tanto el sistema va a funcionar por 19 horas con batería.

```
133 Wh = 19h * 7 W
```

Cargar y descargar una batería nunca es 100% eficiente. Siempre va a haber pérdida de energía en la batería, por lo tanto tenemos que cargarla con más energía de la requerida. La eficiencia de carga y descarga en general es de aproximadamente el 75%.

```
177,4 Wh = 133 Wh / 0,75
```

Queremos cargarla completamente en 5 horas.

Consideremos la eficiencia de carga:

```
166 Wh = 148 Wh / 0,75
```

La convertimos a Ah:

```
14,8 Ah = 177,4 Wh / 12 V
```

Consideramos el tiempo de carga:

```
2,96 A = 14,8 Ah / 5h
```

Mientras estamos cargando, el punto de acceso/enrutador continúa consumiendo energía. 7 W equivalen a 0.6 A a 12 V:

```
3,56 A = 2,96 A + 0,6 A
```

Debemos considerar que el proceso de carga se torna más lento cuado está llegando al final del período de carga. Es mejor disponer de una corriente de carga inicial más alta para asegurarnos que alcanzamos el 100% de la carga. Un tiempo de carga de 5 horas es algo corto, por lo tanto es una buena inversión el tener un cargador IUIa de 8 amperios o más.

Hasta una batería de camión económica debe durar por lo menos 5 años, siempre que el electrolito sea chequeado frecuentemente. No se olvide de utilizar LVD. Es aconsejable sobredimensionar el sistema hasta cierto grado. Pero las baterías siempre se van a desgastar y deben ser reemplazadas, por lo que conviene sobredimensionar el alimentador en lugar de las baterías.

Diseñando un sistema alimentado por energía solar o eólica

La cantidad de energía que puede cosechar con un sistema alimentado por energía solar o eólica depende del área en donde se encuentra y la época del año. Usualmente, puede encontrar información acerca de la cantidad de radiación solar o la velocidad del viento de organizaciones administrativas competentes en asuntos climáticos. Éstas colectan información a través de los años y le pueden decir qué debe esperar para cada estación del año. Hay varios programas de simulación y cálculo para sistemas solares, entre ellos está PVSOL, un programa comercial (bastante caro). Existe una versión de demostración en varios idiomas.

Calcular exactamente cuánta energía va a producir un sistema solar en un lugar dado da mucho trabajo. En el cálculo están involucrados varios facto-

res como la temperatura, número de horas de sol, intensidad de la radiación, reflexiones en el medioambiente, alineamiento de los paneles solares y muchos más. Un programa de simulación y datos climáticos es un punto para comenzar, pero recuerde que en el mundo real, algo tan simple como la suciedad en los paneles puede estropear completamente los resultados de sus cálculos teóricos.

Estimar la cantidad de energía producida por un generador de viento es algo difícil y más aún si hay obstáculos alrededor del mismo. El enfoque empírico sería medir la velocidad del viento en el lugar por el período de un año –algo bastante impráctico.

Esto debería ser una guía práctica. Si en su país no se dispone de datos climáticos detallados y un programa sofisticado para el cálculo, le sugerimos construir un sistema piloto. Si la batería no logra cargarse lo suficiente, es hora de incrementar el número o tamaño de los paneles solares. Como mencionamos antes, mantener el consumo de energía al mínimo es realmente importante para evitar costos innecesarios.

Si su sistema necesita tener un tiempo de funcionamiento del 100%, las consideraciones comenzarán tomando en cuenta el peor clima del año. Tiene que decidir si el sistema utilizará una capacidad de almacenamiento o fuente de energía más grandes para proveer energía en los períodos críticos. Puede ser mucho más barato utilizar un generador a gasolina durante estas eventualidades.

Combinar energía solar y eólica puede ser lo más sensato en zonas con estaciones que proveen energía eólica cuando la energía solar es débil. Por ejemplo, en Alemania el sol provee sólo 10% de la energía en invierno comparado con el verano. En primavera y otoño no hay mucha energía solar tampoco, pero hay bastante viento. Durante el invierno se necesitan grandes baterías ya que es posible que ni los paneles solares o los generadores de viento provean suficiente energía durante ese período.

Bajo dichas condiciones, un sistema diseñado para un 100% de tiempo de funcionamiento necesita un margen decente de seguridad y una gran capacidad de almacenamiento. La carga debe ser vigorosa para lograr una carga total tan a menudo como sea posible durante los períodos de buen clima. Los paneles solares pueden necesitar un reemplazo cada 25 años, ¡mientras que una batería en un sistema que no tiene suficiente potencia de carga puede tener que ser reemplazada cada año!

Circuito

Un sistema de suministro autónomo consiste de:

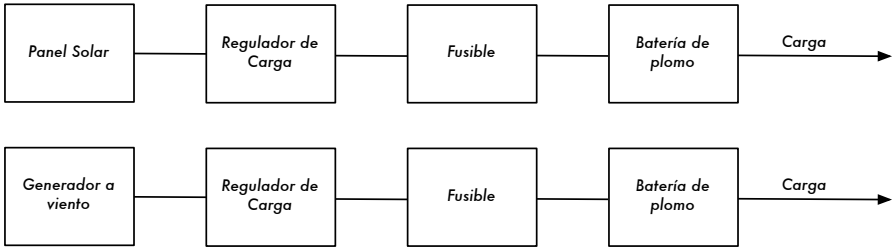

Figura 7.8: Sistema alimentado con energía eólica o solar.

Si se combinan ambos sistemas se conectan a la misma batería.

Energía eólica

Un generador a viento es una opción clara cuando se diseña un sistema autónomo para un transmisor inalámbrico que se va a construir en una colina o montaña. Una consideración a tener en cuenta con la energía eólica, es que la velocidad del viento debe ser lo suficientemente alta en un sitio que puede estar rodeado por objetos. La velocidad promedio durante el año debe ser por lo menos de 3 a 4 metros por segundo, y el generador a viento debe estar 6 metros más alto que otros objetos en una distancia de 100 metros. Una ubicación muy alejada de la costa usualmente no cuenta con suficiente energía eólica para cumplir con estos requerimientos.

Energía Solar

En la mayoría de los casos, la mejor solución es un sistema que utilice solamente energía solar. Usualmente. es bastante fácil encontrar una ubicación adecuada para los paneles solares, y ellos no contienen partes mecánicas móviles que precisen mantenimiento.

Es importante que los paneles estén montados con el mejor alineamiento y ángulo hacia el sol. El mejor ángulo puede variar a través del año y es dependiente de la ubicación del lugar. Es una buena idea tomar en cuenta que el polvo, las hojas o los pájaros pueden ensuciar un panel solar. El ángulo de montaje óptimo puede ser demasiado horizontal, favoreciendo que el polvo se aloje en el panel solar, requiriendo una limpieza frecuente.

No se debe permitir sombra sobre el panel durante el día, porque los paneles consisten en varias células solares que están conectadas en serie. Una cadena es tan fuerte como su eslabón más débil. Si algo cubre completamente una célula del panel solar –por ejemplo una hoja– el panel entero

deja de producir energía. ¡Hasta la sombra de un cable reduce significativamente la cantidad de energía generada por el sistema solar!

Reguladores de carga

Los reguladores de carga para los generadores a viento son diferentes a los reguladores para paneles solares. Si el sistema tiene energía solar y eólica, se van a necesitar dos reguladores. Cada regulador tiene que estar conectado a las terminales de la batería directamente (¡a través de un fusible por supuesto!)

Influencia del seguimiento del punto de insolación máxima

Los fabricantes de paneles son optimistas cuando calculan la potencia máxima de energía de sus paneles. Por lo tanto, la energía producida efectivamente por un panel es significativamente menor que la que se declara en la hoja de datos. La potencia máxima de energía sólo se logra a cierto voltaje, a una temperatura de panel de 20 grados Celsius y a una radiación solar de 1000 vatios por metro cuadrado. Esto no es realista ya que un panel se calienta mucho a 1000 W de radiación por metro cuadrado. Las altas temperaturas reducen la generación efectiva de energía de un panel. No hay mucho que hacer aparte de recordar que un panel nunca logra la potencia publicitada.

La influencia del voltaje de salida del panel es lo más importante para considerar en un sistema autónomo. Si se utiliza un regulador de carga simple, el voltaje en el panel cae al nivel del voltaje de la batería. Un panel solar puede tener la máxima eficiencia a 18 voltios –producir 1 amperio con insolación de 1000 W/m2 a 30 grados Celsius. Este punto de eficiencia máxima es llamado ***punto de máxima potencia*** (o ***MPP*** por su sigla en inglés).

Nuestro panel podría producir:

```
18 W = 18 V * 1 A
```

Si el panel está conectado a una batería de 12.3 voltios, la corriente es un poco mayor que a MPP, quizás 1.1 A, pero el voltaje del panel caería al nivel del de la batería:

```
13,5 W = 12,3 V* 1,1 A
```

La eficiencia en nuestro ejemplo sería solo de un 75% con un regulador de carga simple. Este problema puede ser solucionado usando un regulador solar con seguimiento del punto de máxima potencia. Un regulador de MPP bien diseñado logra una eficiencia de 90%. Un sistema con un regulador simple nunca logra más de 70% del la potencia declarada por el fabricante.

Incrementar la capacidad de la batería y el panel solar

Si quiere combinar dos o más baterías para incrementar la capacidad, interconéctelas en paralelo, es decir, interconecte ambas terminales positivas con un cable grueso. En el cable debe haber un fusible cercano a cada terminal positiva. Interconecte las terminales negativas sin fusibles. Para interconectar paneles solares tampoco se necesitan fusibles.

Circuitos de desconexión a bajo voltaje

Las cargas (su punto de acceso, enrutador u otro dispositivo) estarán conectadas al regulador de carga. La mayoría de éstos viene con circuitos de desconexión por bajo voltaje. Estos circuitos nunca deberían activarse, pues indicaría un serio error de diseño o la presencia de un daño. Si sucede que hay dos reguladores en el sistema que tienen circuitos de desconexión a bajo voltaje, conecte las cargas a un solo regulador, de otra forma éstos podrían dañarse.

Cálculo

El cálculo de un panel solar no es muy diferente al de un sistema con batería de reserva (detallado anteriormente). Obviamente los períodos en los que no hay energía disponible para la carga pueden ser muy largos, y la corriente de carga no es fija lo que complica el cálculo.

Un sistema bien diseñado debe ser capaz de recargar completamente una batería descargada en unos pocos días soleados, al mismo tiempo que provee de energía al equipamiento.