

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Diseño Industrial

Proyecto de Graduación

Green Design
Foliage

**Diseño de un área de estudio en zonas verdes y espacios públicos para los
estudiantes del Tecnológico de Costa Rica.**

Para optar por el título de Ingeniero en Diseño Industrial con grado académico
de Bachillerato Universitario

Yoselyn Walsh Zúñiga

Asesora de la empresa: M.Sc Giannina Ortiz Quesada.

Asesora académica: M.Sc Olga Sánchez

Coordinadora de proyecto: D.I María del Carmen Valverde Solano

I semestre 2010

ÍNDICE

Introducción	1
La institución	1
Datos de interés de la sede central del TEC	
Antecedentes	2
Espacios para realizar trabajos y/o tareas en el TEC	4
Análisis de involucrados	8
Problemática	10
Objetivos y metas	11
Marco Teórico	12
Análisis de objetos de referencia	12
Análisis perceptual de los objetos tecnológicos y orgánicos	15
Análisis tecnológico	16
Análisis ergonómico	17
Análisis del entorno	18
Diseño sustentable	20
Energías renovables	20
Energía solar fotovoltaica	20
Jardines verticales	22
Ventilación	23
Iluminación	24
Desarrollo de la investigación	26
Definición del concepto de diseño	28
Desarrollo de la propuesta	29
Diagrama de sistemas y subsistemas	30
Subsistema estructural	31
Subsistema energético	40
Subsistema mobiliario	45
gradientes de mejoramiento	52

2. ANTECEDENTES

2.1 Espacios para realizar trabajos y/o tareas en el TEC

La sede central del Tecnológico de Costa Rica actualmente cuenta con dos tipos de espacios condicionados para la realización de trabajos y/o proyectos por parte de los estudiantes

- 2.1.1 La biblioteca José Figueres Ferrer
- 2.1.2 Aulas en las escuelas

Además, hay otras zonas que no son especialmente condicionadas para éstas labores pero que el estudiante utiliza para estos fines.

- 2.1.3 Zonas verdes
- 2.1.4 Los pasillos de los edificios
- 2.1.5 Las sodas

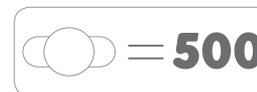
2.1.1 La biblioteca José Figueres Ferrer

Ésta es la única biblioteca y espacio condicionado para la realización de trabajos grupales en todo el TEC. Ésta fue creada en 1973, por lo que sus instalaciones no son las más óptimas para las labores educativas del siglo XXI.

Para conocer las principales situaciones que afectan a los estudiantes, se realizó un sondeo a 50 estudiantes de distintas carreras, donde ellos seleccionaban y decían que problemas percibían en la biblioteca. El resultado fue el siguiente: Cuadro 1 resultado del sondeo.

Pregunta	Malo	Bueno
Cantidad de cupos	35	15
Cantidad de toma corrientes	33	17
Ventilación	18	32
Comodidad en el mobiliario.	35	15
Privacidad	10	40
Desplazamiento (movilidad de un lugar a otro).	3	47

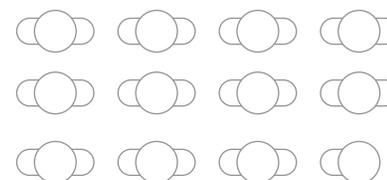
Debido a las respuestas anteriores, se buscó el porque de esas situaciones comparando la capacidad de la biblioteca con la cantidad de estudiantes activos. Los resultados son los siguientes:



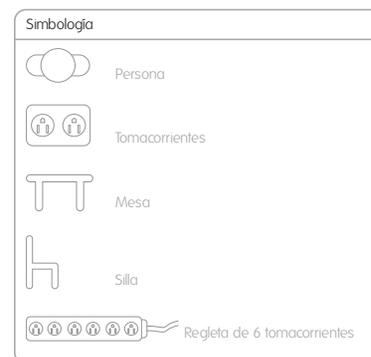
- Cantidad de estudiantes activos de la sede central del TEC durante el primer semestre del 2010

5898

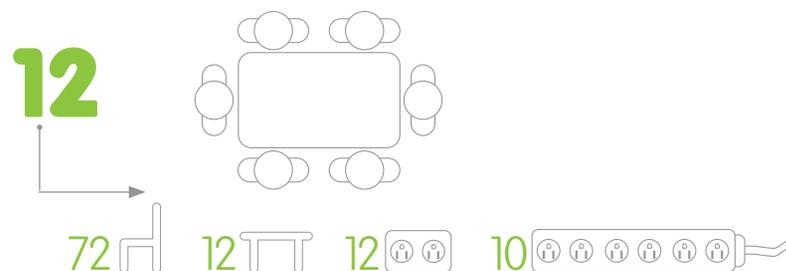
Bachillerato o Licenciatura (continua)



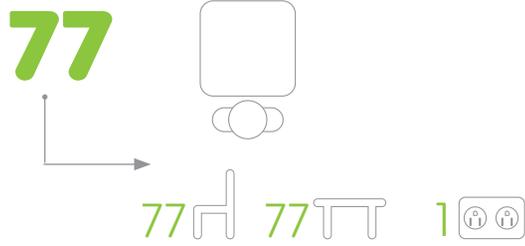
- Capacidad de la biblioteca



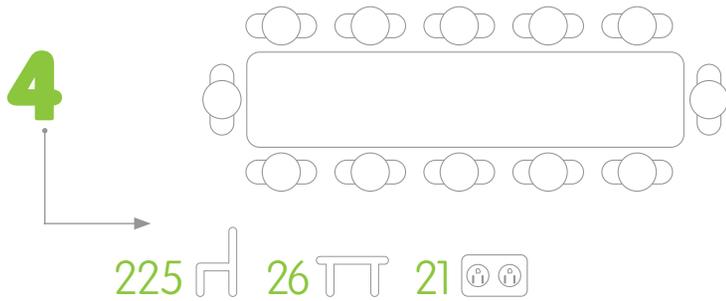
Cubiculos grupales



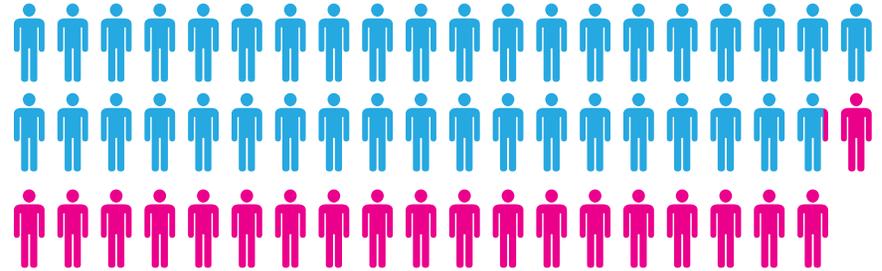
Cubiculos individuales



Salas de estudio grupal



DEMANDA DE ESTUDIANTES



Total de Estudiantes I Semestre 2010



Capacidad de la Biblioteca (sillas)



100 personas

14 hrs. Promedio de atención



Pico de atención matutino

Pico de atención vespertino

Capacidad de atención

Población estudiantil (I sem. 2010)

2.1.2 Aulas en las escuelas

Son espacios dentro del edificio de cada escuela donde sus estudiantes reciben lecciones, o son laboratorios y en ocasiones que están desocupadas, los se utilizan para hacer trabajos, es decir, no son espacios disponibles al 100%, pero tienen las condiciones necesarias para la realización de tareas (sillas, mesas, conexión a internet, conexión a energía eléctrica, etc).

2.1.3 Zonas verdes

Las zonas verdes cuentan con un mobiliario en cemento, de tres bancas y una mesa circular. Caben aproximadamente 6 personas cómodamente en ella.

A éstas se les da distintos usos como: almorzar, realizar tareas, conversar, etc. El principal atractivo para los estudiantes es que se encuentran al aire libre y son espacios que permiten gran cantidad de posiciones para sentarse.

El **principal problema** es que las posiciones que opta el usuario no son ergonómicas por lo que afecta su salud. La figura 2 muestra un ejemplo de tal postura.

Ejemplo	Posición usada	Problema generado	Debería ser
	espalda arqueada	Dolores musculares. Cansancio.	→ Posición erguida. (espalda recta).
	superficie de apoyo mínima	→ Tensión en las piernas. Fatiga	→ Apoyo total de los glúteos

Fig 2.1. Ejemplo de las posturas usadas por los estudiantes.

Entre las ventajas que ofrecen las zonas verdes para los usuarios son: confort térmico, visual, sónico, sensación de libertad y relajación, y además que no limita al usuario a una única posición.



Fig 2.2. Estudiante realizando labores en las zonas verdes. Libertad de posiciones

La desventaja de éstas zonas es que el mobiliario es escaso (es decir, hay pocos alrededor del TEC) y no siempre se pueden utilizar porque no ofrecen protección ante las condiciones climatológicas.



Fig 2.3. Estudiantes realizando un trabajo grupal protegiéndose con sombrillas del Sol

2.1.4 Los pasillos de los edificios

Su fin es permitir el desplazamiento de las personas en el interior del edificio.

Características:

- Carecen de mobiliario, por lo que el estudiante debe de sentarse en el suelo, colocándose así, en posiciones anti naturales por lo tanto anti ergonómicas.
- En muchos casos son salidas de emergencias, por lo cual, las personas ahí obstruyen el paso.



Fig 2.4. Estudiantes en el pasillo de la biblioteca realizando proyectos.

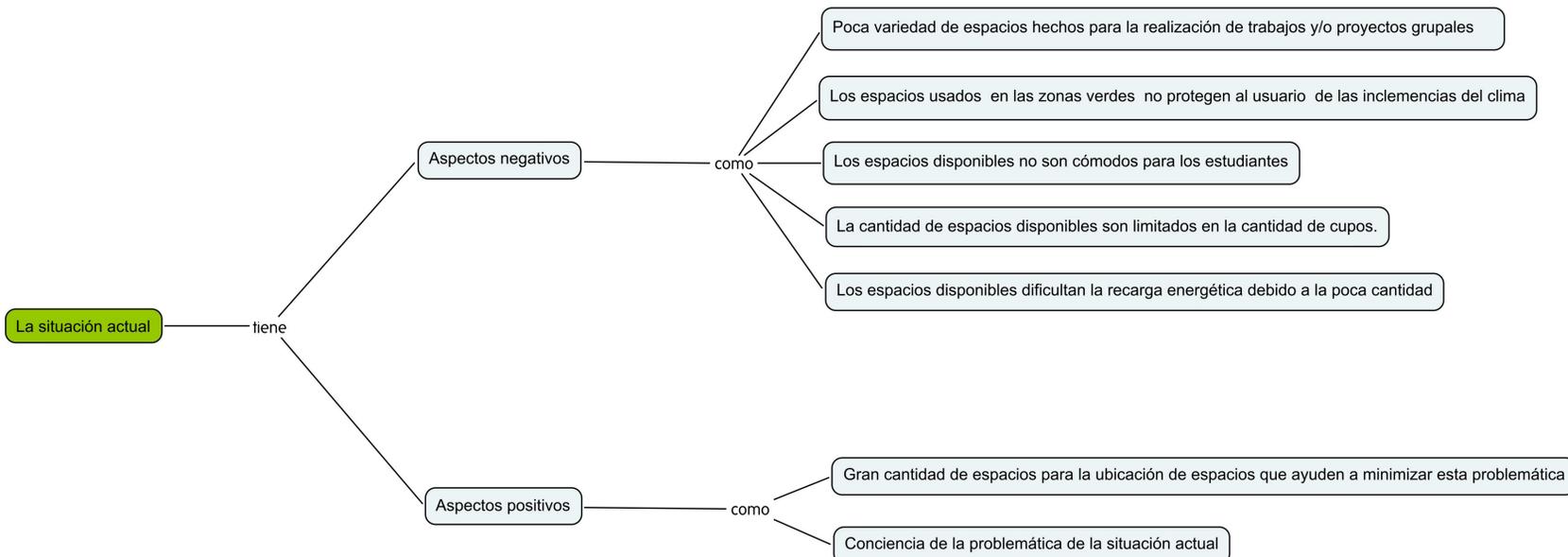
2.1.5 Las sodas

Son espacios para comer. El mobiliario tiene características adecuadas para usos en períodos cortos.

Además, entre las 12m.d y la 1pm aproximadamente se encuentran llenas, debido a que es la hora de almuerzo, por lo que las personas que se encuentran ahí haciendo sus labores estudiantiles, ocupan el espacio de los consumidores, por lo que muchas veces generan discusiones y molestias entre la población estudiantil



Fig 2.5. Estudiantes en la soda de la biblioteca realizando proyectos.



2.2 Análisis de involucrados . Cuadro 2

Involucrados	Intereses	Problemas percibidos	Recursos	Intereses en estrategia	Conflictos potenciales
Estudiantes	<ul style="list-style-type: none"> • Más espacio para realizar tareas y/o trabajos • Espacios más cómodos • Espacios más privados • Espacios más tranquilos • Facilidad de recarga energética • Protección del ambiente. • Espacio al aire libre diseñado para hacer trabajos 	<ul style="list-style-type: none"> • Pocos espacios para realizar sus tareas.. • Poca privacidad. • Mobiliario poco ergonómico • Mucho ruido • Muchas distracciones • Poca cantidad de toma corrientes 	<ul style="list-style-type: none"> • Información sobre las actividades que realizan • Información sobre los instrumentos que utilizan • Información sobre sus necesidades en general 	<ul style="list-style-type: none"> • Un área para realizar tareas y trabajos en áreas verdes y espacios públicos del Tecnológico de Costa Rica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Condiciones climatológicas de Cartago • Condición del terreno en las áreas verdes y espacios públicos del TEC. • Asaltos, robos
Funcionarios de la biblioteca	<ul style="list-style-type: none"> • Espacio laboral más tranquilo • Espacio laboral más limpio • Menos fila en la fotocopiadora 	<ul style="list-style-type: none"> • Mucho ruido • La biblioteca se ensucia mucho. • El tiempo de espera en la fotocopiadora es mucho 	<ul style="list-style-type: none"> • Información sobre el estado de la biblioteca. 	<ul style="list-style-type: none"> • Una biblioteca que brinde mejor sus servicios. • Un espacio laboral más higiénico 	
Personal de mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Un área de estudio fácil de limpiar. • Menos tiempo para limpiar la biblioteca • Menor esfuerzo para limpiar la biblioteca. 	<ul style="list-style-type: none"> • Las salas de estudio tienen mucho mobiliario por lo que limpiar el piso es difícil • El mobiliario no es fácil de limpiar. • Que la biblioteca esté siempre llena dificulta la limpieza. 	<ul style="list-style-type: none"> • Información sobre el estado en el que queda la biblioteca al final del día • Información sobre el estado del mobiliario. 	<ul style="list-style-type: none"> • Menos tiempo y esfuerzo para realizar las labores de limpieza. 	<ul style="list-style-type: none"> • Un área más a la que hay que darle mantenimiento.

Involucrados	Intereses	Problemas percibidos	Recursos	Intereses en estrategia	Conflictos potenciales
Vicerrectoría de Docencia	<ul style="list-style-type: none"> • Ofrecer a los estudiantes más espacios condicionados para la elaboración de proyectos y tareas 	<ul style="list-style-type: none"> • Pocos espacios disponibles en el campus para que los estudiantes puedan realizar los proyectos y tareas asignadas • Sobrepoblación de la biblioteca 	<ul style="list-style-type: none"> • Recursos económicos para la realización del prototipo • Contactos de empresas para la cotización y realización del proyecto • Recursos económicos para la realización de la serie del proyecto 	<ul style="list-style-type: none"> • Ofrecer mejores condiciones para que los estudiantes puedan realizar sus proyectos 	<ul style="list-style-type: none"> • Procesos de aprobación de los presupuestos • Restricciones económicas (presupuesto).
Vicerrectoría de vida estudiantil	<ul style="list-style-type: none"> • Ofrecer más espacios destinados a la realización de trabajos 	<ul style="list-style-type: none"> • Pocos espacios disponibles en el campus para que los estudiantes puedan realizar los proyectos y tareas asignadas • Sobrepoblación de la biblioteca • Poca comodidad dentro del campus para realizar trabajos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Información sobre las necesidades de los estudiantes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ofrecer mejores condiciones para que los estudiantes puedan realizar sus proyectos 	<ul style="list-style-type: none"> • Inseguridad de los estudiantes al estar realizando proyectos en espacios abiertos.
Diseñadora	<ul style="list-style-type: none"> • Diseñar un área de estudio para las zonas verdes y espacios públicos del TEC con características funcionales y estéticas de acuerdo a los lineamientos establecidos por los diseñadores 	<ul style="list-style-type: none"> • Desconocimiento técnico de las energías renovables. • Límite de recursos • Límite de tecnología disponible para realizar pruebas 	<ul style="list-style-type: none"> • Métodos y conocimiento del Diseño Industrial 	<ul style="list-style-type: none"> • Proponer un diseño viable para ofrecer más espacios de estudios a los estudiantes • Proponer un diseño viable para la Vicerrectoría de Docencia en cuanto a posibilidad inmediata de incorporación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dificultad para acceder a personas capacitadas en temas relacionados con el proyecto

2.3 Problemática: árbol de causas y efectos.. Cuadro 3.

FALTA DE ESPACIO PARA LA REALIZACIÓN DE TRABAJOS Y/O TAREAS	
CAUSAS	EFFECTOS
Contaminación sónica	Fatiga Poca privacidad Dificultad para concentrarse
Mobiliario en mal estado/Mobiliario poco ergonómico	Dolores musculares Pocos espacios para realizar labores dificultad para concentrarse
Poca cantidad de toma corrientes	Dificultada para hacer recargas energéticas Dificultad para trabajar Utilización de otras áreas para realizar tareas y/o trabajos
Uso del mobiliario para otros fines	Mobiliario sucio Mal olor Poca disponibilidad de espacio
Poca ventilación en las áreas cerradas (biblioteca y salas de estudio en las escuelas).	Mal olor Concentración del aire caliente Dificultad para concentrarse
Mobiliario colocado en posiciones no debidas	Dificultad para desplazarse Dificultad de evacuación en caso de una emergencia
Poca cantidad de basureros	Basureros rebalsados Mal olor Mobiliario sucio Pocos espacios limpios para trabajar
Desacomodo de la biblioteca al final de la jornada	Dificultad para limpiar la biblioteca Más tiempo para limpiar la biblioteca
Poca cantidad de cubículos grupales	Poca disposición de los cubículos grupales para realizar trabajos
Imposibilidad de recarga energética en los cubículos individuales	Uso de las zonas grupales para hacer trabajos individuales
Falta de infraestructura para realizar trabajos	Sobrepoblación de la biblioteca Uso de otros mobiliario no condicionados para la realización de trabajos
Desaprovechamiento de las zonas verdes para hacer infraestructura para realizar tareas y/o proyectos	Sobrepoblación de la biblioteca

FALTA DE ESPACIO PARA LA REALIZACIÓN DE TRABAJOS Y/O TAREAS

3.OBJETIVOS Y METAS

3.1 Objetivo general

- Diseñar un área de estudio en zonas verdes y espacios públicos para los estudiantes del campus central del Tecnológico de Costa Rica que les permita utilizar de manera cómoda sus implementos de estudio y que sea acorde con el espacio previsto para su colocación.

3.2 Objetivos Específicos

- Brindar al usuario confort durante sus labores estudiantiles en los espacios públicos y zonas verdes del TEC.
- Brindar un espacio de estudio donde el estudiante pueda utilizar computadora portátil, cuadernos y libros.
- Aprovechar las zonas verdes y espacios públicos del TEC para actividades educativas.
- Proponer un diseño que brinde el mínimo impacto visual con respecto a la zona verde.
- Proponer un área de estudio sostenible con el ambiente, en cuanto a materiales y energías a utilizar.

3.3 Alcances y metas

- El proyecto debe brindar una solución óptima a la problemática a la falta de espacios para realizar trabajos y /o proyectos dentro de la sede central del Tecnológico de Costa Rica
- El diseño debe de ser ergonómico para el usuario para que éste realice sus labores de una manera cómoda.
- Su colocación serán las zonas verdes y espacios públicos del TEC para sacar el mayor provecho de estas áreas en cuanto a espacio y características de confort que ofrecen las zonas naturales.
- El impacto ambiental será mínimo, ya que se seguirá una línea ecológica que solucione el problema sin dañar

el ambiente.

- Con los resultados obtenidos con el proyecto no sólo se solucionará el problema en cuestión sino que se promoverá la implementación de la línea ecológica en la infraestructura del campus y de la institución en general.

3.3 Limitaciones del proyecto

- Limitaciones económicas de la Institución y de la Vicerrectoría de Docencia
- Tiempo para realizar el proyecto
- Poco acceso a personas que realicen proyectos similares que puedan ofrecer una guía adecuada, debido a la poca experiencia en el país.
- Poco acceso a tecnologías renovables en Costa Rica.

3.4 Supuestos del proyecto

- El proyecto es pionero en la sede central del Tecnológico de Costa Rica, ya que actualmente las zonas verdes se han utilizado para la ornamentación y los espacios públicos para tránsito y para zona de descanso, no para el desarrollo de tareas y/o trabajos.
- No hubo una investigación previa exhaustiva que evidenciara más detalladamente el problema de falta de infraestructura de para la realización de trabajos y proyectos en la sede central del TEC
- La tecnología a utilizar se puede importar y trabajar a nivel nacional.
- Los materiales se pueden importar y trabajar en Costa Rica.
- La planificación dada a 10 años por la oficina de ingeniería del tecnológico de Costa Rica es actualizada y real.

3.5 Marco metodológico

Para la realización del proyecto se hará investigación en libros y por internet para obtener información actualizada y mejorada sobre temas importantes. Además la investigación de campo (observación, sondeos, fotografías, entre otros), son de suma importancia, porque con ella se buscará conocer al estudiante del Tecnológico, sus gustos, preferencias y principalmente sus necesidades.

Además se consultarán con diversos expertos sobre materiales, tecnologías, entre otros, para lograr un proyecto 100% realizable a nivel nacional.

4. MARCO TEÓRICO

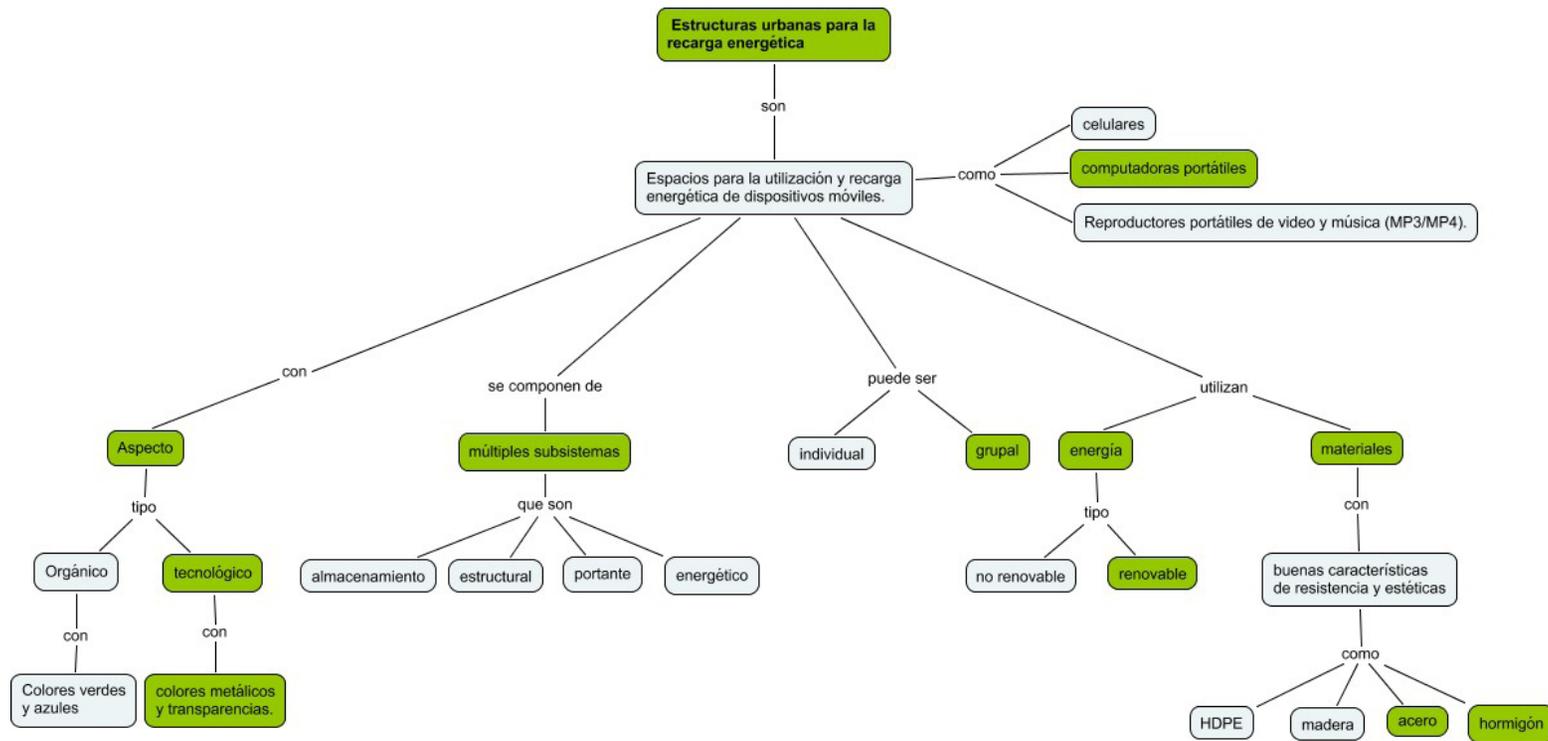
4.1 Análisis de objetos de referencia

Estructuras urbanas para la recarga energética.

Ejemplos



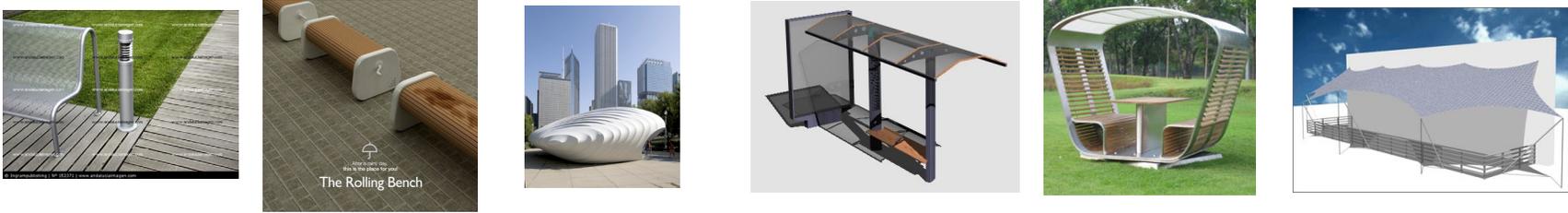
Síntesis del análisis



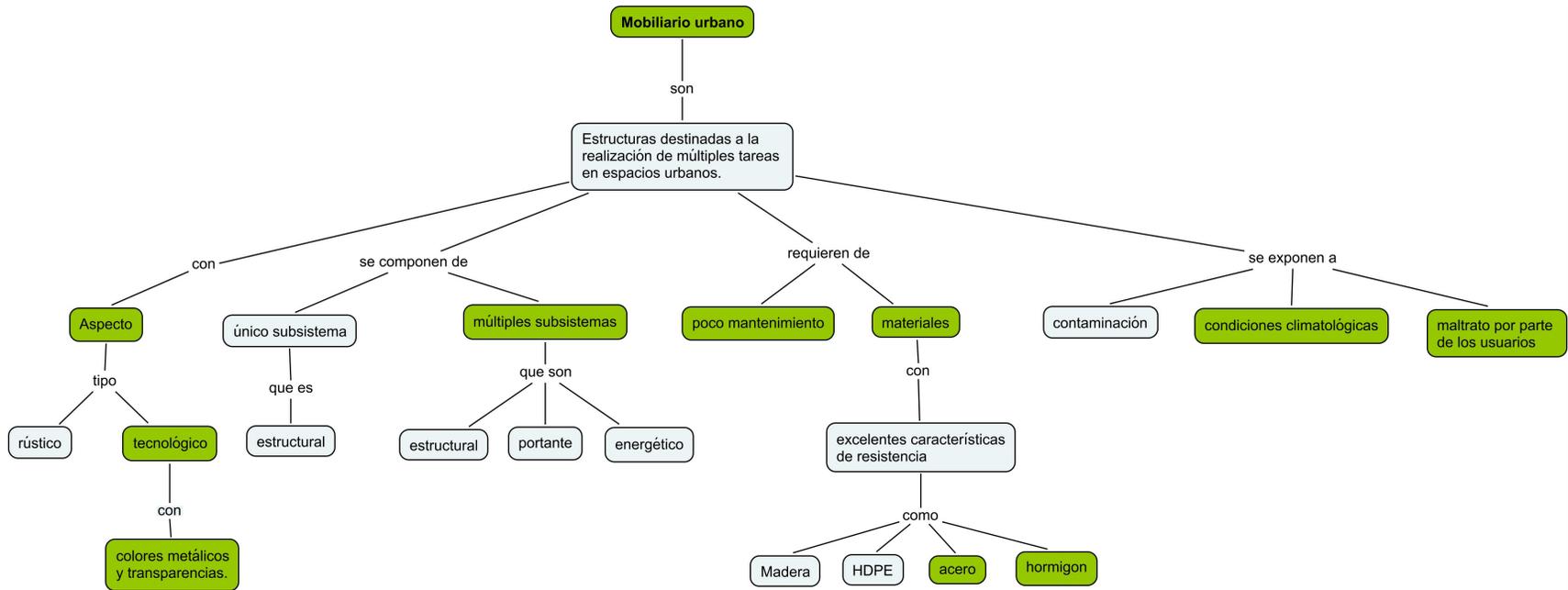
Aspectos relevantes a tomar en cuenta para el diseño

Mobiliario urbano

Ejemplos



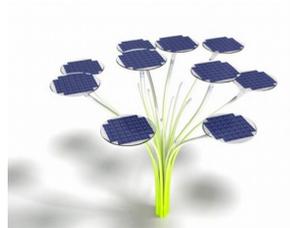
Síntesis del análisis



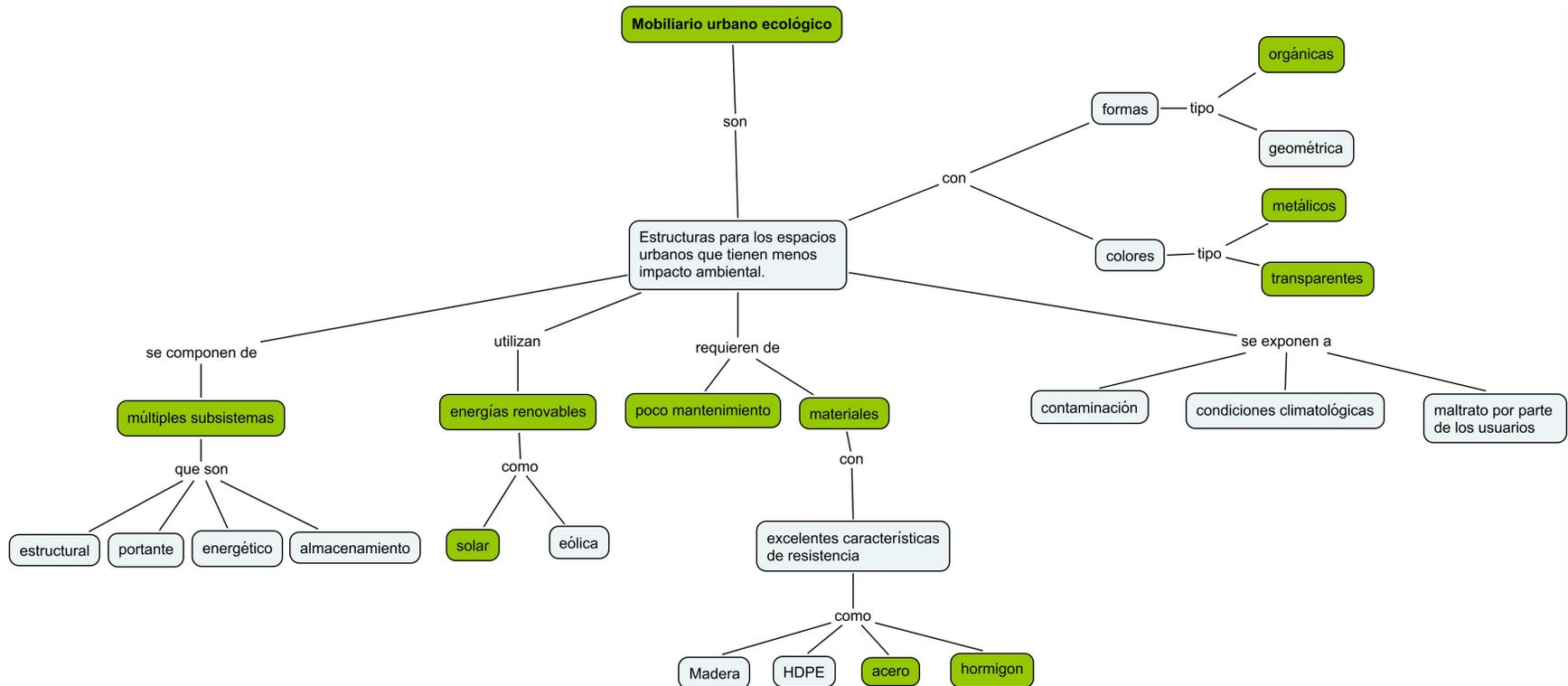
■ Aspectos relevantes a tomar en cuenta para el diseño

Mobiliario urbano ecológico.

Ejemplos



Síntesis del análisis



Aspectos relevantes a tomar en cuenta para el diseño

4.2 Análisis perceptual de los objetos tecnológicos y orgánicos



Gama de colores



Tecnológico

- Líneas rectas y **curvas**
- Se usan mucho los **materiales transparentes.**
- Hay mucho contraste entre los colores que se usan.
- **Aspecto fresco y moderno.**
- Las formas se adaptan muy bien a la **modularidad.**

Orgánico

- **Líneas curvas**
- **Imitan la naturaleza**
- **Utilizan la naturaleza**
- **Aspecto fresco**
- **Relacionado con la relajación**
- Las formas se adaptan muy bien a la modularidad.

Los aspectos con letra tipo negrita son los que se tomarán en cuenta para el diseño

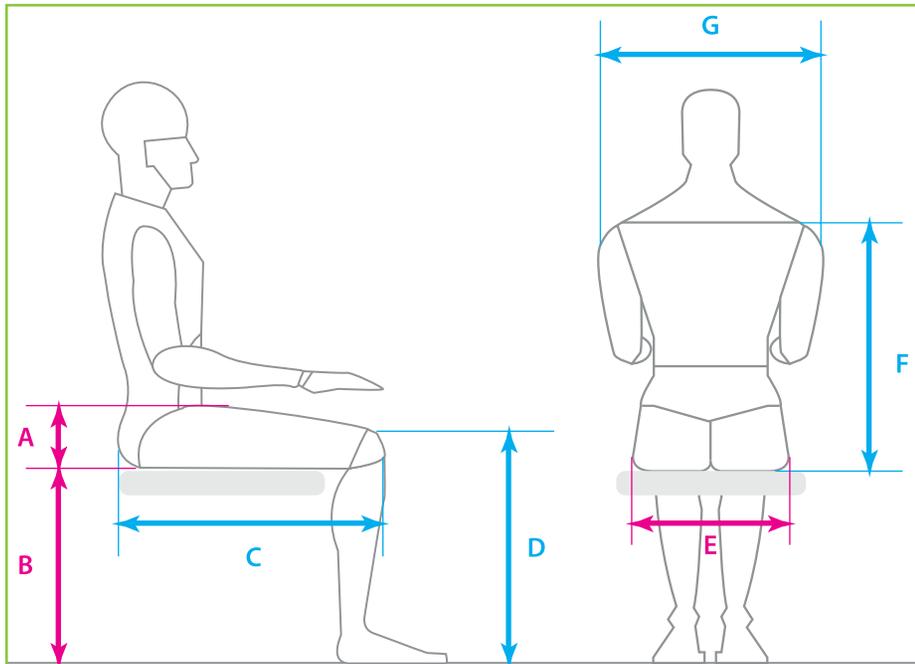
4.3 . Análisis tecnológico

Cuadro 8. Materiales

MATERIAL	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
EMT	EMT aliado caliente galvanizado usando el proceso en línea patentado aliado de Flo-Coat®. Este proceso combina el cinc, una capa de conversión y un abrigo orgánico claro para formar una capa triple de protección contra la corrosión y la abrasión.	acero de la calidad de EMT aliado combina fuerza resistente del daños con ductilidad para proporcionar la flexión, el corte y ensamblar fáciles para prevenir la pérdida del tiempo y de material. Resiste el aplanar, el enroscarse o el partir, dando por resultado instalaciones más rápidas y más fáciles.	poco atractivo, requiere galvanizado o pintura
Acero	aleacion resistente a la corrosión, dado que el cromo, u otros metales que contiene, posee gran afinidad por el oxígeno y reacciona con él formando una capa pasivadora, evitando así la corrosión del hierro	Alta resistencia a la corrosion, alta resistencia mecánica, apariencia y propiedades higiénicas. resistencia a altas y bajas temperaturas, buenas propiedades de soldabilidad, mecanizado, corte, doblado y plegado. bajo costo de mantenimiento	alto precio peso elevado

4.4 Análisis ergonómico

4.4.1 Medidas antropométricas necesarias para el diseño



	Dimensión Relacionada		
A	Espesor muslo		95% 17.3cm
B	Altura hueco popíteo		50% 39.8cm
C	Largo nalga rodilla	95%	63.7cm
D	Altura rodilla	95%	59.3cm
E	Ancho caderas		95% 39.2cm
F	Altura de hombros sentado	95%	64.3cm
G	Ancho hombros	95%	50.3cm

Fig 4.1. Medidas antropométricas.

4.4.2 Ergonomía con la laptop



Fig 4.2 Ergonomía con la laptop.

4.4.3 Línea visual recomendable para trabajos grupales

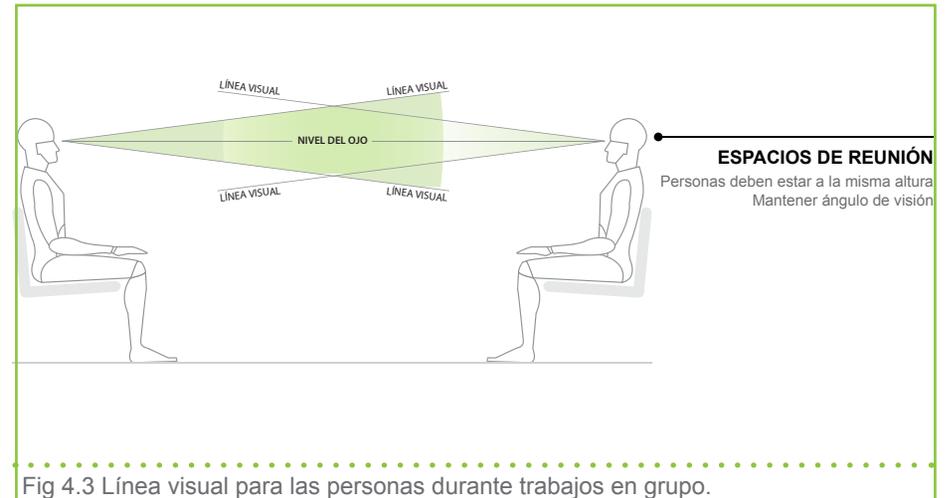
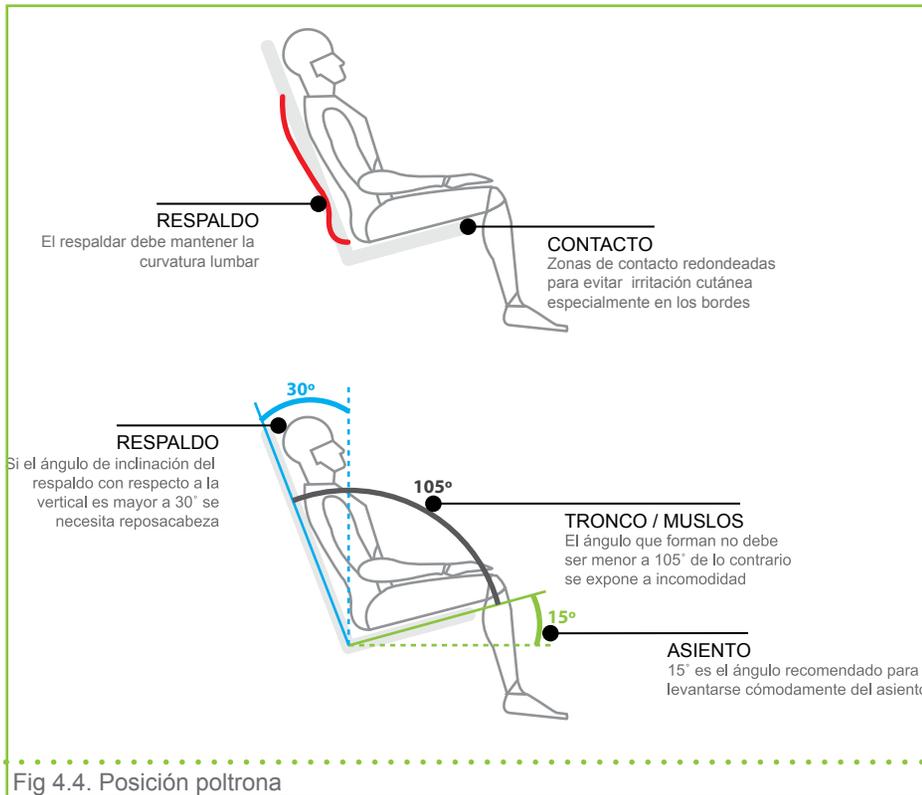


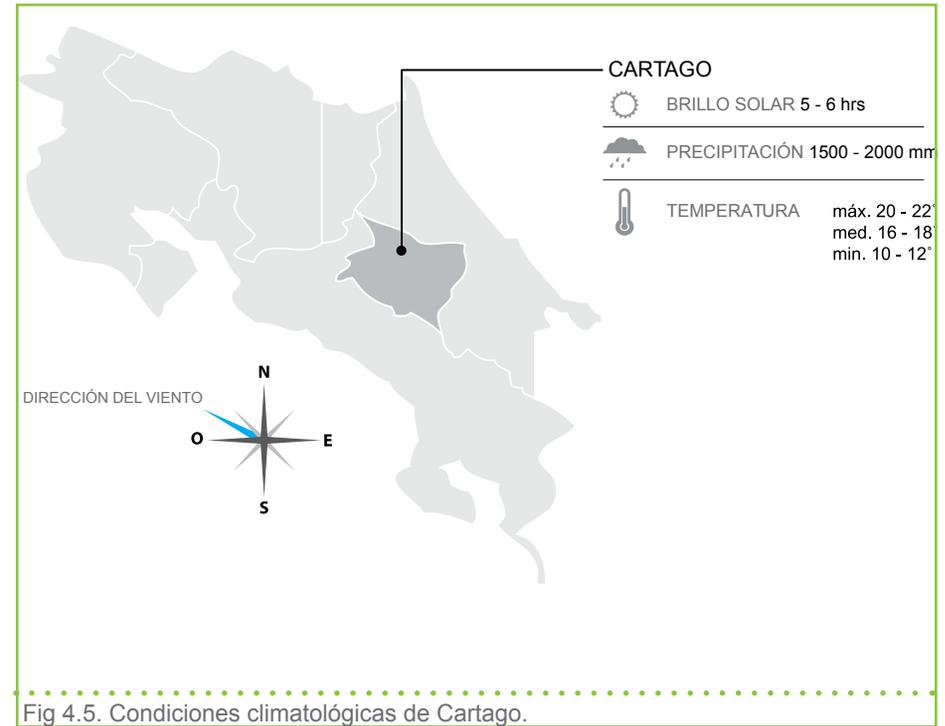
Fig 4.3 Línea visual para las personas durante trabajos en grupo.

4.4.4 Posición poltrona.



4.5 Análisis del entorno

4.5.1 Condiciones climatológicas.

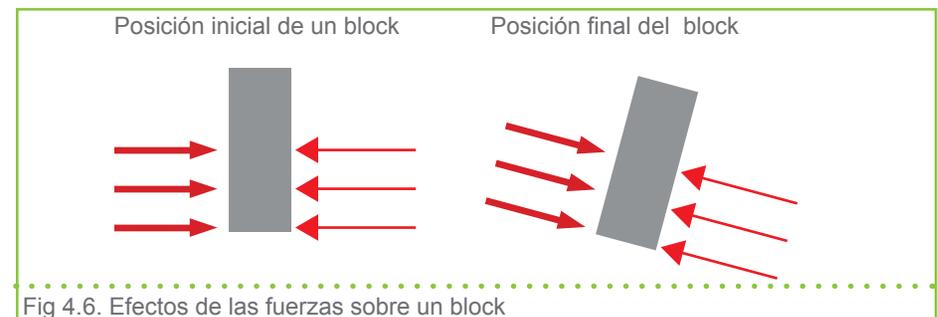


4.4.5 Síntesis del análisis ergonómico

- Los datos antropométricos sirven para dimensionar principalmente el mobiliario. Ésto permite que las dimensiones sean las óptimas para el ser humano.
- La laptop según expertos es un producto anti-ergonómico ya que propicia la utilización de posiciones no naturales que comprometen la ergonomía. Para minimizar éste problema, se recomienda el uso de soportes para laptops o una mesa reclinable (aproximadamente 10°), lo cual ayuda a mantener la línea recta entre la mano y el antebrazo. Además sube la altura del monitor, poniendo su punto más alto, a una altura más próxima de la línea visual del ojo.
- Colocar a los usuarios en el mobiliario a una misma altura ayuda a que la cabeza tenga una posición recta, es decir, impide giros de la cabeza bruscos que pueden causar fatiga.
- La posición poltrona es la recomendada para respaldares reclinados, ya que ayuda a mantener la espalda erguida.

4.5.2 El suelo

El suelo es de tipo arcilloso, lo cual quiere decir que es poco estable para la construcción, ya que hace que las estructuras se inclinen porque no hay igual cantidad de momentos de esfuerzo en todas sus



4.5.3 Posibles ubicaciones.

Debe de cumplir con los siguientes requerimientos:

1. No puede estar cerca de edificios o árboles que le generen sombra a alguna hora del día, debido a que le tapa luminosidad a los paneles solares y por lo tanto eficacia.
2. No puede ser una zona donde el agua se estanque, debido a que ésta característica dificulta el acceso al diseño.
3. Debe de existir una inclinación del terreno cerca o el tubo de aguas pluviales debe de estar cerca para el desague de las aguas pluviales del diseño
4. Espacio que no se tenga planificado para otra construcción en un mínimo de 10 años (datos de la oficina de ingeniería del TEC).
5. Preferiblemente cerca de basureros de reciclaje para que los estudiantes tengan donde depositar sus desechos de una manera ecológica acorde con el diseño.

4.5.4 Conclusiones del análisis del entorno.

- Se debe de dar prioridad a la protección del Sol, después del viento y la lluvia en el espacio.
- Tiene que tener estructuras que minimicen la fuerza del viento colocados hacia el noroeste.
- Se debe de utilizar cimientos de cemento para la estructura y así evitar que se incline
- El terreno para colocarse debe de cumplir con todas las características del apartado 4.5.3 Posibles ubicaciones.

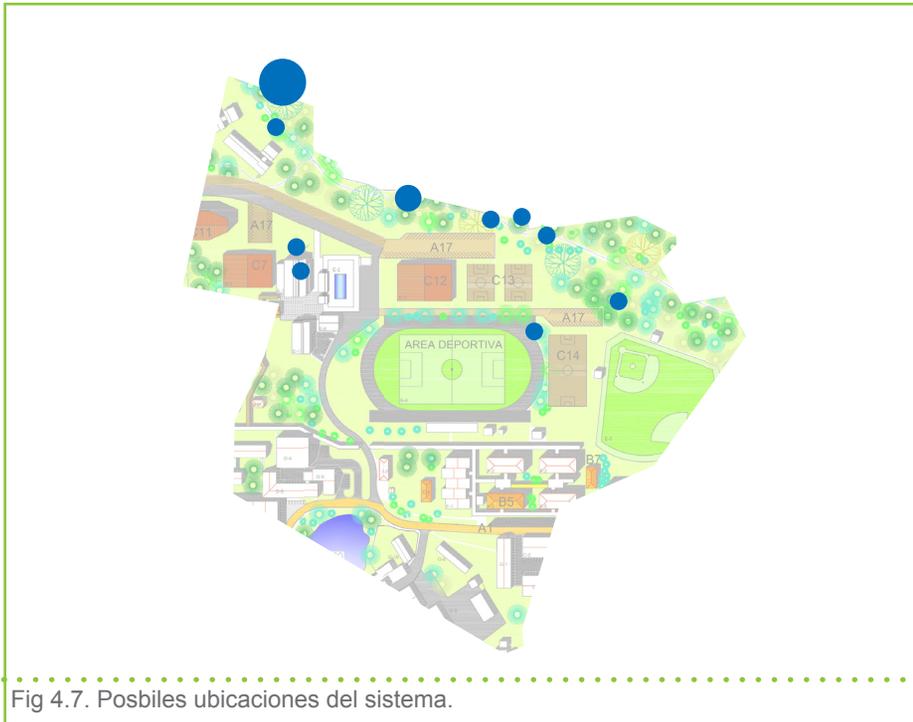


Fig 4.7. Posibles ubicaciones del sistema.

4.4 Diseño sustentable

También se le llama diseño sostenible y es crear objetos físicos con características de sostenibilidad económica, social y/o ecológica, es decir, que su inserción genere el **mínimo impacto** y que contribuya o al menos no perjudique al sistema natural que lo rodea.

Las prácticas sostenibles cada vez se hacen más populares debido a la alerta que hay en el planeta sobre el calentamiento global.

La tecnología por su parte ha evolucionado y creado nuevas técnicas y productos que facilitan la inserción de éstos principios en los nuevos diseños.

4.5 Energías renovables

Para lograr un diseño sustentable, se debe pensar en la implementación de energías renovables.

Las energías renovables son aquellas que provienen de fuentes que “no se agotan”. Desde hace mucho tiempo, el hombre las utiliza, y son principalmente:

- Energía solar
- Energía eólica
- Energía hidráulica
- Y últimamente, ha adquirido más fuerza, la energía proveniente del movimiento (dinamos).

El blog electrónico de energías renovables¹ menciona como ventajas y como inconvenientes de este tipo de energía los siguientes aspectos:

Beneficios para el proyecto

- Mejoran la garantía del aprovisionamiento energético, ya que contribuyen a la diversificación y autoabastecimiento al emplear **recursos energéticos propios**.

- Las energías renovables son respetuosas con el medio ambiente, a diferencia de las energía extraída de los combustibles fósiles o la energía nuclear.
- Favorecer el desarrollo de actividades industriales y económicas a nivel regional tanto en lo que se refiere a la fase de inversión como a la de

1 <http://energiasolarfotovoltaica.blogspot.com/2006/01/energias-renovables.html>

explotación.

Factores negativos a valorar para el proyecto

- Problemas de disponibilidad: No siempre se dispone de ellas cuando es necesario su consumo. **Necesitan de almacenamiento**.

- La inversión inicial necesaria puede, en determinados casos, hacer que el sistema no sea rentable o que sean necesarios largos períodos de amortización.

- La internalización en los costes de sus ventajas sociales o medioambientales, conseguiría que fuesen más competitivas con las energías convencionales.

4.6. Energía solar fotovoltaica².

La mayor parte de energía que se dispone en el planeta proviene del Sol de manera directa o indirecta. Una de las tecnologías de energías renovables para la generación de electricidad es la conversión de la luz solar a energía eléctrica a través del efecto fotoeléctrico.

La demanda de esta tecnología aumenta cada día por razones como el agotamiento del petróleo, las guerras, la necesidad de autonomía, la concientización de los seres humanos sobre el cambio climático y el calentamiento global, entre otras,

Puede ser de dos tipos:

1. Conectados a la red eléctrica (on-grid).
2. No conectados a la red eléctricas (off-grid).

Por ser un requisito del proyecto, se va a concentrar la información en los **no conectados**.

Las partes básicas que constituyen un sistema eléctrico fotovoltaico no conectado a la red eléctrica son:

- a. Los paneles fotovoltaicos
- b. El regulador eléctrico
- c. El acumulador eléctrico
- d. El inversor de energía.
- e. El cableado

2 Sin autor. Energía solar fotovoltaica. <http://energiasolarfotovoltaica.blogspot.com/> (1 de mayo 2010).

En el anexo(sección 9), se especifican las características de cada una de estas partes.

4.6.1 Ventajas para el proyecto

- **Contribuye con el ambiente**, porque no genera combustión en el lugar de utilización (no contribuye con el efecto de invernadero, lluvia ácida, calentamiento global).
- El Silicio, elemento base para la fabricación de las células fotovoltaicas, es muy abundante, **no siendo necesario explotar yacimientos de forma intensiva**.
- No requiere muchos cables, por lo que su **impacto visual es reducido**. Tampoco tiene unos requerimientos de suelo necesario excesivamente grandes (1kWp puede ocupar entre 10 y 15 m2).
- Mínima casi nula generación de ruido.
- Además, no precisa ningún suministro exterior (combustible) ni presencia relevante de otros tipos de recursos (agua, viento).

4.6.2 Inconvenientes de la implementación

- Impacto en el proceso de fabricación de las placas: Extracción del Silicio, fabricación de las células
- Explotaciones conectadas a red: Necesidad de grandes extensiones de terreno (impacto visual).

4.6.3 Barreras para su desarrollo

- De carácter administrativo y legislativo: Falta de normativa sobre la conexión a la red
- De carácter inversor: Inversiones iniciales elevadas
- De carácter tecnológico: Necesidad de nuevos desarrollos tecnológicos
- De carácter social: Falta de información

4.6.4 Proceso de transformación de la energía solar a la energía eléctrica (síntesis).

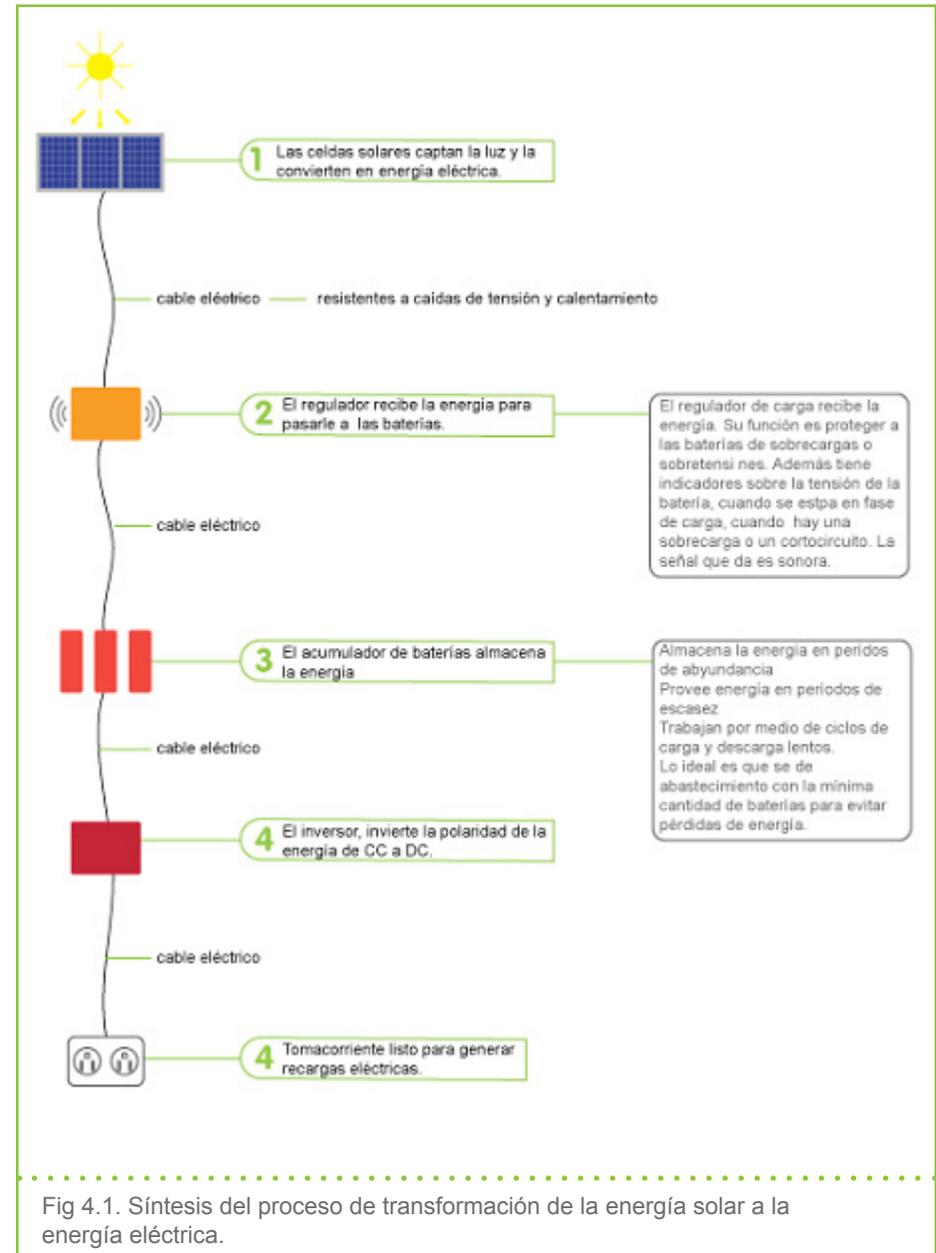


Fig 4.1. Síntesis del proceso de transformación de la energía solar a la energía eléctrica.

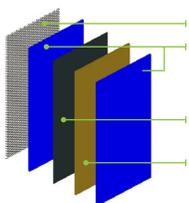
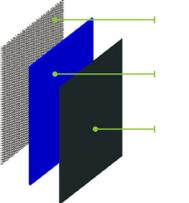
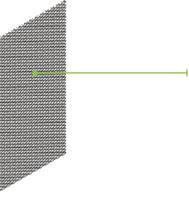
4.7 Jardines verticales

En espacios cerrados, la utilización de jardines verticales ofrecen muchos beneficios, como por ejemplo la reducción aproximada de 5,5 °C con respecto a la temperatura exterior, protección de los materiales constructivos, reducción del consumo energético (en ventiladores o aire acondicionado), entre otros.

En espacios destinados a zonas verdes, sus beneficios son:

- Minimiza el impacto visual de la estructura por utilizar plantas.
- . Protege al usuario del viento, la brisa y en algunas ocasiones de la lluvia, al impedir que ésta caiga de manera directa.

Cuadro 4. Composiciones del jardín vertical.

Composición	Complejidad del sistema	Tipo de planta	Mantenimiento.
 <p>malla de metal PVC o fibra de vidrio fieltro fibra de coco</p>	<p>Alta: el sistema requiere de muchas uniones para los materiales, o de un sistema que encierre todo, es decir, estructuralmente, ocupa mucho material.</p>	<p>La mayoría, ya que la pared funciona como maceta, estilo hidroponía.</p>	<p>Más bajo que con macetas ya que la fibra de coco impide que la maleza crezca, pero se deben de estar recortando las plantas</p>
 <p>malla de metal lámina de PVC felpa</p>	<p>Media: son menos partes, por lo tanto es menos material estructural que la composición anterior</p>	<p>La mayoría, ya que la pared funciona como maceta, estilo hidroponía.</p>	<p>Más bajo que con macetas ya que la fibra de coco impide que la maleza crezca, pero se deben de estar recortando las plantas</p>
 <p>malla de metal</p>	<p>Baja: la solo requiere de malla y una estructura a la cual se adhiere la malla metálica o de madera.</p>	<p>Únicamente enredaderas o trepadoras porque carece de sustrato</p>	<p>De mínimo a nulo, porque las enredaderas crecen sin ayuda, el único posible mantenimiento sería si se hace muy frondosa y no se quiere de esa forma.</p>

Composición seleccionada debido a las ventajas planteadas.

4.8 Ventilación

Cuando hay renovación de aire en un interior hay ventilación. La ventilación puede ser natural o forzada.

Para efectos del proyecto, se ampliará la ventilación natural

4.8.1 Ventilación natural

Ésta es¹ la que se realiza mediante la adecuada ubicación de superficies, pasos o conductos aprovechando las depresiones o sobre presiones creadas en el edificio por el viento, humedad, sol, convección térmica del aire o cualquier otro fenómeno sin que sea necesario aportar energía al sistema en forma de trabajo mecánico.

4.8.2 Ventilación cruzada

Utiliza puertas, ventanas o aberturas en caras opuestas, por donde en un lado entra aire fresco, y por el otro sale el aire caliente.

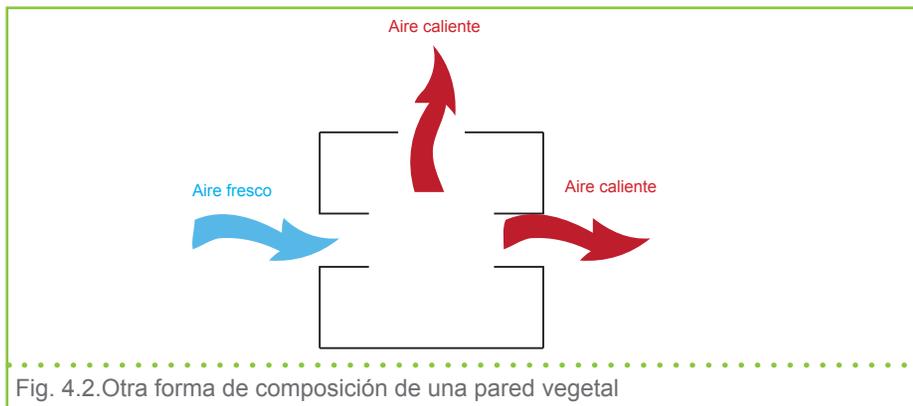


Fig. 4.2. Otra forma de composición de una pared vegetal

En la fig 4.4 se ve como funciona la ventilación pasiva, que requiere de una salida superior y otra lateral y una entrada.

¹ Sin autor. Ventilación. http://es.wikipedia.org/wiki/Ventilaci%C3%B3n_%28arquitectura%29 (20 de abril del 2010).

4.8.3 Importancia para el proyecto la implementación de la ventilación cruzada.

Para el proyecto es vital la ventilación de la parte donde se van a almacenar las baterías, convertidor, e inversor, debido a que éstas se calientan durante su uso.

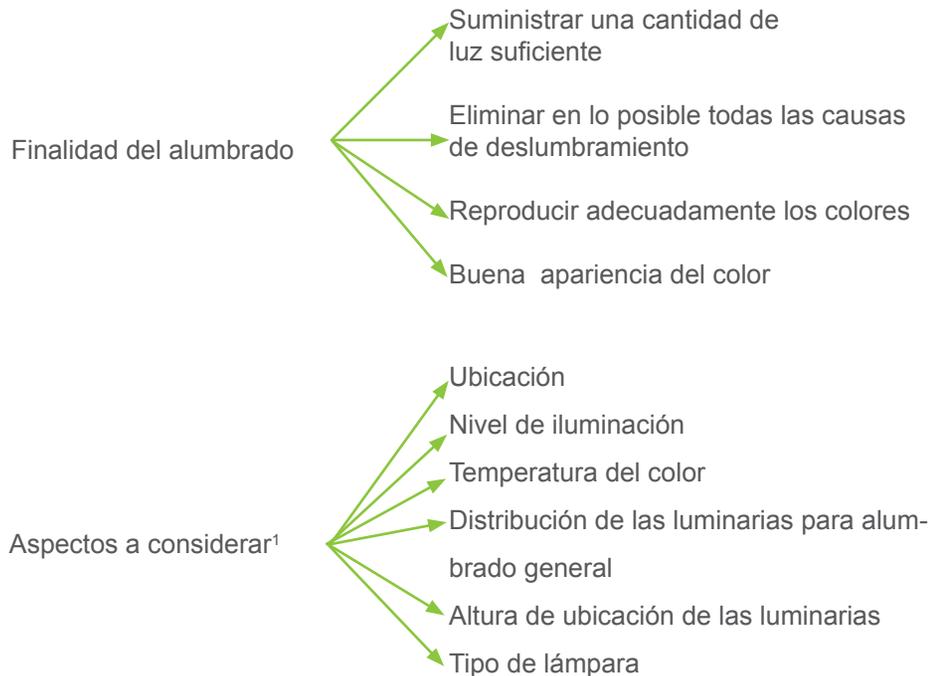
La ventilación cruzada al ser de natural, no consume corriente eléctrica y al estar en un espacio abierto, es muy efectiva, para lograr el objetivo que es ventilar la zona de almacenamiento.

4.9 Iluminación

Una iluminación adecuada en los lugares de desarrollo de tareas, es un punto a favor en él.

La buena iluminación significa ofrecer confort al usuario, y no demandarle un esfuerzo visual extra. Además es estimulante.

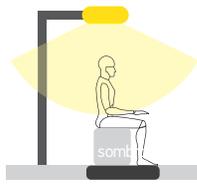
A continuación se presenta una síntesis de los aspectos importantes de la iluminación



¹ García Fernández, Javier. Iluminación. <http://edison.upc.edu/curs/llum/interior/iluint2.html> (10 de junio del 2010).

4.9.1 Ubicación

Cuadro 5. Ubicación de la luminaria

Pictograma	Ventajas	Desventajas
 <p>Horizontal</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Mínima generación de sombras - Menor deslumbramiento 	<ul style="list-style-type: none"> - Puede impactar sobre insectos nocturnos
 <p>Inclinada</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Más generación de sombras - El deslumbramiento debe de ser muy controlado, ya que una persona puede ver la luz de manera directa dependiendo del ángulo y de la altura de la lámpara.
 <p>Vertical</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Máxima generación de sombras - Máximo de deslumbramiento.

4.9.2 Nivel de iluminación

Como el diseño es un área de estudio para las zonas verdes y espacios públicos del TEC, es decir, exteriores, y para labores de estudio, se tomará un nivel de luminancia el de salas de estudio.

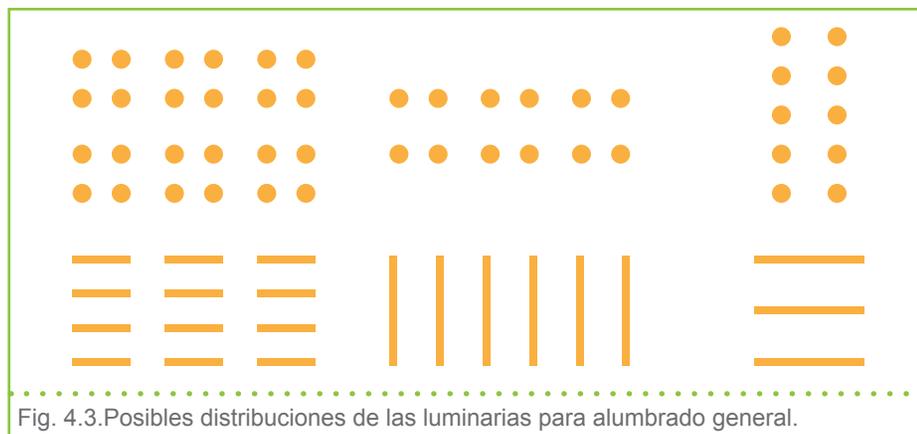
Zona	Mínima	Recomendada	Óptima
Biblioteca/Salas de estudio	300	500	750

4.9.3 Temperatura del color

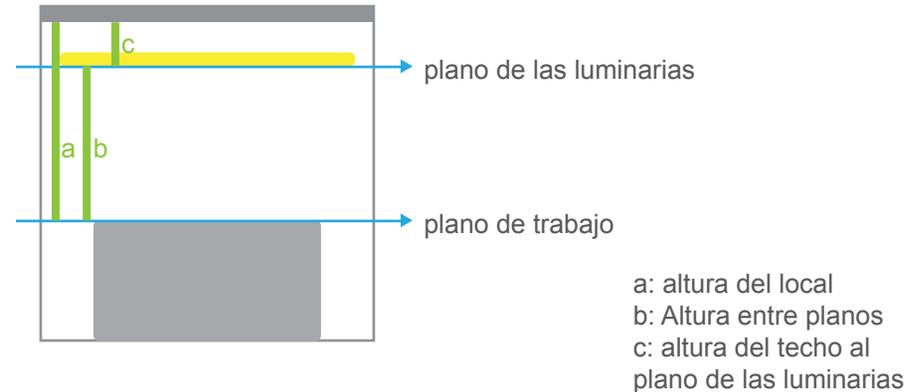
Cuadro 6. Temperatura del color.

Tono de luz temperatura del color	Tipo de actividad o de iluminación
Tonos cálidos. < 3000 K	Entornos decorados con tonos claros Áreas de descanso. Salas de espera. Zonas con usuarios de avanzada edad Áreas de esparcimiento. Bajas niveles de iluminación
Tonos neutros. 3300 - 5000 K.	Lugares con importante aportación de luz natural Tareas visuales de requisitos medios.
Tonos fríos. > 5000 K.	Entornos decorados con tonos fríos Altos niveles de iluminación Para enfatizar la impresión técnica. Tareas visuales de alta concentración

4.9.4 Distribución de las luminarias para alumbrado general.



4.9.5 Altura de ubicación de las luminarias



Para la iluminación de área de estudio está dado por:

$$\text{Mínimo: } h = \frac{2}{3} \times (a - 0.85)$$

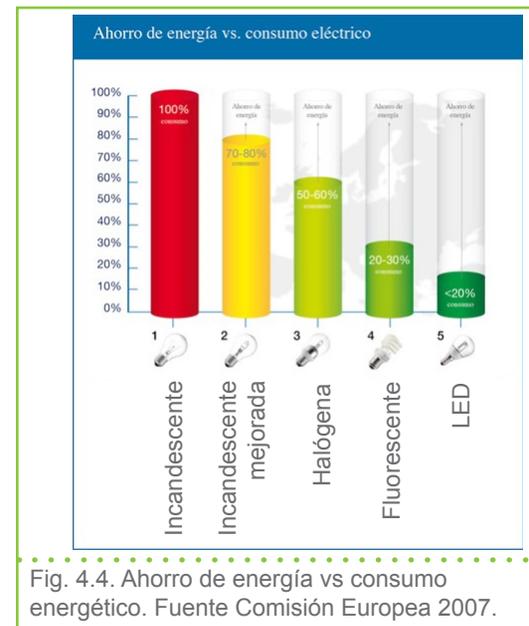
$$\text{Óptimo: } h = \frac{3}{4} \times (a - 0.85)$$

4.9.6 Tipo de lámpara

Espacios para la realización de trabajos y/o tareas

Fluorescentes

LED



Debido a que es un proyecto que propicia el uso de tecnologías eco amigables, se seleccionan las lámparas LED por ser más eficientes.

5. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

5.1 Definición de necesidades.

Síntesis de las necesidades que debe suplir el diseño. Cuadro 7. Necesidades.

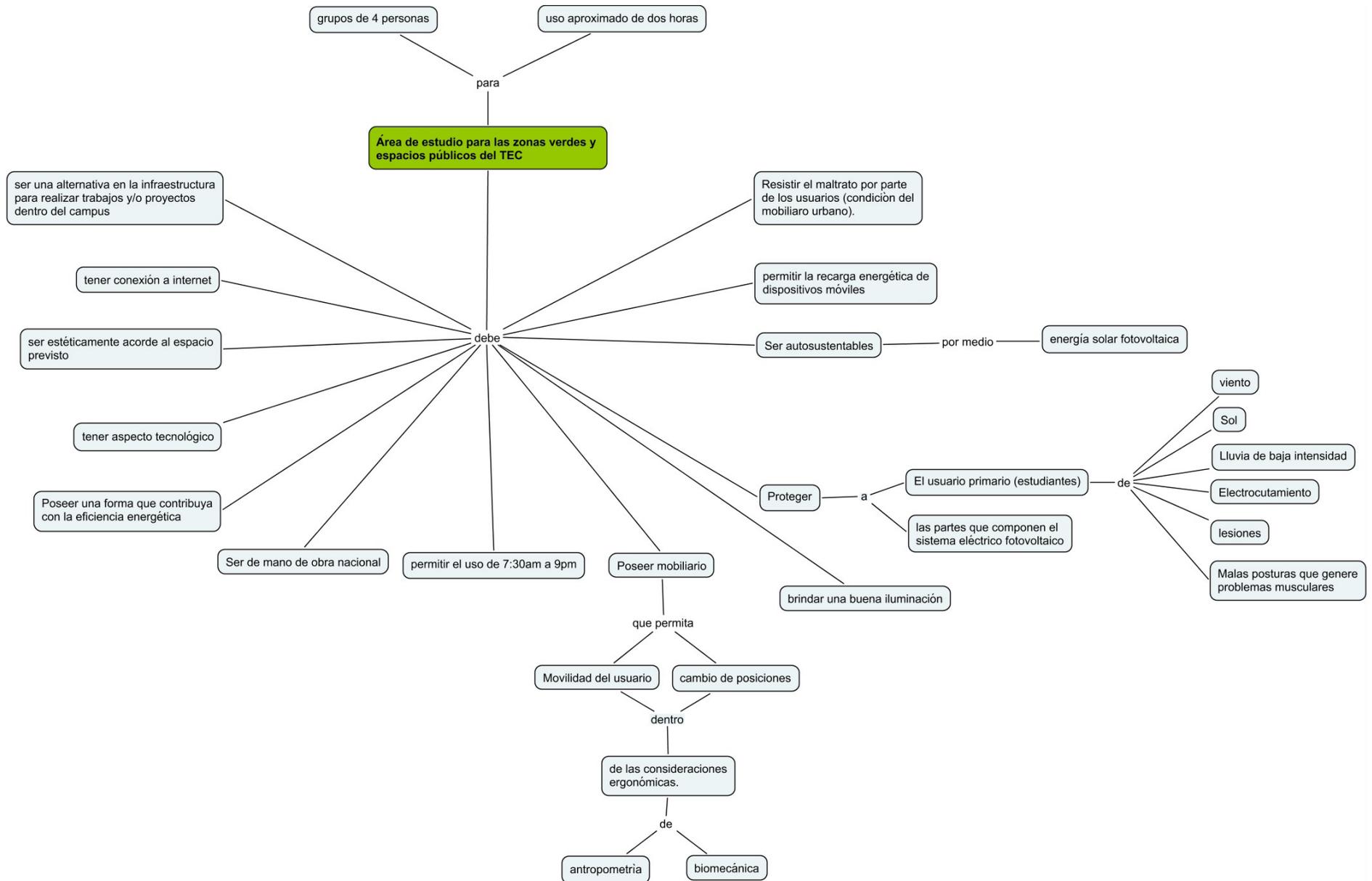
Alta ● ● ●
Media ● ●
Baja ●

Diseño de un área de estudio en zonas verdes y espacios públicos para los estudiantes del Tecnológico de Costa Rica.	Del usuario	Necesidad	Nivel de importancia
		1. Protección del Sol	● ● ●
		2. Protección del viento	●
		3. Protección de la lluvia	●
		2. Para el uso de computadoras portátiles, cuadernos, calculadoras, lápices, etc.	● ● ●
		3. Ofrece la posibilidad de recarga energética de los dispositivos móviles.	● ● ●
		4. Ofrece conexión a internet	● ● ●
		5. Adecuado confort térmico y visual	● ●
		6. Mobiliario ergonómico	● ●
		7. Para realizar trabajos grupales	● ● ●
	8. Para uso de personas en silla de ruedas (accesibilidad).	● ● ●	
	9. Permite varias posiciones de uso (dinamismo en la posiciones).	● ● ●	
	Del entorno	13. Adaptación al suelo arcilloso	● ● ●
	15. Resistente a las condiciones climatológicas	● ● ●	
	16. Fácil acceso y salida	● ●	
17. Mínimo impacto visual en el entorno.	● ●		
TEC	10. Autosustentable	● ● ●	
11. Para zonas verdes y espacios públicos del TEC	● ● ●		
12. Mano de obra costarricense	● ● ●		

Cuadro 8. Relación entre las necesidades y los aspectos técnicos del diseño (pertenecientes al marco teórico).

Necesidad	Relacionado con
1. Protección del clima	<ul style="list-style-type: none"> - Dimensiones del parasol - Dimensiones del panel solar - Utilización de jardines verticales
2. Para el uso de computadoras portátiles, cuadernos, calculadoras, lápices, etc.	<ul style="list-style-type: none"> - Iluminación - Ventilación - Materiales a utilizar
3. Ofrece la posibilidad de recarga energética de los dispositivos móviles.	<ul style="list-style-type: none"> - Consumo energético de las computadoras portátiles.
4. Ofrece conexión a internet	<ul style="list-style-type: none"> - Ubicación en el campus.
5. Adecuado confort térmico y visual	<ul style="list-style-type: none"> - Utilización de jardines verticales - Materiales de construcción - Iluminación - Ventilación
6. Mobiliario ergonómico	<ul style="list-style-type: none"> - Dimensiones antropométricas - Materiales y posturas a utilizar - Biomecánica
7. Para realizar trabajos grupales	<ul style="list-style-type: none"> - Cantidad de estudiantes que conforman un grupo de trabajo
8. Para el uso de personas en silla de ruedas	<ul style="list-style-type: none"> - Dimensiones de la silla de rueda - Dimensiones de los accesos
9. Permite varias posiciones de uso	<ul style="list-style-type: none"> - Configuración del mobiliario - Forma del mobiliario.
10. Autosustentable	<ul style="list-style-type: none"> - Cantidad de energía demandada - Espacio de colocación del sistema
11. Para zonas verdes y espacios públicos del TEC	<ul style="list-style-type: none"> - Espacio disponible
12. Mano de obra costarricense	<ul style="list-style-type: none"> - Materiales disponibles - Tecnología disponible
13. Adaptación a suelos arcillosos	<ul style="list-style-type: none"> - Cimentación utilizada
14. Adaptación a las zonas verdes /espacios públicos del TEC	<ul style="list-style-type: none"> - Distribución del espacio
15. Resistente a condiciones climatológicas	<ul style="list-style-type: none"> - Materiales
16. Fácil acceso y salida	<ul style="list-style-type: none"> - Distribución del espacio
15. Mínimo impacto ambiental para instalarlo	<ul style="list-style-type: none"> - Materiales y procesos de instalación.

5.2 Definición del concepto de diseño



6. DESARROLLO DE LA PROPUESTA



Fig. 5.1 Ambientación de la propuesta

5.1 Diagrama de sistemas y subsistemas

Diseño	Sistemas	Subsistemas	Partes
Área de estudio para las zonas verdes y espacios públicos del TEC	5.2. Estructura	5.2.1 Estructural: subsistema encargado de soportar las cargas generadas por todos los elementos del sistema de la estructura	- Estructura subterránea - Estructura externa - Uniones y anclajes
		5.2.2 De aguas pluviales: encargado de dirigir a puntos específicos las aguas pluviales que caen sobre la estructura	- Lámina de policarbonato celular - Canoa - Tubos de desagüe - Uniones
		5.2.3 De protección de las inclemencias del clima: subsistema encargado de proteger al usuario del Sol, viento, y lluvias de baja intensidad.	- Lámina de policarbonato celular - Pared vegetal - Uniones
	5.3. Energético	5.3.1 Sistema fotovoltaico: energía renovable encargado de darle la corriente eléctrica necesaria al sistema y al usuario.	- Paneles solares - Regulador - Baterías - Convertidor - Cables - Toma corrientes - Uniones
		5.3.2 Sistema luminoso: encargado de mantener la cantidad de lúmenes en el espacio adecuado para realizar las tareas	- Lámparas LED - Cables - Tubos
		5.3.3 Almacenamiento y acceso: encargado de almacenar las partes del sistema fotovoltaico (convertidor, regulador, baterías) y del subsistema electrónico a excepción de los sensores. También permite el acceso para el mantenimiento de las partes.	- Paredes de cemento - Puerta de acceso - Sistema de unión y anclaje
		5.3.4 Seguridad: sistema que impide que personas no autorizadas tengan acceso al subsistema de almacenamiento y acceso, además del agua y/o insectos del entorno.	- Sistema de cierre - Malla - Filtro
	5.4. Mobiliario	5.4.1 Estructural: subsistema encargado de soportar las cargas generadas por todos los elementos que conforman el mobiliario, además de los usuarios durante su uso	- Tubos - Lámina metálica - Vigas - Uniones
		5.4.2 Superficie portante: encargada de dar una superficie apta para que el usuario utilice el mobiliario	- Lámina metálica - Orificios de desagüe de la lámina
		5.4.3 Energético: subsistema donde el usuario puede acceder a la corriente eléctrica en el mobiliario	- Tomacorriente - Cables

5.2 Subsistema estructural

Subsistema encargado de soportar las cargas generadas por todos los elementos del sistema de la estructura.



Partes: estructura subterránea:
- Estructura subterránea
- Estructura externa
- Uniones y anclajes

Fig. 5.2.Subsistema estructural.

Estructura subterránea

También llamada cimentación y es el conjunto de elementos estructurales cuya misión es transmitir las cargas de la edificación al suelo. Debido a las características del suelo presentadas en la sección 4.5.2 El suelo (página 18), éstas son de suma importancia para garantizar la estabilidad del sistema a largo plazo.

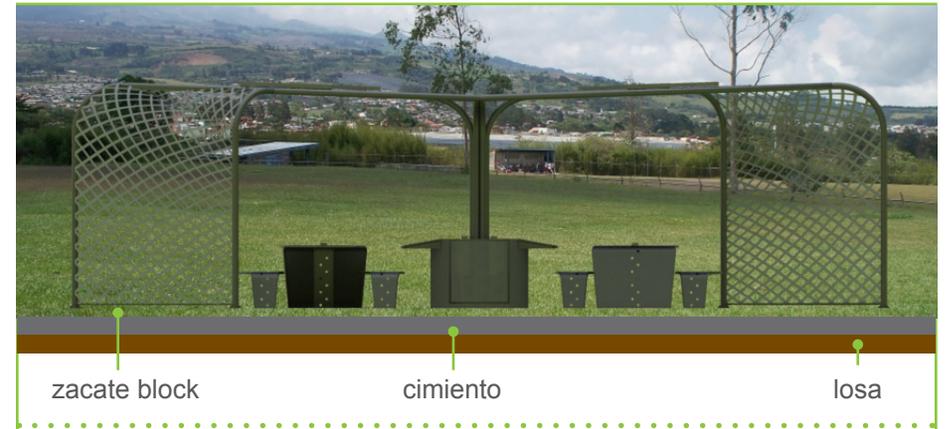


Fig. 5.3.Estructura subterránea

Descripción de las partes.

1. El zacate block

Son piezas de cemento, cuya forma permite la siembra del zacate en su interior.

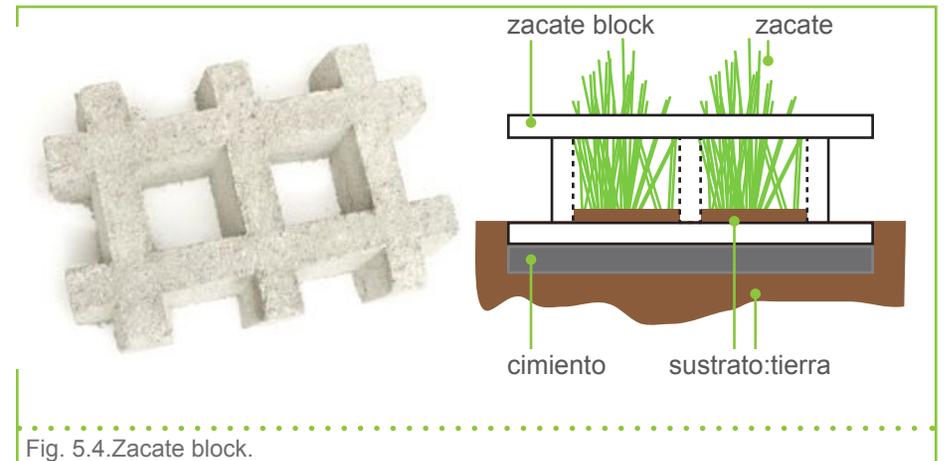
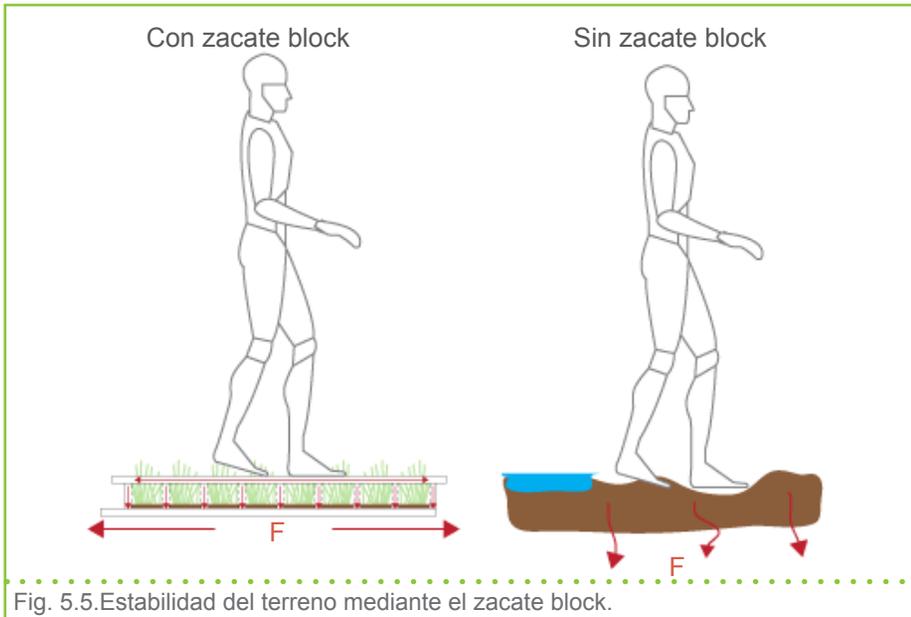
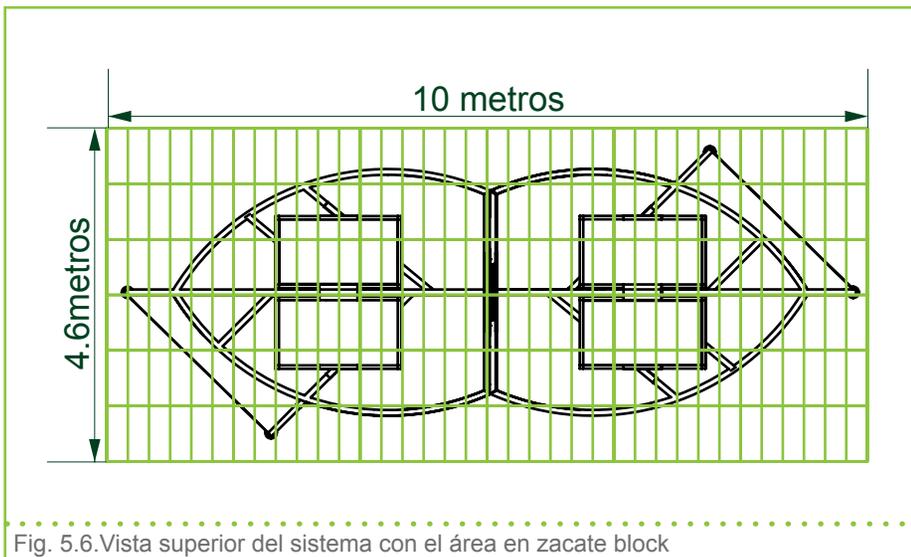


Fig. 5.4.Zacate block.

La importancia de éstos elementos es que mantienen firme la superficie, impidiendo que se hagan pozos de agua, que afecten el terreno, o que se desgaste más rápidamente el terreno.

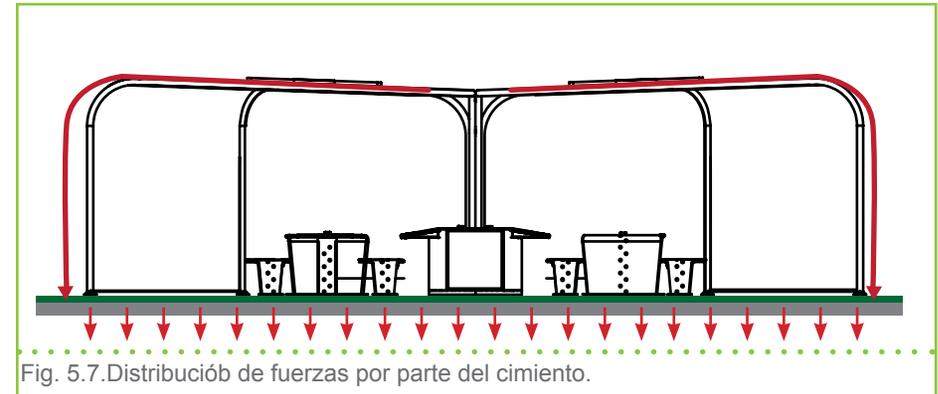


Para el proyecto son necesarios como mínimo un área de 46 metros cuadrados de zacate block



2. Cimientos

La cimentación es parte de una estructura de ingeniería civil que transmite la carga que genera cualquier obra de infraestructura o edificación al suelo subyacente a un estrato resistente, por lo general se construye por debajo del nivel del terreno. Estas estructuras se clasifican de la siguiente manera: cimientos aislados, cimientos corridos, losas de cimentación, pilotes de cimentación o pilas de cimentación.



Características de los suelos del TEC

En general en la parte sur-este de Cartago, se encuentran suelos arcillosos y/o limosos, en algunos casos también se pueden encontrar arcillas de alta expansividad, para el proyecto no se realizaron pruebas de suelos, pero dada la información histórica sobre los suelos presentes en el TEC, para el diseño de la cimentación se considerará un suelo limo-arcilloso de alta expansividad.

Este suelo se caracteriza por contraerse y sufrir asentamientos cuando pierde humedad, además su capacidad de carga es baja, la cual puede oscilar entre 2 a 5 ton/m².

Características de la estructura

En cuanto a la estructura esta se clasifica según el Código Sísmico de Costa Rica 2002 (CSCR-2002) como una edificación mixta, para estas edificaciones los requisitos de desempeño ante sismos, deben proveer una adecuada protección de la vida de los ocupantes, aunque la estructura puede tener daños en sus componentes estructurales o no.

En cuanto al tipo de estructura, esta presenta regularidad en planta y en altura, es a base de marcos metálicos, los cuales están parcialmente

arriostrados, en este caso no es problema pues el tipo de estructura permite desplazamientos relativos normales.

Cimentación propuesta

Se propone una losa de cimentación, considerando la baja capacidad soportante y el interés de restringir los asentamientos diferenciales.

Consideración de diseño: comportamiento rígido de la estructura, para ello se verifica de acuerdo a la siguiente fórmula (4.1 Código de cimentaciones de CR): $L < 1/4 \pi / (\text{raíz cuadrada de } K_s B / 4 E_c I)$

donde:

L: dimensión máxima cimiento

B: ancho cimiento

E_c : módulo de elasticidad del concreto $3 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$

I: momento de inercia de la sección: integral de $y^2 dA$

K_s : módulo de reacción vertical del suelo, para un suelo MH (limo arcilloso) oscila entre 1,5 - 5 (no se puede especificar pues no se han hecho pruebas de suelo)¹

Se comprueba que cumple

Dado que las presiones al ser un elemento rígido, serán uniformemente distribuidas, el diseño de la losa se proyecta como un entrepiso invertido de acuerdo al CSCR-2002.

Una vez efectuado el análisis de la carga, se recomienda el diseño basado en acero mínimo, por lo tanto, se recomienda

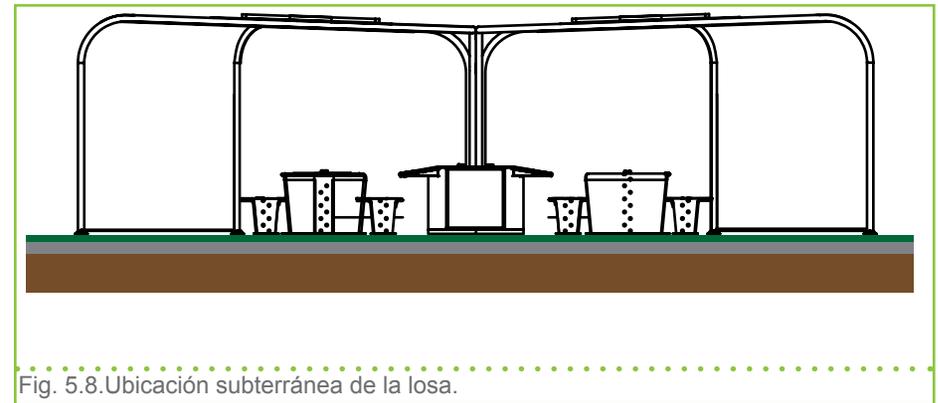
losa de 10 cm de espesor, concreto 210 kg/cm^2 y acero # 3 @ 10 cm.

La cantidad de tierra necesaria corresponde a la fórmula de volumen de un prisma rectangular. Con ancho de 4.6m, largo 10 metros y profundidad de 0.5 metros.

$4.6 \times 10 \times 0.5 = 23 \text{ metros cúbicos de tierra no arcillosa}$

3. La losa

Como se explicó anteriormente, el suelo donde se encuentra la sede central del TEC es arcilloso, por lo que las estructuras tienden a desnivelarse con el tiempo. Los cimientos y el zacate block explicados, ayudan a que la estructura mantenga su nivel, pero debajo de éstas debe haber un reemplazo de tierra, por una no arcillosa, que contribuya con la distribución uniforme de fuerzas al suelo.



La estructura externa

La estructura externa está compuesta principalmente de tubos, que unidos dan una forma similar a una hoja. Los tubos son de acero galvanizado con un recubrimiento de pintura en polvo, que le da un acabado mate al 80%, similar al acero inoxidable mate. El diámetro de los tubos es de 3 pulgadas y con un grosor de pared de 0.79mm (tubo industria costarricense).



Fig. 5.9. Estructura externa

Además como se puede apreciar en la figura anterior, está compuesta por dos módulos, que permitirá el uso del sistema para dos grupos de cuatro personas bajo condiciones muy similares.

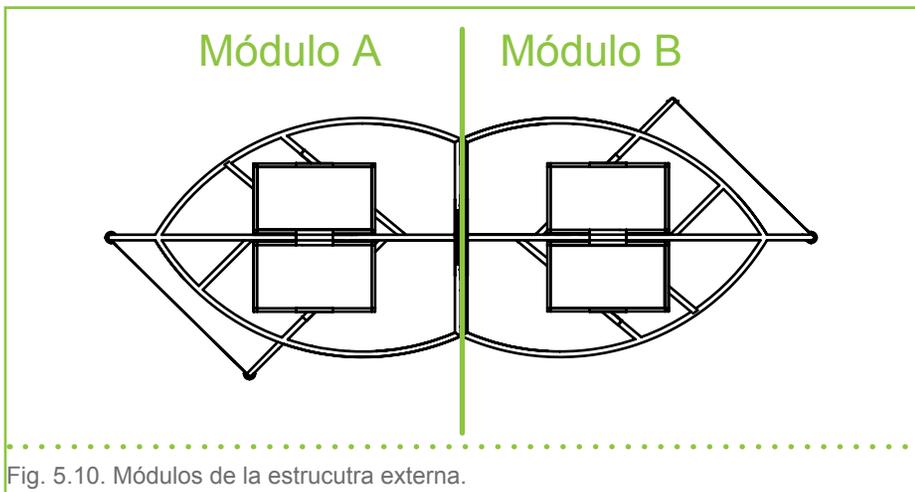


Fig. 5.10. Módulos de la estructura externa.

Cada módulo, al igual que las hojas, tienen elementos verticales y horizontales. Los elementos verticales (en la hojas sería el tallo de la planta), son las columnas del sistema, que para cada módulo son 5. Los sistemas horizontales (nervaduras en las hojas) son las vigas. Son 4 por cada módulo.



Fig. 5.11. Vigas y columnas

Las columnas

Las columnas son los elementos estructurales que llevarán todas las fuerzas ejercidas sobre el sistema a la estructura subterránea y ésta al suelo.

Al centro de la estructura, se encuentran seis columnas (3 de cada módulo) esto ayuda a la distribución de fuerzas, ya que al ser unidas, trabajan como un conjunto y no piezas individuales.

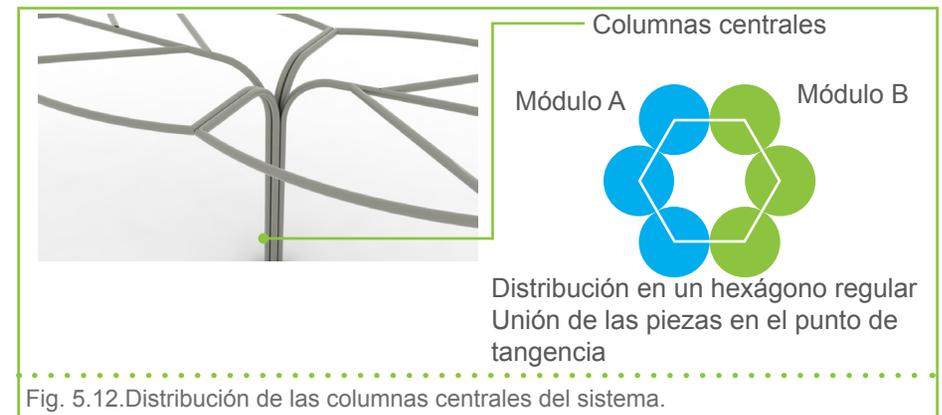


Fig. 5.12. Distribución de las columnas centrales del sistema.

Las columnas que no están centralizadas, son las que sujetan la pared vegetal, y a la vez le ofrecen al sistema más puntos de apoyo, para hacer la más resistente.

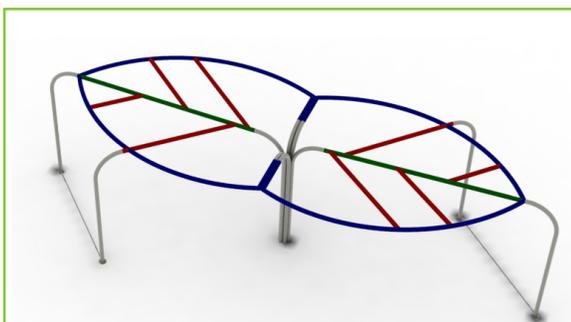


Fig. 5.13. Columnas laterales.

En síntesis, la estructura cuenta con 5 puntos de apoyo, uno central compuesto por 6 columnas, y 4 laterales, 2 para cada módulo.

Las vigas

Su importancia radica en que distribuye todas las fuerzas ejercidas sobre el sistema a las columnas y éstas al suelo. Además, como se explicará más adelante, son los elementos en los cuales, está el elemento de unión del panel.



Son en total 4 vigas transversales, 2 que funcionan de borde también y 1 central (datos por módulo)

Fig. 5.14. Vigas del sistema.



Fig. 5.15. Distribución de fuerzas del sistema

Uniones y anclajes

Para que la estructura pueda dirigir todas las fuerzas al suelo, ésta debe de estar sujeta a él.

Uniones entre los elementos (columnas y vigas).

Las columnas y las vigas se unen por medio de soldadura MIG para aceros galvanizados. La imagen de la columna de derecha muestra en verde los puntos de soldadura para el módulo B y en celeste para el módulo A. El recuadro naranja muestra, el punto donde los elementos centrales se unen para que ambos módulos se comporten como un mismo elemento.

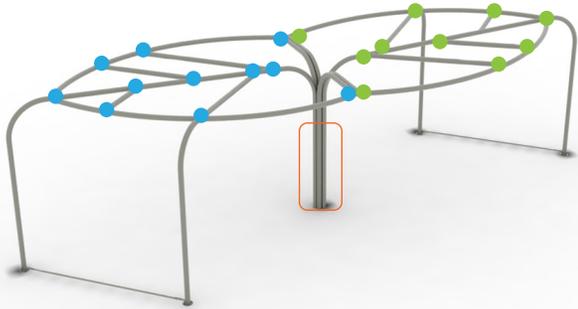
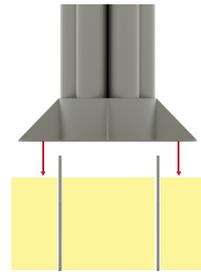
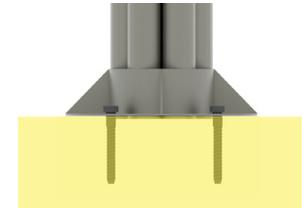


Fig. 5.16. Puntos de soldadura del sistema.



La varilla se inserta en el cemento, en el momento en el que se hacen los cimientos



Se inserta la estructura y se le coloca una tuerca para sujetar.

Fig. 5.18. Anclaje de los pernos al cemento.



Fig. 5.17. Anclajes

Comportamiento de la estructura en caso de un peso en su voladizo

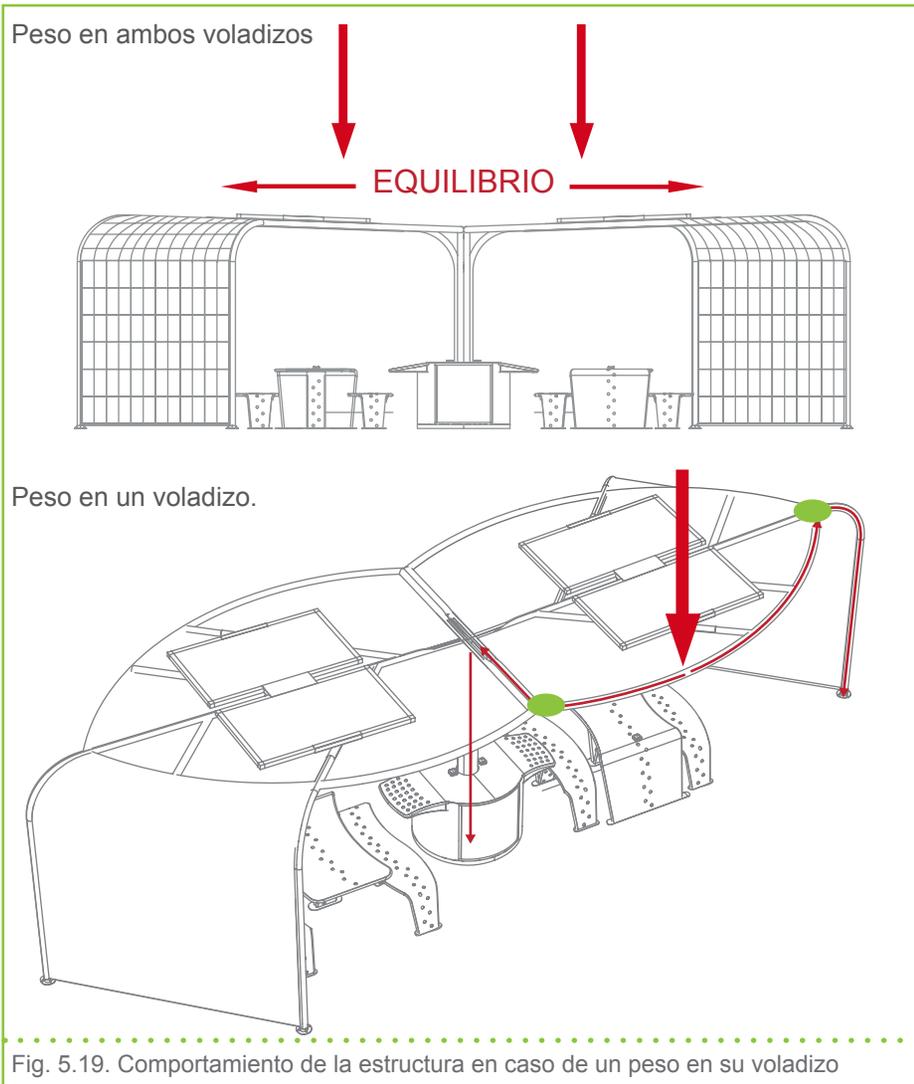
Ésta situación se puede presentar en el caso del mantenimiento de los paneles solares, o que una persona se sujete de la estructura, sin apoyar los pies en el suelo.

El caso más extremo sería que esta situación pase en uno de los módulos, ya que si pasa en los dos, el sistema tenderá a equilibrarse, debido a que es simétrico, y está unido.

La unión de la parte dental de la estructura, es una platina, con nervaduras y un tubo. Ésta va soldada a la estructura y anclada al cemento por medio de pernos.

La lámina de la platina y de las nervaduras tiene un grosor de 5mm

Los pernos son de varillas #3 con un diámetro de 9.5mm. De 10 cm de altura.

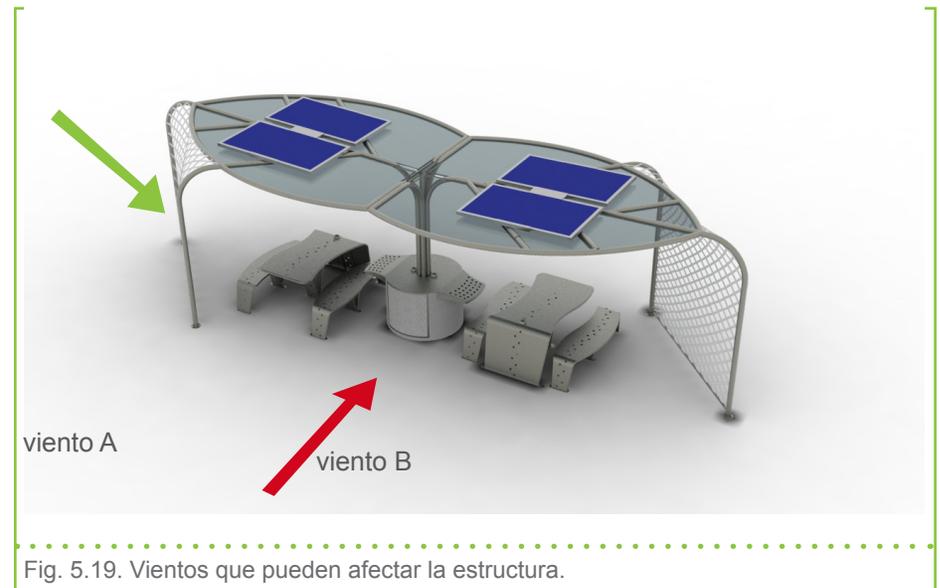


En la figura anterior se puede ver la distribución de las fuerzas en caso de que se genere un peso sobre esta superficie. y los círculos verdes son los puntos críticos , ya que son las uniones.

Las fuerzas principales que actúan sobre estas partes serían de tensión y de flexión, para generar el vuelco de la estructura. Debido a que las uniones son por medio de soldadura, la distribución de fuerzas es por todo el sistema, liberando la tensión sobre estos puntos.

Comportamiento de la estructura ante el viento

El código sísmico y de construcción de Costa Rica, pide que a las construcciones se les haga prueba de vientos, en dos direcciones, para saber si lo soporta.



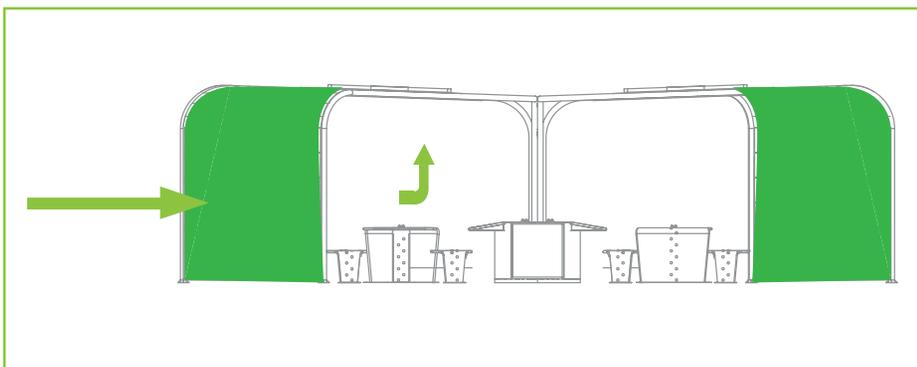


Fig. 5.20. Forma en que afecta el viento A

Esta dirección del viento se vuelve crítica cuando la pared vegetal se encuentra densa. En éste caso, funciona como una veleta, que empuja a la estructura bruscamente hacia un lado. Gracias a los anclajes al suelo, la estructura no se levanta, y mantiene su estabilidad. Además la estructura es muy abierta, por lo que el viento que empuja el techo no es de una fuerza considerable, o que pueda levantar los anclajes.

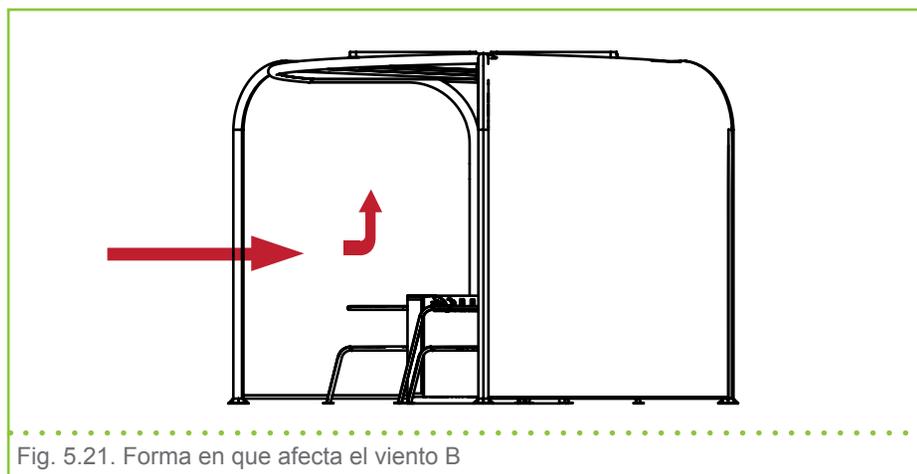


Fig. 5.21. Forma en que afecta el viento B

Esta dirección del viento es menos crítica que la pasada, ya que hay menos área que pueda empujar al sistema. Al igual que lo anterior, el sistema mantiene su equilibrio gracias a los anclajes al suelo.

Aguas pluviales

La estructura al encontrarse en las zonas verdes y espacios públicos del TEC, está expuesta a las condiciones climatológicas presentes en su entorno (Sol, agua, viento). El subsistema de aguas pluviales dirige las aguas que caen sobre la estructura a puntos específicos para impedir que su instalación presente un problema en el terreno, o que se generen pozos de agua a su alrededor que impidan un acceso fácil y rápido por parte del usuario al sistema.

Ésta compuesto por las siguientes partes: lámina de policarbonato celular, especial para techos, una canoa, tubos de desagüe

El policarbonato celular es un material de nueva generación y alta tecnología que cumple con características como facilidad de instalación, ligereza, durabilidad y buena presentación en exteriores. Además al ser de un color

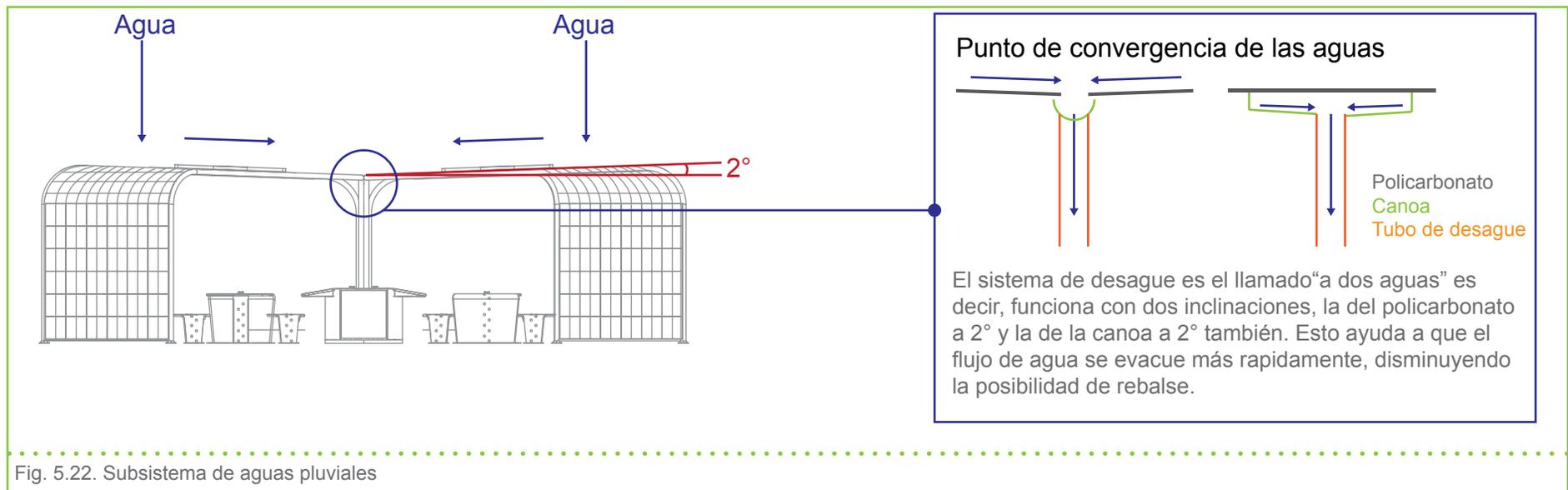
Gris oscuro, impide que el 70% de la radiación solar no pase a su interior, generando un ambiente más confortable (menos calor, menos brillo solar), para realizar las actividades de estudio para las cuales está previsto **Foliage**.

La colocación de la canoa es hacia el centro, en el medio de los tubos estructurales. por lo cual no se percibe con facilidad.

La inclinación del techo es de 2° hacia el centro lo cual dirige las aguas hacia este punto, y luego mediante la canoa, pasan por el tubo de desagüe. Posteriormente pasan a un tubo que se encuentra subterráneo a un declive del terreno apto para desagüe o a la tubería de aguas pluviales del TEC.

Los tubos de desagüe al igual que la canoa son tubos redondos de PVC con un diámetro de 3 pulgadas.

La lámina de policarbonato delular es de un espesor de 8mm y color gris oscuro.



Protección a las inclemencias del clima

El espacio diseñado es para la realización de trabajos y/o tareas dentro del TEC, por lo que brindarle protección al usuario de algunos factores climáticos, ayudan a mejorar la concentración y a que el diseño se considere más comfortable.

Los elementos que ayudan a esto, son el policarbonato celular, y la pared vegetal cuando la planta se encuentre densa.

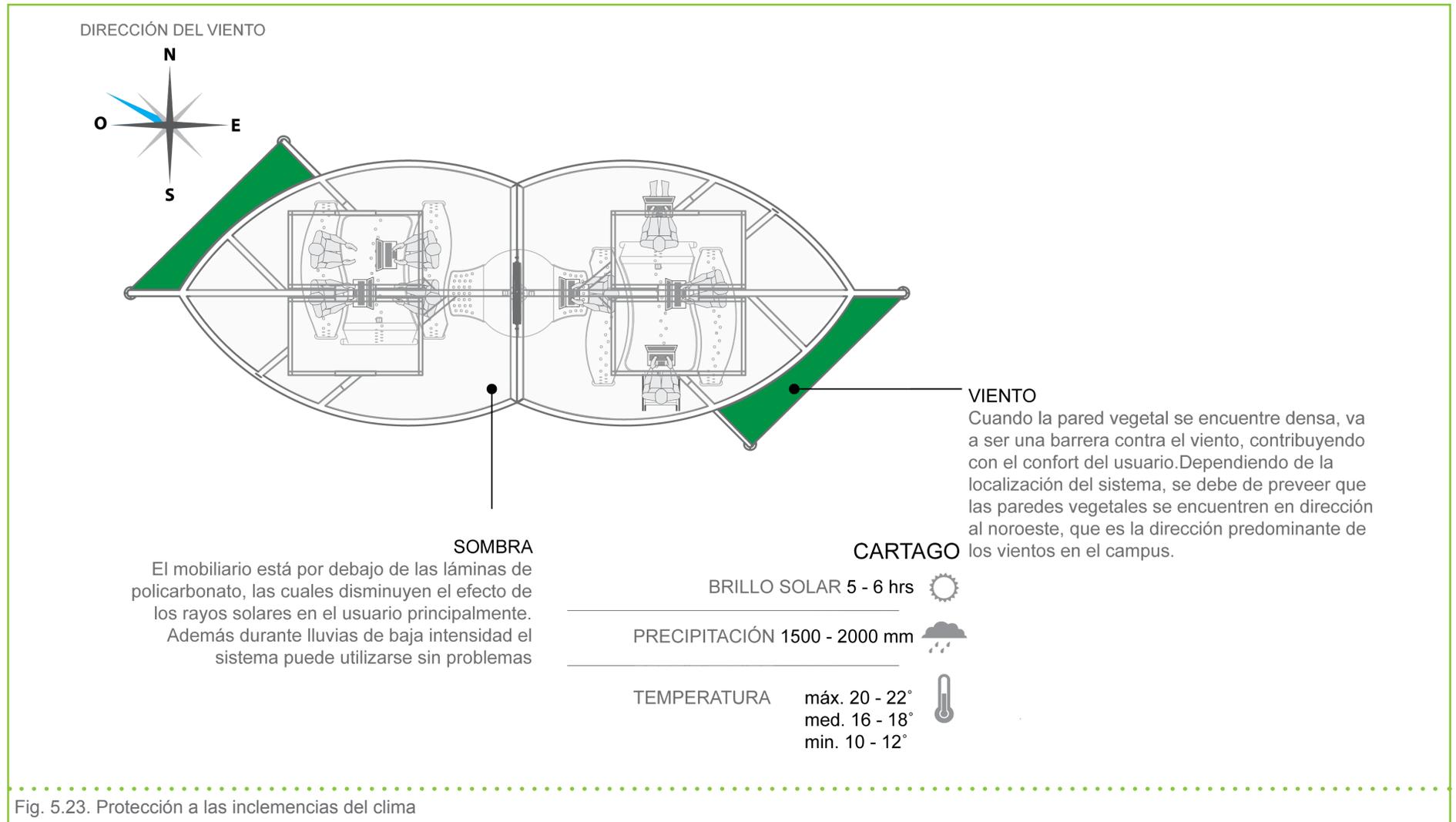


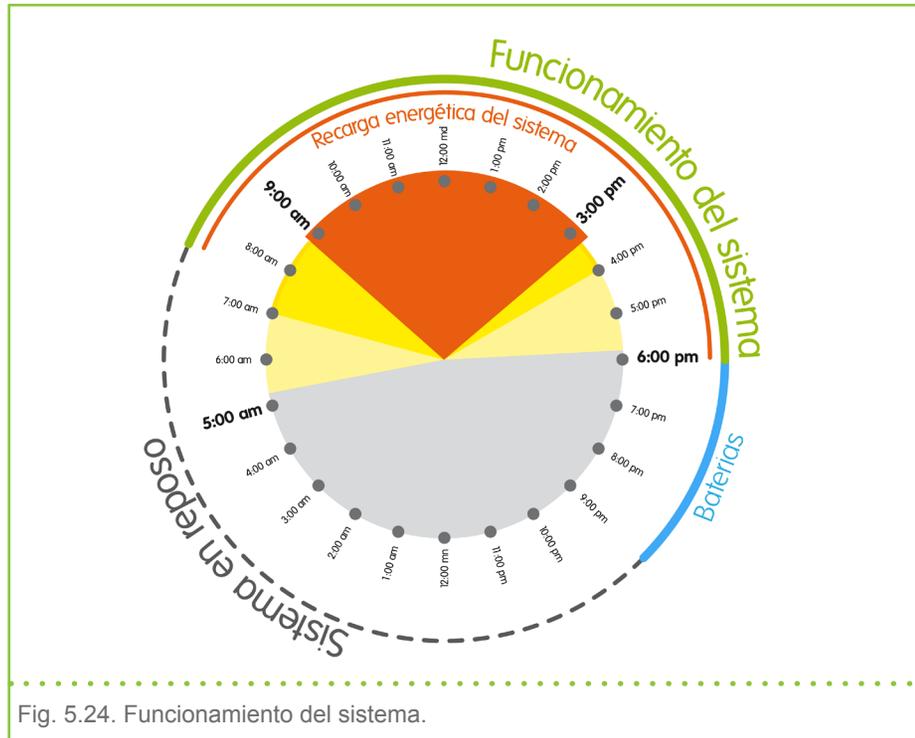
Fig. 5.23. Protección a las inclemencias del clima

5.3 Subsistema energético

Encargado de proveer la energía necesaria al usuario y al sistema.

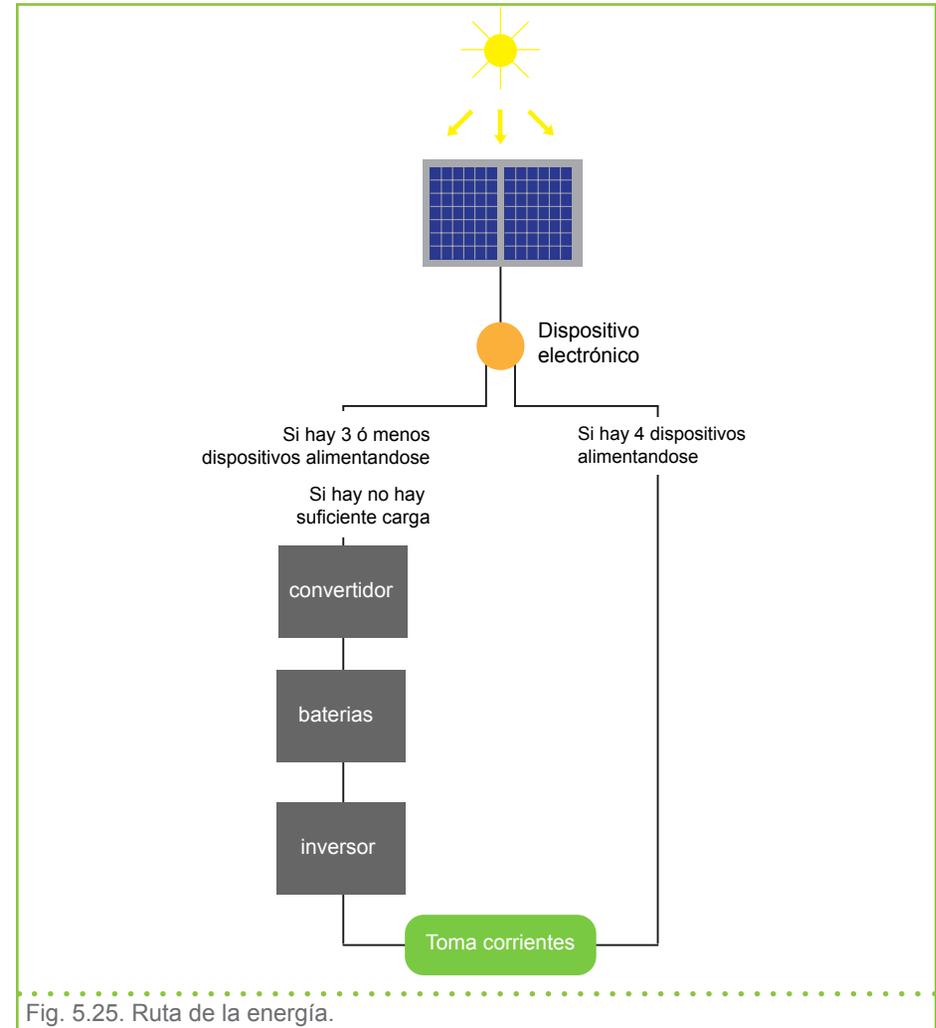
Sistema fotovoltaico.

El sistema fotovoltaico, es el proveedor de energía por medio de energía renovable. Se compone de: paneles solares, convertidor, baterías, regulador de carga y el punto de acceso al usuario, el tomacorrientes.

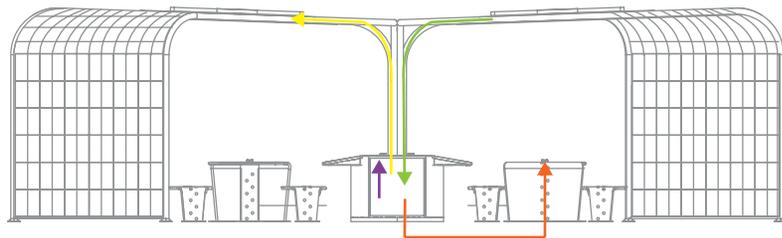
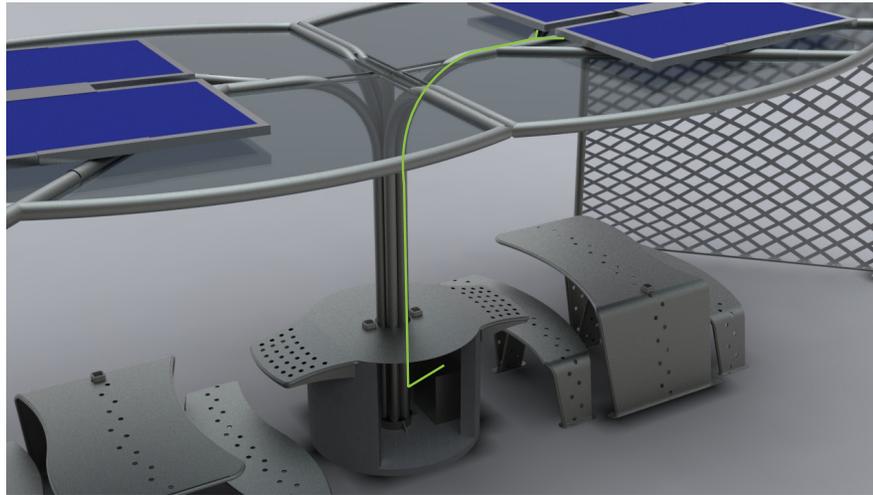


- El gráfico anterior muestra las características de funcionamiento del sistema, donde se puede observar que:
- El sistema se encuentra en reposo de 9pm a 7:30, lo cual coincide con las horas en las cuales el campus se encuentra cerrado.
 - A partir de las 7:30 y hasta las 9pm, el usuario podrá hacer recarga de su computadora, en cualquiera de los tomacorrientes del sistema. A partir de las 6pm la recarga energética la dará exclusivamente las baterías.
 - La recarga de las baterías es de 7:30 a 6pm con mayor eficiencia de 9am a 3pm, debido que en el transcurso de éstas horas la energía solar es mayor.

En el caso de días nublados, la recarga energética será proveniente de las baterías, ya que los paneles son menos efectivos.



La figura anterior es la explicación gráfica de la ruta de la energía, donde se observa que un dispositivo electrónico es el encargado de decir cual de las dos rutas debe seguir la energía. Si el sistema se encuentra desocupado o no está alimentando ninguna computadora, la energía se almacena en las baterías para ser usada en la noche, o en días nublados. En caso de que los cuatro tomacorrientes se encuentren ocupados, la energía pasa directo a los tomacorrientes, sin pasar por la ruta del convertidor para evitar las pérdidas energéticas al pasar de un elemento a otro.



- Entrada de cables provenientes de los paneles solares
- Salida de cable para la instalación eléctrica
- Salida de cable (subterráneo) para el mobiliario
- Salida de cable para el conector del tomacorriente de la parte central

Fig. 5.26. cableado del sistema para un módulo (método repetitivo para el otro).

El cableado del sistema se hace por el interior del tubo central, para evitar que éstos estén a la vista del usuario, y dar protección del Sol, y del agua. La figura 5.26 detalla la ruta de los cables para el mobiliario y la estructura. La especificación del cable, al igual que de los otros elementos se encuentra en los anexos.

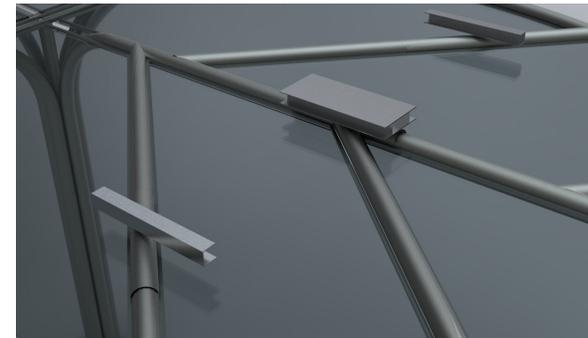
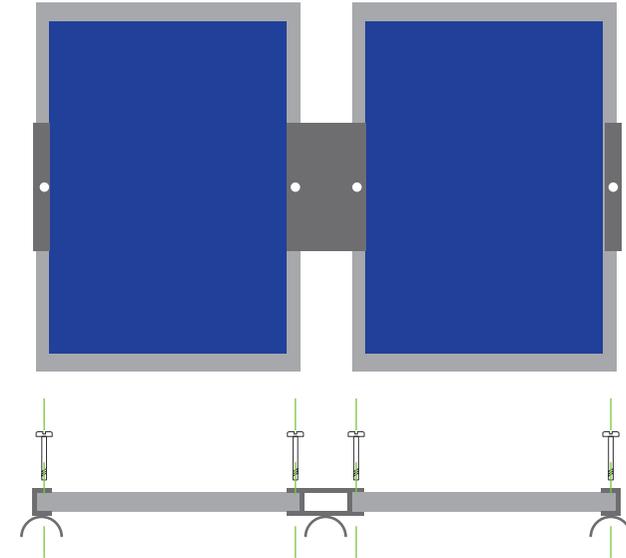


Fig. 5.27. Sujeción de los paneles solares al sistema

El panel solar se sujeta a la estructura por medio de 3 uniones (para cada par) una central y dos laterales. Ésto corresponde a la especificación que da el fabricante del panel, al indicar que en el centro se encuentra el espacio previsto para la sujeción.

Como se aprecia en la figura anterior tienen forma de C las laterales y de H la central, para formar carriles por donde se deslizan los paneles solares. Al coincidir con el centro, se pasa un tornillo autoroscante que fija al panel con la unión. Ésta última por su parte, está soldada a medio tubo, que calza con la estructura para sujetarse completamente. La importancia de ésta última pieza es que le da altura al panel para que circule el aire, debido a que éstos tienden a calentarse y expandirse durante su uso.

Calculo de la cantidad de paneles solares

Se supone el peor caso cuando las 4 portátiles consumen energía durante 7 horas continuas

$$280w \cdot 7h = 1960 \text{ Wh}$$

Se supone que las luces operan 5 horas

$$30W \cdot 5h = 150Wh$$

Total de consumo

$$1960Wh + 150Wh = 2110Wh$$

Calculo para conocer la cantidad de paneles solares, contemplando que trabajen a un 50% de su capacidad

$$2110Wh = 6h \cdot n \cdot 200W \cdot 0.5$$

$$2110Wh = 600Wh \cdot n$$

$$3.51 = n$$

n es el número de paneles necesarios. Por redondeo se utilizarán 4

Calculo de la capacidad de la batería

Para un día

$$\text{Consumo de las portátiles } 6A \cdot 6h = 36 \text{ Ah}$$

$$\text{Consumo de las luces } 3A \cdot 5h = 15Ah$$

$$\text{Total de la suma } 51Ah$$

Se contemplan 5 horas de luces, desde las 5pm a las 9pm, debido a que a estas horas se da el consumo máximo por parte de las luces.

Se quiere que el sistema trabaje en autonomía durante 2 días

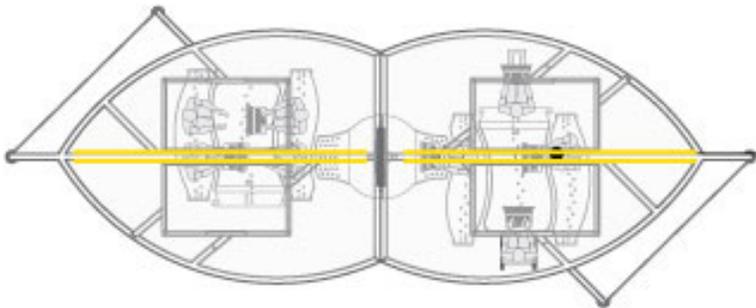
$$51Ah \cdot 2 = 102 \text{ Ah} \cdot 1.25 = 127.5 \text{ Ah}$$

Ese resultado es la capacidad de la batería. En los anexos, en el artículo llamado battery guide, se encuentra en la página 4 la batería US 185 cuya capacidad es de 200 Ah, es decir que en el caso de que la batería se cargue al completamente, va a dar más autonomía que la requerida de 2 días. Es importante, además que la tensión de la batería debe de ser para el sistema de 12V por lo cual es un parámetro de suma importancia a la hora de la selección de éste elemento.

1.25 es el equivalente a la pérdida de energía (es decir que el sistema, trabaje al 50%).

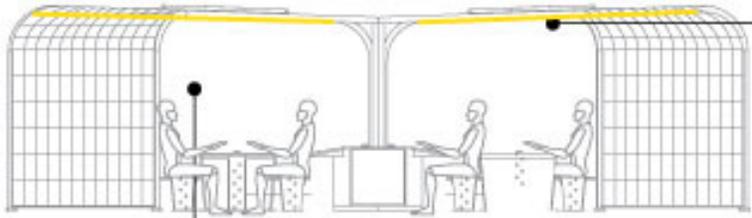
El inversor necesario es el Outback FX2012T que soporta potencias entre 1kW y 2kW.

Subsistema luminoso



SISTEMA

Ésta compuesto por cables, tubos de acrílico y bombillas LED, las cuales dan el mayor ahorro energético y presentan un tamaño muy compacto. Emite 750lux en la noche



SENSORES

El sistema cuenta con un sensor de presencia que enciende el sistema lumínico cuando alguna persona se acerca al área ocupada. Éste sensor trabaja a partir de que el sensor luminoso, de lux ambientales indica que en el sistema hay menos de 500 lux (que es el mínimo recomendado para hacer labores estudiantiles). Además, al igual que el sistema fotovoltaico, se encuentra en reposo de 9pm a 7:30am, con el fin de que no ocurran mal gastos de energía durante éstas horas. Los sensores se encuentran en el centro de la estructura.

SOMBRA

Cae de maner perpendicular al usuario, y a lo largo del eje central, para impedir que se hagan sombras en la zona de trabajo



Especificaciones

Dimensiones

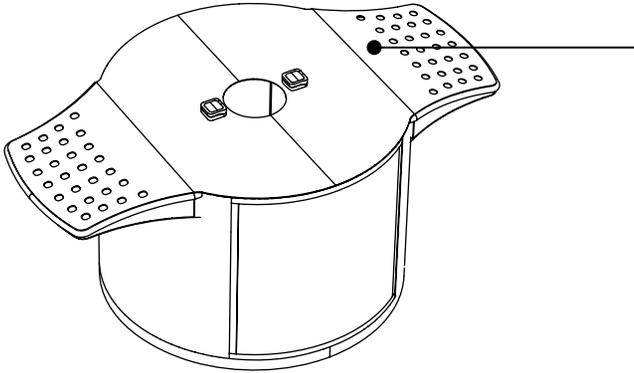
Diagrama de instalación

- IP67 LED Strip Light
- MD screw
- Micro Bridge
- Surface for install
- Insulated

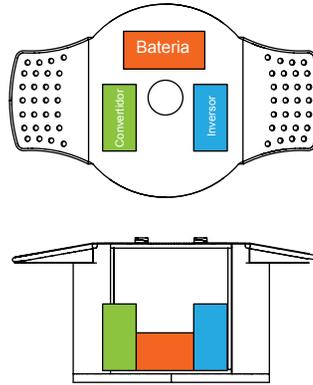
Subsistema de almacenamiento, acceso y de seguridad

La pieza central de sistema es el elemento de almacenamiento de los elementos fotovoltaicos.

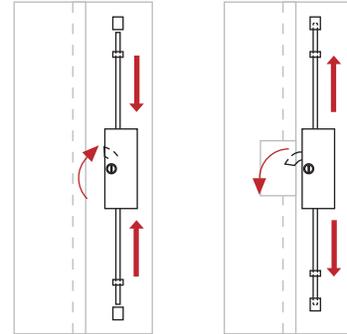
Esta compuesto por dos piezas de cemento y dos puertas de acceso para mantenimiento y reemplazo de partes



Distribución de los elementos en su interior



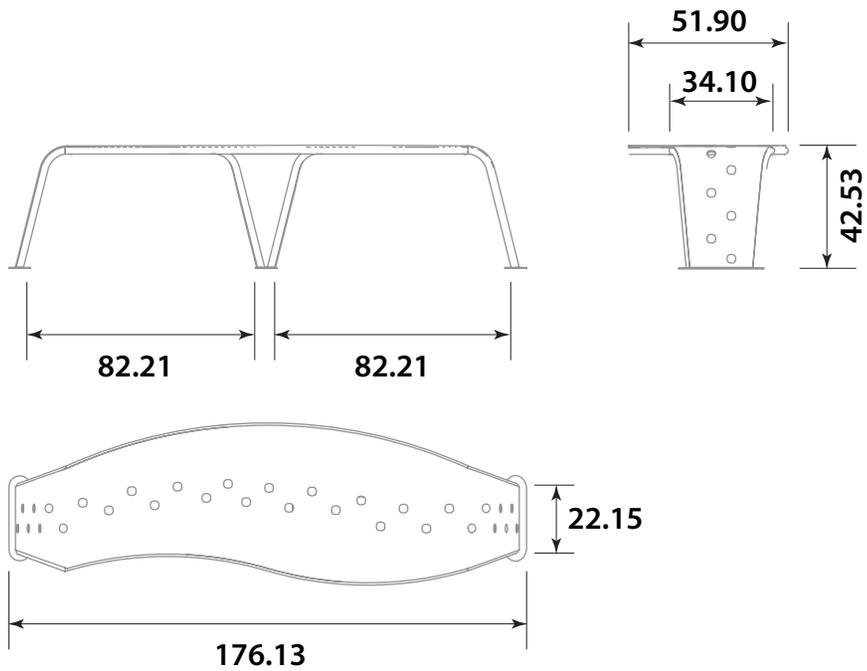
Sistema de seguridad de la puerta



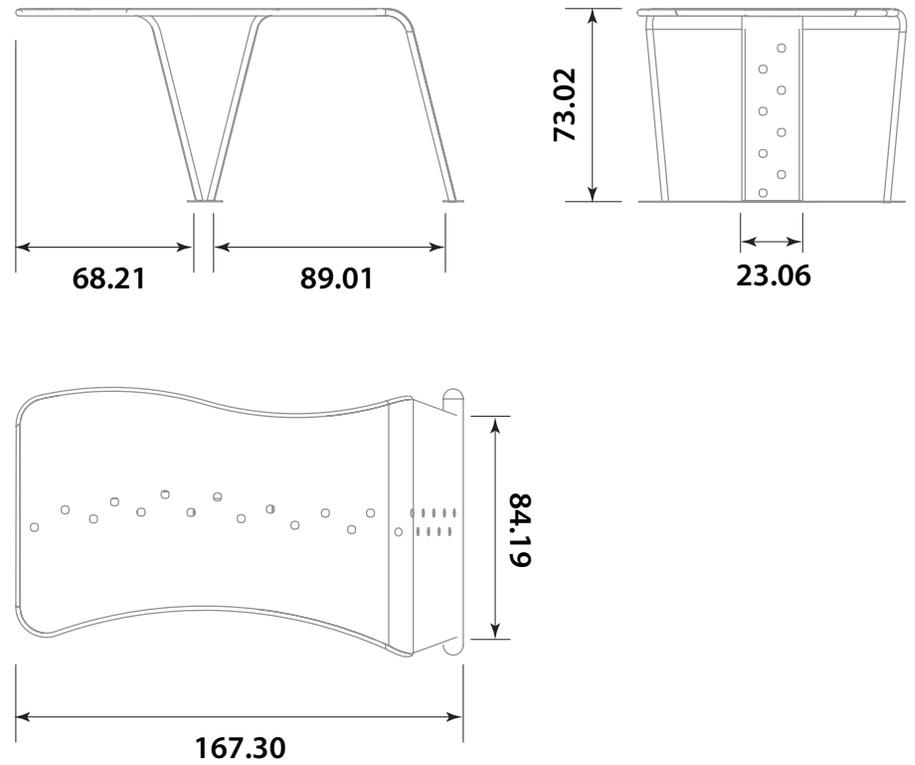
5.3 Subsistema mobiliario

Vistas generales

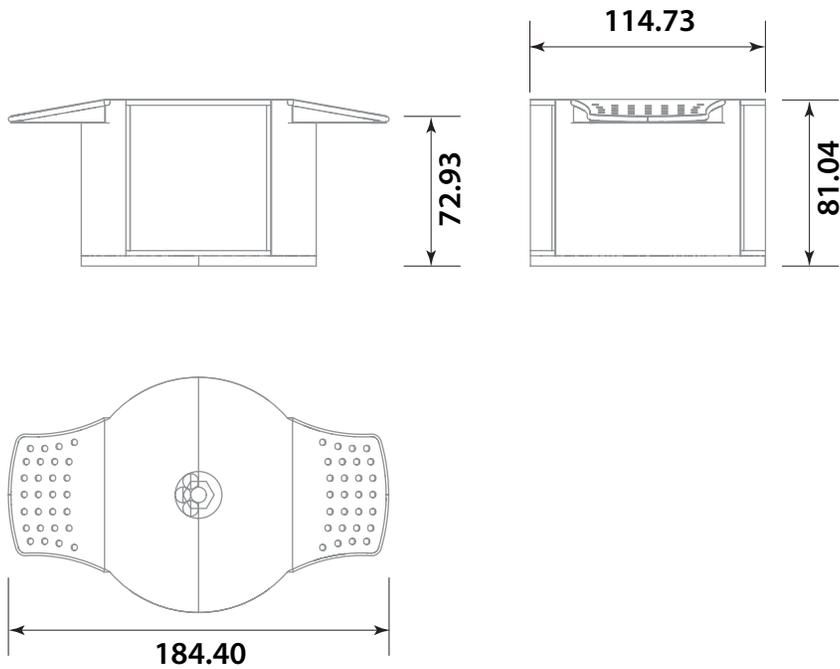
Banca



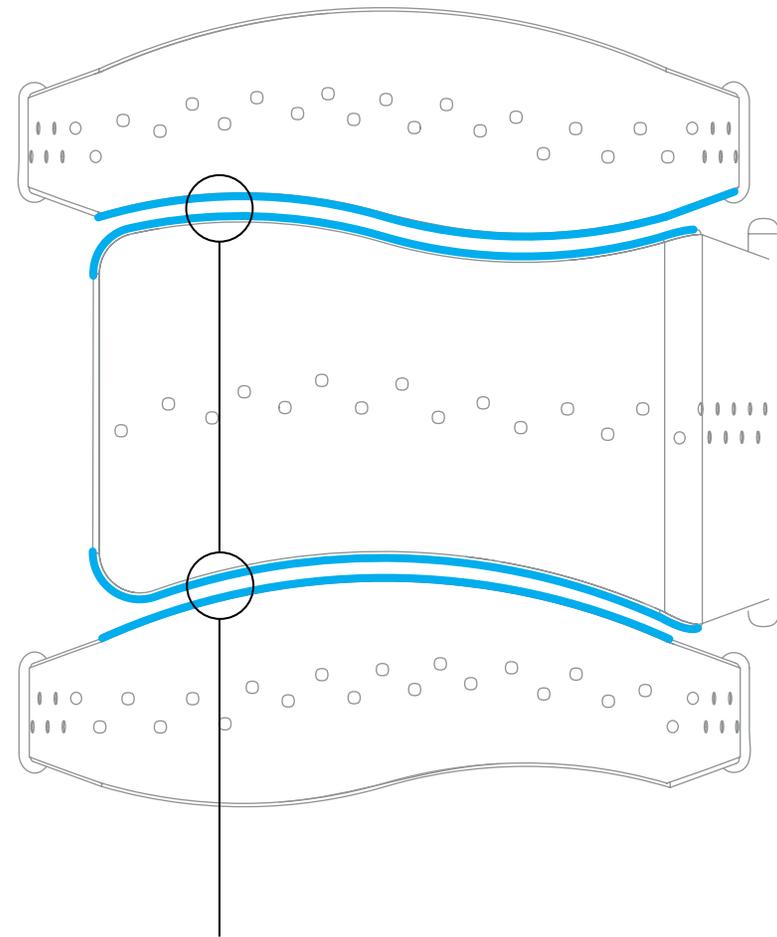
Mesa



Centro



Forma orgánica

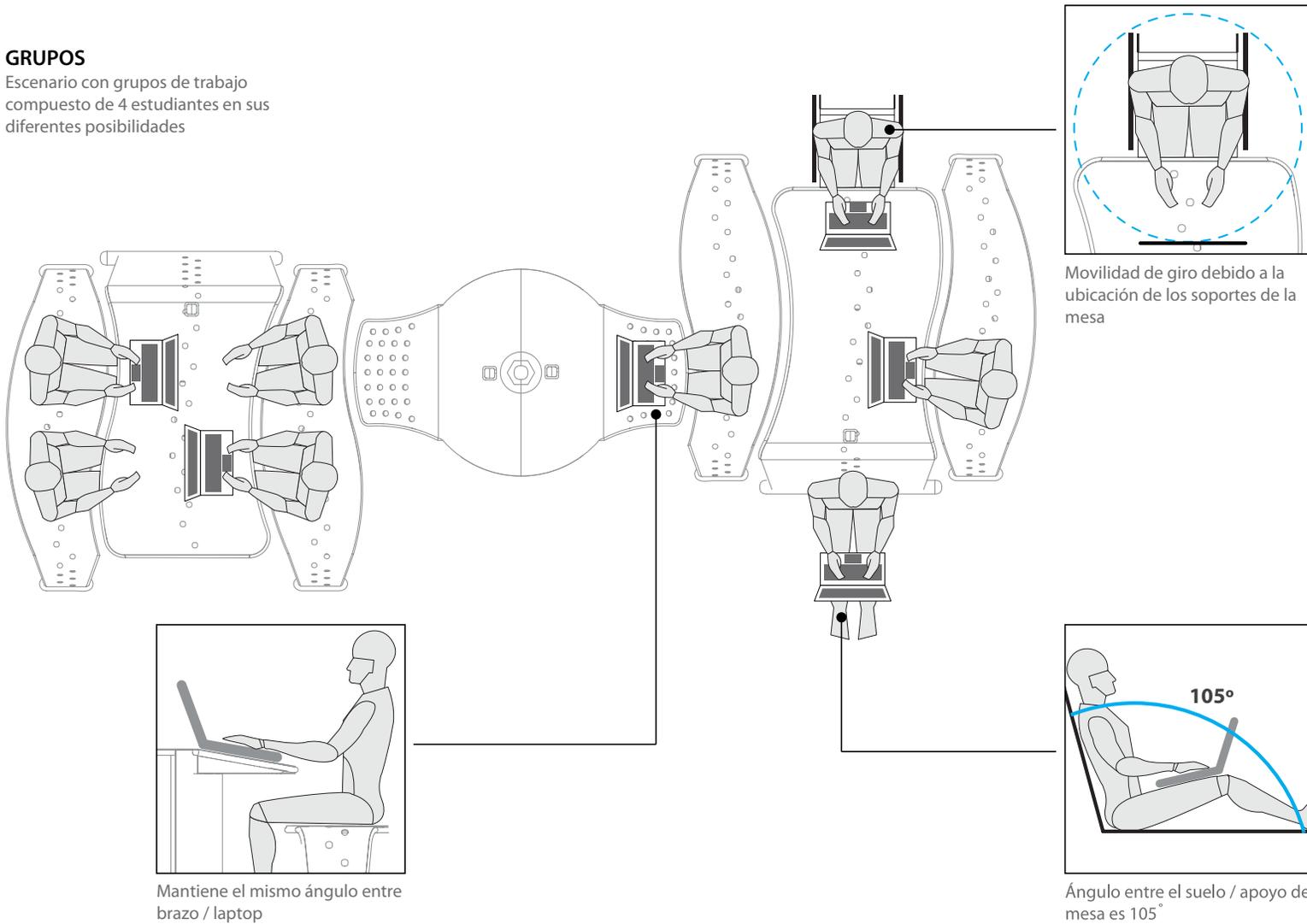


FORMA

La forma responde a la abstracción de una hoja
Posee principios de forma / contraforma
Aprovecha la materia prima
Se adapta a mujeres embarazadas y personas con obesidad

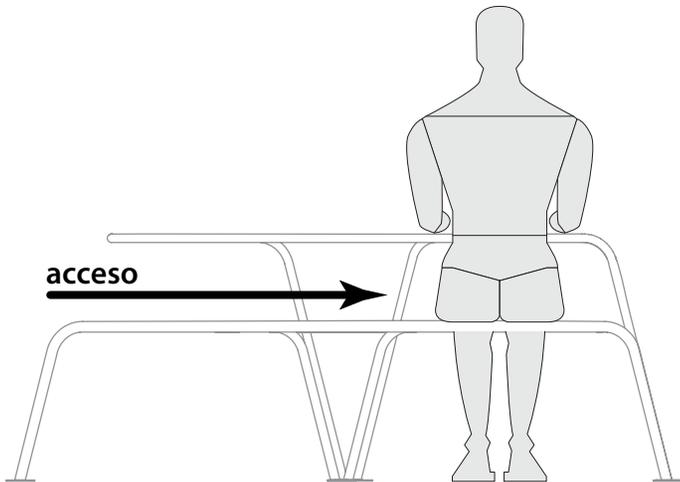
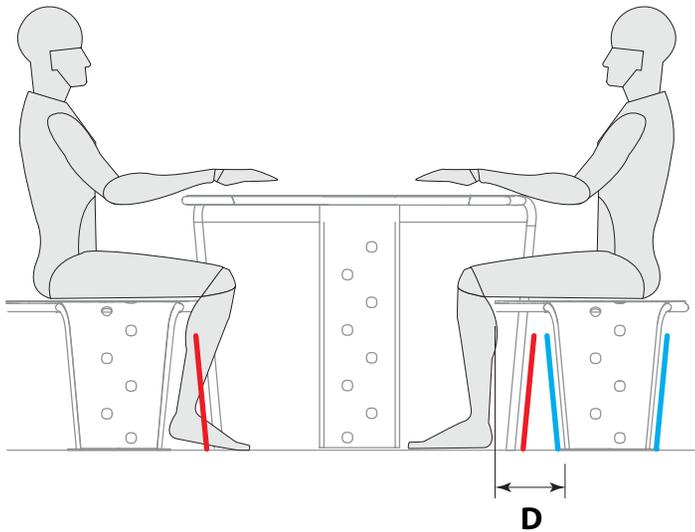
GRUPOS

Escenario con grupos de trabajo compuesto de 4 estudiantes en sus diferentes posibilidades



Acceso y salida del mobiliario

FORMA TRAPEZOIDAL

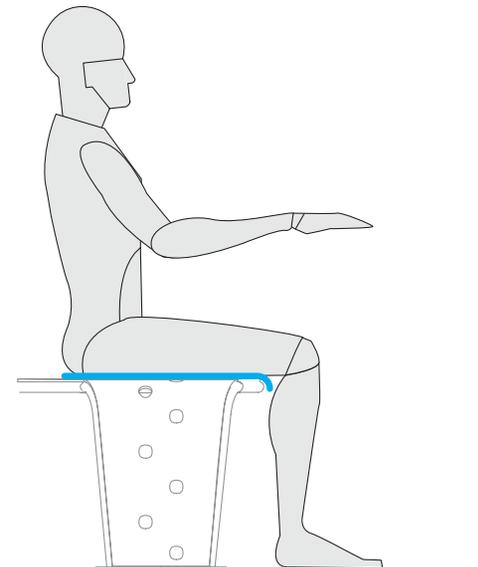
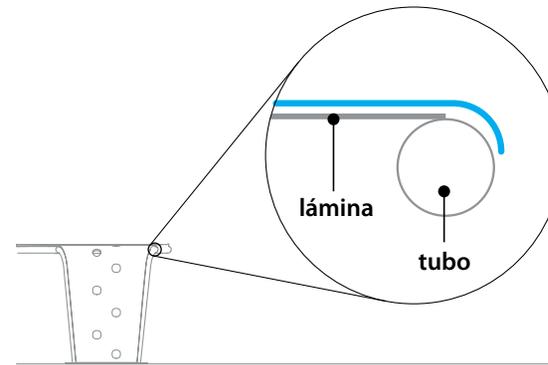


TRAPECIO

La forma de trapecio en las patas tanto de las bancas como de la mesa permiten al usuario un fácil acceso al sistema

Superficie de contacto

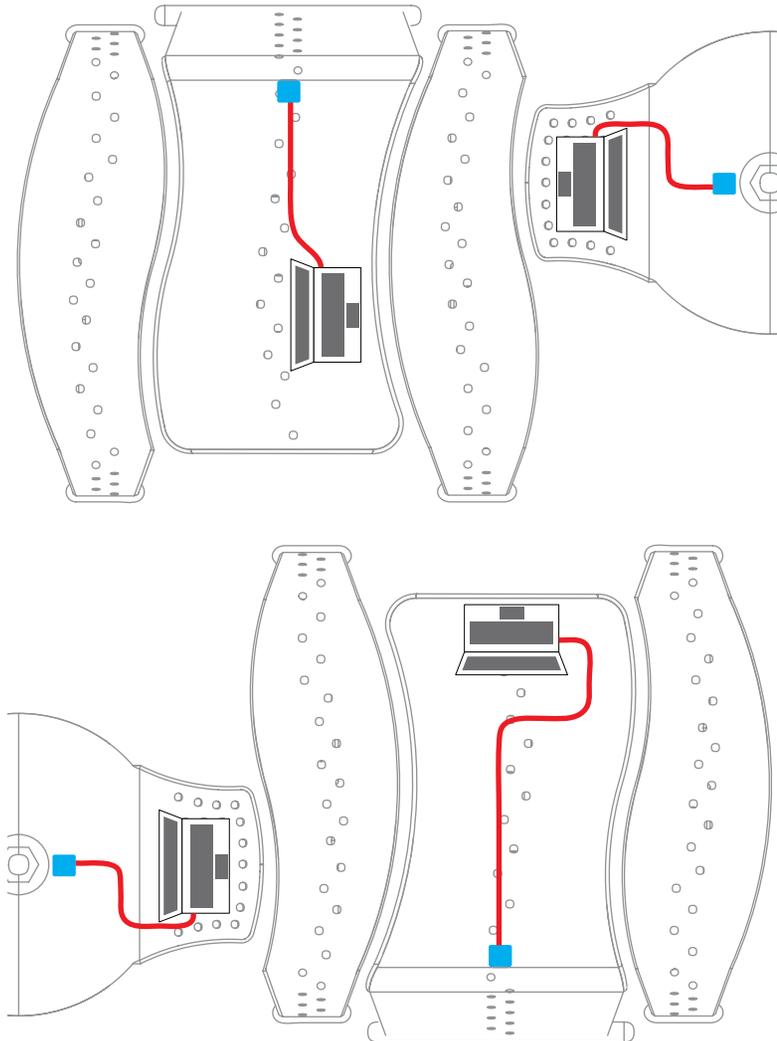
SUPERFICIES



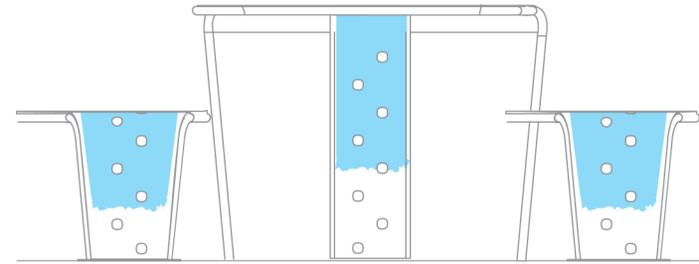
SUPERFICIES

El tubo además de ser un elemento estructural, sirve también para minimizar los puntos de presión en las piernas del usuario brindando comodidad a través de su curvatura

CONECTORES



DESAGUE



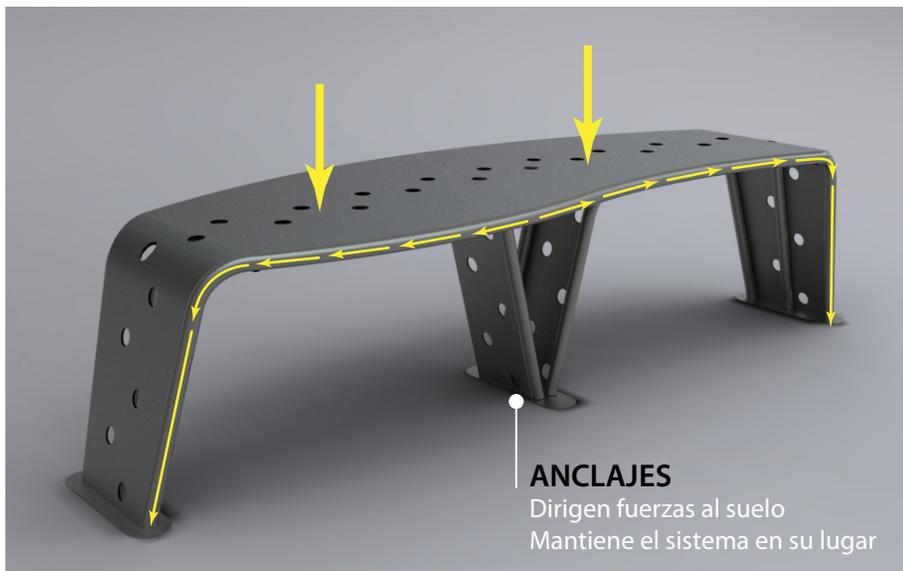
ORIFICIOS

Su diámetro es de 3cm para evitar que se atoren los dedos
Su distribución uniforme ayuda a la efectiva evacuación del agua

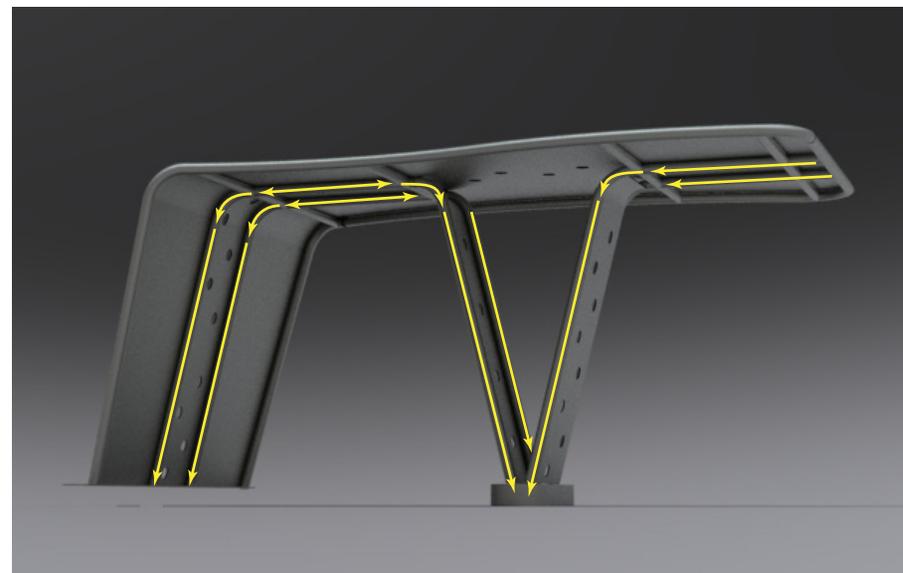
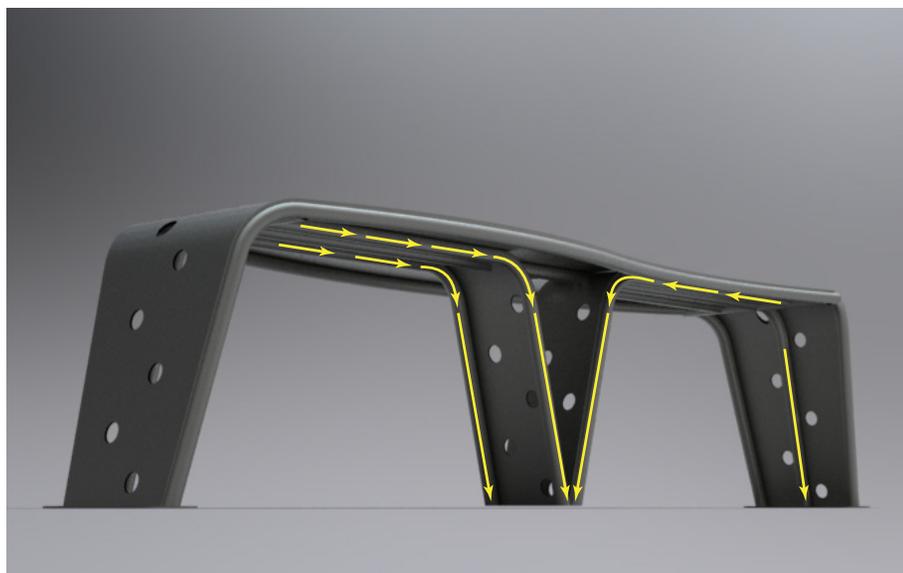
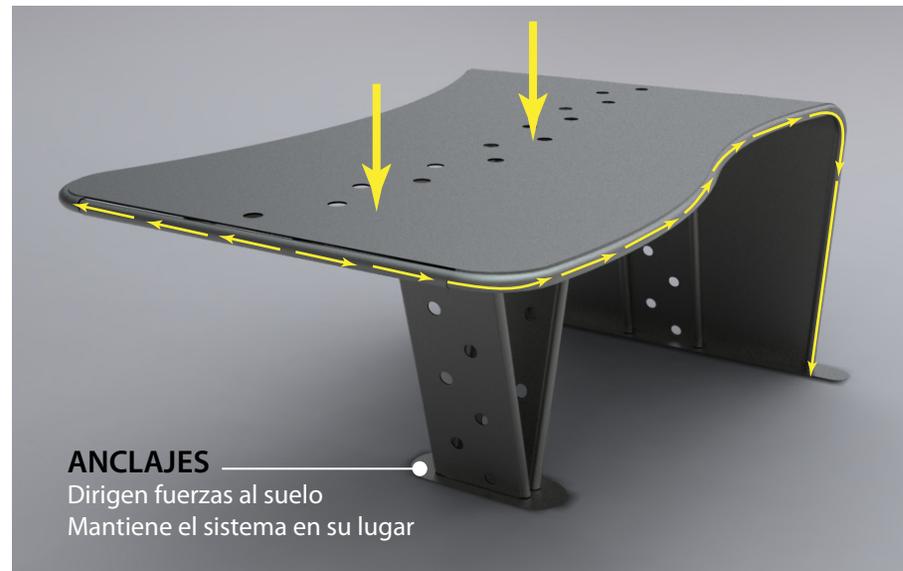
CONECTORES

Conectores para exteriores tipo **idrobox** con cierre anti-humedad
Su ubicación estratégica no permite cables al frente del usuario

Banca



Mesa



Mesa Central



Gradientes de mejoramiento

- Amplía las posibilidades de atención a la población estudiantil en un 14%
- Amigable con el entorno desde el punto de vista energético ya que utiliza luz solar
- Permite recarga energética
- Posee un sistema de iluminación de bajo consumo energético y gran eficiencia lumínica (led)
- Accesible a personas con discapacidad (ley 7600) y mujeres embarazadas
- Brinda protección al usuario de factores climáticos como sol, viento y lluvia de baja intensidad
- Utiliza materiales estructuralmente resistentes pero a la vez livianos acordes al entorno de uso
- Promueve el principio de multiposiciones de trabajo brindándole versatilidad al sistema de mobiliario sin dejar de lado el confort del usuario
- Aprovecha al máximo el espacio por medio del principio de multifuncionalidad
- El material constructivo del mobiliario y su configuración permite una rápida utilización del mismo ante factores climáticos (agua, humedad) ya que se seca rápido
- Se dispone de un mecanismo de disminución de viento a través de un sistema natural (enredadera) lo que disminuye el impacto visual del sistema general

BIBLIOGRAFIA

Paneles solares. Disponible en <http://edison.upc.edu/curs/llum/interior/iluint1.html> (2010, 10 de febrero).

Paneles solares. Disponible en <http://www.infoener.com/paneles-solares-flexibles-que-simulan-el-cesped/863> (2010, 10 de febrero)

Paneles solares. Disponible en <http://www.infoener.com/avances-cientificos-estudian-nanotubos-de-carbono-en-paneles-solares/823> (2010, 10 de febrero)

Paneles solares. Disponible en <http://www.infoener.com/placas-fotovoltaicas-inversiones-chinas-en-espana/633> (2010, 15 de febrero)

Tipos de paneles solares. Disponible en <http://www.infoener.com/avances-cientificos-estudian-nanotubos-de-carbono-en-paneles-solares/823> (2010, 15 de febrero)

Tipos de paneles solares. Disponible en http://ciencia.nasa.gov/headlines/y2002/solarcells_spanisha.htm (2010, 15 de febrero)

Energía solar. Disponible en <http://www.censolar.es/> (2010, 15 de marzo)

Energías renovables. Disponible en <http://www.enbuenasmanos.com/articulos/muestra.asp?art=243> (2010, 10 de marzo).

Muros vegetales. Disponible en <http://hogar.comohacerpara.com/n3695/como-hacer-un-jardin-vertical.html> (2010, 4 de marzo).

Ventajas de un jardín vertical. Disponible en http://www.soitu.es/soitu/2008/05/26/medioambiente/1211809362_878622.html (2010, 4 de marzo).

Sin autor. Ventilacion. http://es.wikipedia.org/wiki/Ventilaci%C3%B3n_%28arquitectura%29 (20 de abril del 2010).

Sin autor. Energía solar fotovoltaica. <http://energiasolarfotovoltaica.blogspot.com/> (1 de mayo 2010).

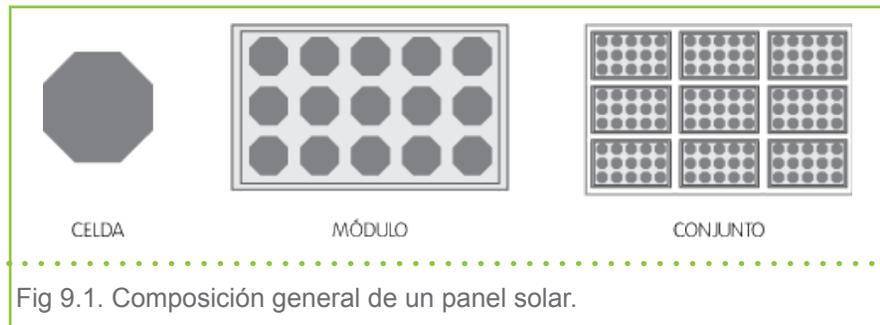


9.ANEXOS

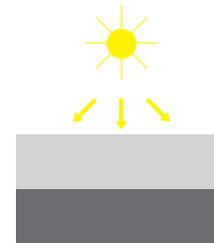
9.1 Los paneles fotovoltaicos

Los paneles solares son los encargados de coleccionar la energía solar, mediante celdas, para posteriormente convertirla en electricidad.

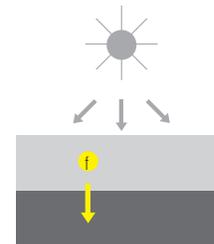
Su composición general es la siguiente:



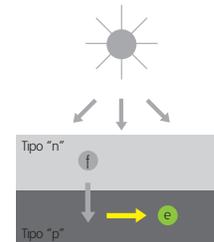
Lo que sucede en cada celda es:



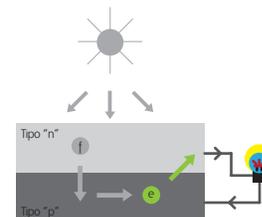
1. La luz solar penetra en la superficie de la celda.



2. Los fotones trasladan la energía hacia la parte baja de la celda.



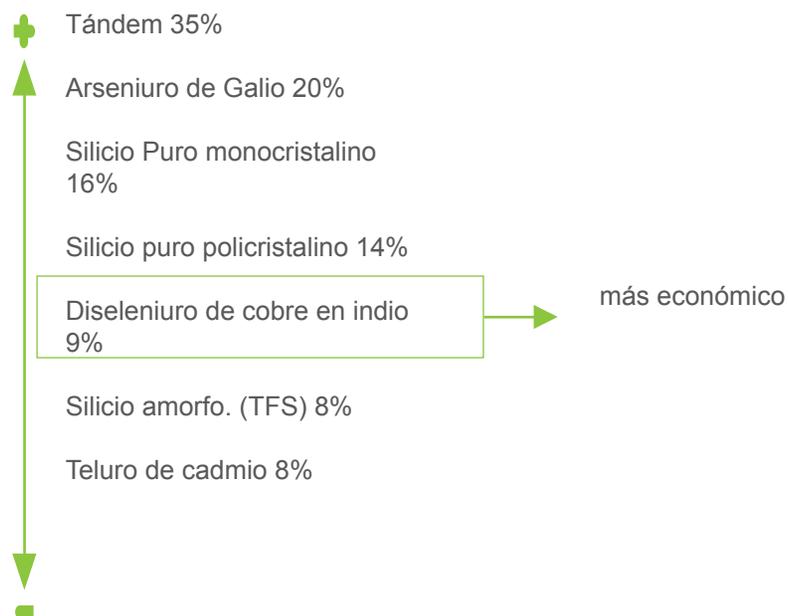
3. Los fotones le dan la energía a los electrones en la zona "tipo P".



4. Los electrones usan esta energía para brincar a la zona alta "Tipo N" y entrar al circuito que hará encender la luz.

El rendimiento eléctrico de una celda fotovoltaica es la relación entre la energía eléctrica producida por la celda y la radiación solar incidente, generadora de esta energía eléctrica. Aunque en realidad el rendimiento va a depender de la tecnología usada y del tipo de celda.

A continuación se muestra los materiales del que tiene mayor rendimiento a menor rendimiento, de la clasificación de paneles de acuerdo a los materiales que lo constituyen.



9.2 . El regulador eléctrico

Según el blog de energías renovables mencionado anteriormente¹, el sistema de regulación tiene básicamente dos funciones:

- **Evitar sobrecargas y descargas** profundas de la batería, ya que esto puede provocar daños irreversibles en la misma. Si, una vez que se ha alcanzado la carga máxima, se intenta seguir introduciendo energía en la batería, se iniciarían procesos de gasificación o de calentamiento que acortarían sensiblemente la duración de la misma.
- **Impedir la descarga** de la batería a través de los paneles en los periodos sin luz.

A éstos sistemas se les incluye microprocesadores para que el rango de fallo sea casi nulo, ya que se les programa para cada situación posible en la que se puede presentar el sistema.

El mismo blog, explica el funcionamiento de un regulador de carga de la siguiente manera.

1) Regulación de la Intensidad de Carga de las Baterías: igualación, carga profunda, flotación.

Igualación: esta respuesta del regulador permite la realización automática de cargas de igualación de los acumuladores tras un período de tiempo en el que el estado de carga ha sido bajo, reduciendo al máximo el gaseo en caso contrario.

Carga profunda: tras la igualación, el sistema de regulación permite la entrada de corriente de carga a los acumuladores sin interrupción hasta alcanzar el punto de tensión final de carga. Alcanzado dicho punto el sistema de regulación interrumpe la carga y el sistema de control pasa a la segunda fase, la flotación.

Cuando se alcanza la tensión final de carga, la batería ha alcanzado un nivel de carga próximo al 90% de su capacidad, en la siguiente fase se completará la carga.

Carga final y flotación: la carga final del acumulador se realiza estableciendo una zona de actuación del sistema de regulación dentro de

¹ http://energiasolarfotovoltaica.blogspot.com/2006/01/instalaciones-fotovoltaicas-aisladas_29.html

lo que denominamos “Banda de Flotación Dinámica”. La BFD es un rango de tensión cuyos valores máximo y mínimo se fijan entre la tensión final de carga y la tensión nominal + 10% aproximadamente.

Una vez alcanzado el valor de voltaje de plena carga de la batería, el regulador inyecta una corriente pequeña para mantenerla a plena carga, esto es, inyecta la corriente de flotación. Esta corriente se encarga por tanto de mantener la batería a plena carga y cuando no se consume energía se emplea en compensar la autodescarga de las baterías.

2) Indicadores de estado: desconexión del consumo por baja tensión de baterías, alarmas de señalización.

Desconexión del consumo por baja tensión de batería:

indica una situación de descarga del acumulador próxima al 70% de su capacidad nominal.

Si la tensión de la batería disminuye por debajo del valor de tensión de maniobra de desconexión de consumo durante más de un tiempo establecido, se desconecta el consumo. Esto es para evitar que una sobrecarga puntual de corta duración desactive el consumo.

Tensión de desconexión del consumo: tensión de la batería a partir de la cual se desconectan las cargas de consumo.

Alarma por baja tensión de la batería: indica una situación de descarga considerable. A partir de este nivel de descarga las condiciones del acumulador comienzan a ser comprometidas desde el punto de vista de la descarga y del mantenimiento de la tensión de salida frente a intensidades elevadas.

Esta alarma está en función del valor de la tensión de desconexión de consumo (siempre se encontrará 0,05 volt/elem. por encima).

En el regulador DSD, Si la tensión de la batería disminuye por debajo del valor de la alarma durante más de 10segundos aprox. se desconecta el consumo. El regulador entra entonces en la fase de igualación y el consumo no se restaurará hasta que la batería no alcance media carga. Además, incluye una señal acústica para señalar la batería baja

Protecciones típicas:

Contra sobrecarga temporizada en consumo

Contra sobretensiones en paneles, baterías y consumo.

Contra desconexión de batería.

Indicadores de estado, señalizadores básicos

Indicadores de tensión en batería.

Indicadores de fase de carga.

Indicadores de sobrecarga/ cortocircuito.

Parámetros a calcular (dimensiones).

Tensión nominal: la del sistema (12, 24, 48)

Intensidad del regulador: la intensidad nominal de un regulador ha de ser mayor que la recibida en total del campo de paneles FV.

Parámetros importantes que determinan su operación

-Intensidad Máxima de Carga o de generación: Máxima intensidad de corriente procedente del campo de paneles que el regulador es capaz de admitir.

-Intensidad máxima de consumo: Máxima corriente que puede pasar del sistema de regulación y control al consumo.

-Voltaje final de carga: Voltaje de la batería por encima del cual se interrumpe la conexión entre el generador fotovoltaico y la batería, o reduce gradualmente la corriente media entregada por el generador fotovoltaico (I flotación). Vale aproximadamente 14.1 para una batería de plomo ácido de tensión nominal 12V.

9.3. El acumulador eléctrico

También se les llama batería eléctrica, ya que tiene electrodos positivos y negativos conectados entre sí.

La estructura de una batería es la siguiente

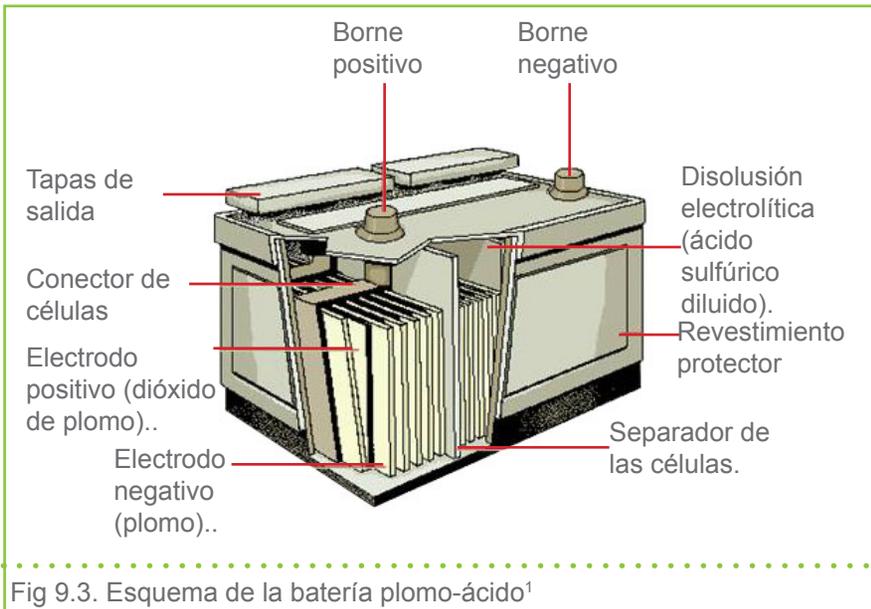


Fig 9.3. Esquema de la batería plomo-ácido¹

1 Fotografía tomada de: <http://www.electricasas.com/electricidad/energia-solar/fotovoltaica-energia-solar-electricidad/baterias/>

Cumplen con tres funciones principales¹:

- Almacenan energía eléctrica en periodos de abundante radiación solar. Durante el día los módulos solares producen más energía de la que realmente se consume en ese momento. Esta energía que no se utiliza es almacenada en la batería.

- Proveen la energía eléctrica necesaria en periodos de baja o nula radiación solar.

- Proveen un suministro de energía eléctrica estable y adecuado para la utilización de aparatos eléctricos. La batería provee energía eléctrica a un voltaje relativamente constante y permite, además, operar aparatos eléctricos que requieran de una corriente mayor que la que pueden producir los paneles (aún en los momentos de mayor radiación solar). Por ejemplo, durante el encendido de un televisor o durante el arranque de una bomba o motor eléctrico. La figura 9.4 ilustra ese funcionamiento

1 http://energiasolarfotovoltaica.blogspot.com/2006/01/la-bateria_29.html

En la figura 9.4 se ve:

- Durante la noche toda la energía demandada por la carga la provee el banco de baterías.
- En horas tempranas de la mañana (5am-9am aproximadamente) los módulos comienzan a generar, pero si la corriente que entregan es menor que la que la carga exige, la batería deberá contribuir en el aporte.
- A partir de las 9am la energía generada por los módulos fotovoltaicos supera la energía promedio demandada. Los módulos no solo atenderán la demanda sino que además, todo exceso se almacenará en la batería que empezará a cargarse y a recuperarse de su descarga de la noche anterior.
- Durante la tarde, aproximadamente a partir de las 3:30 pm la corriente generada decrece por lo cual es posible que cierta cantidad de energía sea entregada por las baterías.

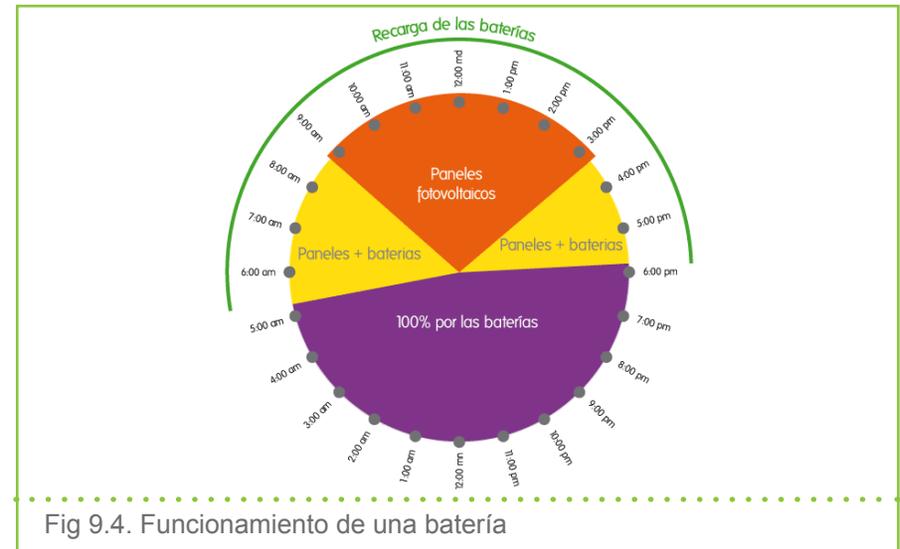


Fig 9.4. Funcionamiento de una batería

Características de las baterías

- Construidas para trabajar con ciclos de carga y descarga lentos.

- Son de ciclo profundo, lo cual significa que pueden descargar una cantidad significativa de la energía cargada antes de que requieran recargarse.
- Construidas especialmente para proveer durante muchas horas corrientes eléctricas moderadas.
- Normalmente en las baterías vienen indicadas tres cifras: Amperios-hora (Ah); corriente de prueba (A) y tensión (V),
- La capacidad de la batería se mide en “amperio-hora (Ah)”, una medida comparativa de la capacidad de una batería para producir corriente.
- La cantidad de energía que una batería puede entregar depende de la razón de descarga de la misma (los Ah deben ser especificados para una tasa de descarga en particular).
- La capacidad de las baterías fotovoltaicas en Ah se especifica frecuentemente a una tasa de descarga de 100 horas (C-100).
- La capacidad de la batería para un sistema fotovoltaico determinado se establece dependiendo de cuanta energía se consume diariamente, de la cantidad de días nublados que hay en la zona y de las características propias de la batería por utilizar.
- Además, se recomienda usar, cuando sea posible, una sola batería con la capacidad necesaria. El arreglo de dos o más baterías en paralelo presenta dificultades de desbalance en los procesos de carga/descarga. Estos problemas ocasionan algunas veces la inversión de polaridad de las placas y, por consiguiente, la pérdida de capacidad de todo el conjunto de baterías.
- El contenedor de las baterías debe de cumplir con ciertas características que se especificarán más adelante
- Con respecto al mantenimiento algunas requieren la adición de agua destilada o electrolito, mientras que otras, llamadas ‘baterías libre de mantenimiento’, no lo necesitan.
- Una batería puede llegar a su fin si se presenta un cortocircuito entre placas o bien cuando ésta pierde su capacidad de almacenar energía debido a la pérdida de material activo de las placas.
- El ciclo de vida de una batería de ciclo profundo varía y es regularmente entre 3 y 5 años, dependiendo de la cantidad de ciclos de carga y descarga a los que se ha sometido.
- El costo económico de la batería es entre el 15% y el 30% total del sistema fotovoltaico, por lo tanto es necesario disponer de un elemento adicional que proteja la batería de procesos inadecuados de carga y descarga, conocido como regulador o controlador de carga.
- Carga y flotación: la carga de una batería es el proceso por el cual se vuelve a reponer la energía que ha sido extraída durante su utilización.

Llamamos estado de flotación a la situación cuando la batería no tiene ninguna carga conectada.

La capacidad de la batería.

La cifra se da por hora, aunque regularmente el número indicado es la capacidad nominal C20 ó K20 que según Viatger “es la capacidad que alcanza la batería después de una descarga de 20 horas”¹. Él mismo da éste ejemplo: “si disponemos de una batería de 80 Ah y C20 hallar su intensidad media de la corriente de descarga

$$I_m = 80\text{Ah}/20 \text{ h} = 4 \text{ A}$$

Mantenimiento de la batería

Según nuevamente Viatger para dar mantenimiento a una batería se debe de contemplar:

Consejos de mantenimiento generales.

1. Las baterías en muchas ocasiones se hacen conexiones mixtas (serie-paralelo) para poder obtener tensiones e intensidades adecuadas a la utilización, es por eso que todas sus conexiones o placas deben tener una película de grasa blanda o vaselina para evitar sulfataciones que disminuyen drásticamente la vida de la batería.
La sulfatación también se puede producir en las placas negativas debido a disminuir excesivamente la materia activa, y por tanto, la capacidad de la misma, transformándose esta materia activa en sulfato de plomo, esta es la avería principal de las baterías de plomo.
2. Las baterías deben rellenarse con agua destilada entre el nivel máximo y mínimo ya que si la llenamos al máximo corremos el riesgo de que en el proceso de carga pueda derramarse la mezcla de ácido-agua a través de los orificios de los tapones de la misma. Al observar las placas a través de los orificios las placas deben quedar sumergidas.
3. Cuando existan lugares específicos para carga baterías el local debe estar bien ventilado y poseer un lavaojos de seguridad, sacar los tapones y no acercar ningún tipo de llama porque en el proceso de carga las baterías

¹ Viatger (2008).”Electricidad” (en línea). Disponible en www.electricidad-viatger.blogspot.com

producen hidrógeno y éste es altamente inflamable. Esto también es aplicable en las cargas de baterías de SAI o grupos de cargador-batería, como la carga se realiza de forma automática no es necesario retirar los tapones aunque sus orificios deben permanecer limpios.

4. Si se debe cambiar el ácido se deberán seguir escrupulosamente las indicaciones del fabricante y utilizar todas las medidas adecuadas de prevención de riesgos, como la utilización de guantes, mandiles, gafas, etc. adecuados para riesgos químicos, debemos recordar que el ácido que se manipula es sulfúrico.

¡Norma importantísima! Al efectuar la mezcla ácido con agua, siempre se debe echar el ácido sobre el agua y no al revés porque resulta muy peligroso, existe el riesgo de proyección de líquido al exterior.

5. Una manera de saber el estado de carga de las baterías es midiendo la densidad de la mezcla ácido-agua, aunque la densidad depende del tipo de batería. Este dato nos lo proporciona el fabricante, pero generalizando podemos decir que la densidad de una batería cargada completamente presenta valores entre 1,20 kg/dm³ y 1,28 kg/dm³. Por ejemplo, los datos de una batería pueden ser:

- Cargada 1,28 kg/dm³ 2,1 V
- Descargada 1,12 kg/dm³ y 1,7 V.

La densidad se mide con un densímetro que consta de un espirómetro para extraer la mezcla ácido-agua y un aerómetro. Las unidades suelen expresarse en kg/dm³ , g/cm³ o grados Baume (Baumé).



9.5 Medida de la densidad de una batería mediante densímetro.

6. Otro control de la carga de una batería se realiza efectuando una medida de la tensión que existe en cada vaso, pero ésta solamente es correcta cuando la batería está conectada a su carga, si no es así se debe realizar con voltímetros que disponen de unas resistencias que simulan una carga como el de la fotografía.

7. Las baterías deben cargarse completamente y nunca dejarlas descargadas más de 24 horas, para un rendimiento óptimo y una duración aceptable se deberían hacer una vez al mes un ciclo de carga-descarga completo, aunque valga decir que por motivos de la continuidad de servicio la mayoría de veces no se puede realizar y se produce el efecto memoria (suele ocurrir cuando durante mucho tiempo no hemos realizado la carga máxima de la batería se observa que su capacidad ha disminuido, es decir, cada vez que intentamos cargarla al máximo observamos que almacena menos carga, es como si hubiera memorizado las veces que hicimos las cargas y descargas anteriores).

8. Se debe tener la precaución de no cortocircuitar las baterías porque dada su resistencia interna tan baja se puede producir un cortocircuito tan violento que destruya la batería haciéndola, incluso, explotar. Para medir de forma empírica la resistencia interna de una batería se realiza de la siguiente forma, medimos la tensión sin carga nos da 12, 5 voltios, la tensión con carga nos da 12 voltios su consumo es de 20 amperios,

aplicamos la fórmula:

$$R_i = \text{tensión sin carga} - \text{tensión con carga} / \text{intensidad} = 12,5 - 12 / 20 = 0,025 \Omega$$

Por tanto si existiese un cortocircuito; $I_{cc} = U / R_i = 12 / 0,025 = 480 \text{ A}$ que llevaría a la destrucción de la batería.

Aparte de la suciedad por almacenamiento en espera de su reciclaje, se puede apreciar la sulfatación de los bornes, estas baterías se han retirado pero han estado funcionando de forma correcta prácticamente 30 años, seguramente haya sido así gracias al mantenimiento realizado. Foto: Viatger

9. Cuando se dispone de baterías que deben quedar durante periodos prolongados almacenadas los fabricantes normalmente dan instrucciones de cómo realizar el vaciado de la mezcla ácido-agua y su posterior envase para que no se deterioren ni las placas internas ni la mezcla.

10. Las baterías son elementos contaminantes del medioambiente cuando debemos deshacernos de ellas la mejor opción es llevarlas a las Deixallerías o centros de recogida selectiva de residuos.

9.4 El inversor de energía.

El blog de energías renovables¹ dice que la función del inversor es “convertir la CC de la instalación fotovoltaica en CA para la alimentación de los receptores que trabajan con CA (la mayoría)”

Además agrega que los dispositivos electrónicos que convierten la corriente continua en alterna y permiten por tanto:

- Utilizar receptores de CA en instalaciones aisladas de la red.
- Conectar los sistemas FV a la red de distribución eléctrica

Tipos

Se pueden distinguir entre:

* Inversores de conmutación natural. También son conocidos como inversores conmutados por la red, por ser esta la que determina el fin del estado de conducción en los dispositivos electrónicos. Su aplicación es para sistemas FV conectados a la red. Actualmente están siendo

¹ Sin autor. “el inversor”. Disponible en <http://energiasolarfotovoltaica.blogspot.com/2006/01/el-inversor.html>

desplazados por los inversores de conmutación forzada tipo PWM, conforme se desarrollan los transistores de tipo IGBT para mayores niveles de tensión y corriente.

* Inversores de conmutación forzada o autoconmutados. Son para sistemas FV aislados. Permiten generar CA mediante conmutación forzada, que se refiere a la apertura y cierre forzados por el sistema de control. Pueden ser de salida escalonada (onda cuadrada) o de modulación por anchura de pulsos (PWM), con los que se pueden conseguir salidas prácticamente senoidales y por tanto con poco contenido de armónicos.

Con los inversores tipo PWM se consiguen rendimientos por encima del 90%, incluso con bajos niveles de carga.

Principio de funcionamiento

Se basan en el empleo de dispositivos electrónicos que actúan a modo de interruptores permitiendo interrumpir las corrientes e invertir su polaridad.

Dimensionamiento

Las principales características vienen determinadas por la tensión de entrada del inversor, que se debe adaptar a la del sistema, la potencia máxima que puede proporcionar la forma de onda en la salida (sinusoidal pura o modificada, etc), la frecuencia de trabajo y la eficiencia, próxima al 85%.

La eficiencia de un inversor no es constante y depende del régimen de carga al que esté sometido. Para regímenes de carga próximos a la potencia nominal, la eficiencia es mayor que para regímenes de carga bajos.

Indicaciones normativas (según el blog ya mencionado).

Los requisitos técnicos de este apartado se aplican a inversores monofásicos o trifásicos que funcionan como fuente de tensión fija (valor eficaz de la tensión y frecuencia de salida fijos). Para otros tipos de inversores se asegurarán requisitos de calidad equivalentes.

- Los inversores serán de onda senoidal pura. Se permitirá el uso de inversores de onda no senoidal, si su potencia nominal es inferior a 1 kVA, no producen daño a las cargas y aseguran una correcta operación de éstas.

- Los inversores se conectarán a la salida de consumo del regulador de carga o en bornes del acumulador. En este último caso se asegurará la protección del acumulador frente a sobrecargas y sobredescargas, de acuerdo con lo especificado en el apartado 5.4. Estas protecciones podrán estar incorporadas en el propio inversor o se realizarán con un regulador de carga, en cuyo caso el regulador debe permitir breves bajadas de tensión en el acumulador para asegurar el arranque del inversor.

- El inversor debe asegurar una correcta operación en todo el margen de tensiones de entrada permitidas por el sistema.

- El inversor será capaz de entregar la potencia nominal de forma continuada, en el margen de temperatura ambiente especificado por el fabricante.

- El inversor debe arrancar y operar todas las cargas especificadas en la instalación, especialmente aquellas que requieren elevadas corrientes de arranque (TV, motores, etc.), sin interferir en su correcta operación ni en el resto de cargas.

- Los inversores estarán protegidos frente a las siguientes situaciones:

- * Tensión de entrada fuera del margen de operación.
- * Desconexión del acumulador.
- * Cortocircuito en la salida de corriente alterna.
- * Sobrecargas que excedan la duración y límites permitidos.

- El autoconsumo del inversor sin carga conectada será menor o igual al 2 % de la potencia nominal de salida.

- Las pérdidas de energía diaria ocasionadas por el autoconsumo del inversor serán inferiores al 5 % del consumo diario de energía. Se recomienda que el inversor tenga un sistema de “stand-by” para reducir estas pérdidas cuando el inversor trabaja en vacío (sin carga).

- Los inversores deberán estar etiquetados con, al menos, la siguiente información:

- * Potencia nominal (VA)
- * Tensión nominal de entrada (V)
- * Tensión (VRMS) y frecuencia (Hz) nominales de salida
- * Fabricante (nombre o logotipo) y número de serie
- * Polaridad y terminales

9.5 El cableado

Los conductores necesarios tendrán la sección adecuada para reducir las

caídas de tensión y los calentamientos.

Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores deberán tener unos valores de sección tales que la caída de tensión en ellos sea inferior a las indicadas a continuación:

- Caídas de tensión máxima entre generador FV y regulador: 3 %
- Caídas de tensión máxima entre regulador y batería: 1 %
- Caídas de tensión máxima entre inversor y batería: 1 %
- Caídas de tensión máxima entre inversor /regulador y cargas: 3 %

Además, esta sección deberá ser suficiente para que soporten la intensidad máxima admisible en cada uno de los tramos

Las intensidades máximas admisibles, se regirán en su totalidad por lo indicado en la Norma UNE 20.460 -5-523 y su anexo Nacional.

CHOOSING THE BEST BATTERIES

2009 Battery Specifications Guide

Whether you need batteries to store energy for your off-grid home, or you want backup power to keep the lights on when the grid goes down, understanding the different battery specifications will help you select the ideal batteries for your application.

by Christopher LaForge

To choose the right battery, you first need to know what you are trying to accomplish. What system type are you working with—off-grid or grid-tied? Where will the battery bank be located? How much maintenance are you prepared to do? And how often (or not) do you want to replace your batteries? The answers to these questions will dictate which batteries make the most sense for your renewable energy system.

Budget also plays a big role in which batteries you choose. Buying batteries is a long-term investment, and skimping on these important components can cripple a system. Getting it right the first time will pay off in performance and longevity. However, simply buying the most expensive battery does not ensure you are meeting the needs of your renewable energy system. For your system to operate and perform well, it is crucial to understand the various battery specifications and how they relate to RE system design.

Batteries used in an RE system can be broken down into two basic categories: heavy duty/commercial and industrial. A common heavy duty/commercial-type battery bank may be comprised of several 6 V, 390 AH (L-16 type) batteries. An industrial battery pack will usually be large 2 V cells (with thicker lead plates) pre-wired to 12, 24, or 48 V and encased in a large metal housing. You will pay more for the industrial battery bank than you will for the equivalent battery pack made of heavy duty/commercial batteries, but you gain longer battery life and a better warranty.

If you are working with an installing dealer, they often have preferences about which batteries they will use. For example, some installers will only work with L-16 type batteries

because they are the largest that they can readily move by themselves—each L-16 battery weighs around 120 pounds, whereas industrial batteries can weigh thousands of pounds, making them difficult to maneuver without disassembly. If you have no experience with batteries, shorter-lived, less-expensive batteries may be a better choice to get you up to speed with battery operation. But some installers will still lean toward the expensive industrial battery packs because they want to minimize battery replacement. This can be especially beneficial in an off-grid setting where just getting to the site may be difficult—much less moving the old batteries out, getting the new ones in, and having to haul the old ones away for recycling. However, industrial batteries are only a wise investment if you are confident in your ability to maintain the battery bank.

Using This Guide

This guide lists specifications for different lead-acid batteries, the most common chemistry used in RE systems. Exotic technologies such as lithium ion, liquid pocket plate nickel cadmium, nickel iron, and nickel metal hydride batteries are not included here because they are either unavailable or too costly for consideration. Get familiar with battery terms and definitions; they'll give you an understanding of each spec's relevance to designing an optimal battery system.

Choosing Your Batteries

As with any RE system investment, your best bet will be to identify your true needs and design a system around them. Grid-tied battery backup systems generally use low-capacity banks made up of sealed, non-industrial batteries that will meet your needs for running critical loads like refrigeration and lighting during power outages. They are generally designed to stay at float most of the time with only occasional cycling, and are often made with calcium alloyed with the lead which helps lower battery self-discharge losses.

Most battery manufacturers have a full line of products in different amp-hour capacities and voltages.



Courtesy www.discover-energy.com



A classic Trojan L-16 flooded lead-acid battery—420 AH at 6 V.

Courtesy www.trojanbattery.com

To properly size a backup battery bank, compute your critical load profile to determine daily watt-hour consumption during power outages. That number can often be your guide for the correct battery size. Most grid outages are less than one day, and a battery bank sized to be discharged to 50% of capacity by the critical load profile will meet most needs nicely.

If you're off grid and rely on your batteries to meet all your electrical loads, buy a long-lived battery and be prepared to maintain it well. These systems—which cycle the batteries daily—use batteries with a lead-antimony alloy, which performs better under conditions of regular cycling.

Typically, off-grid battery banks are sized by considering the required "autonomy"—the number of days that the battery will provide for the loads before reaching 50% depth of discharge (DOD). Off-grid systems usually size a bank to provide two to four days of autonomy. For example, if your load profile requires 5,000 WH per day, you'll want a battery that stores 10,000 WH to achieve one day of autonomy. Four days of autonomy would require a 40,000 WH battery capacity.

Off-grid system designer opinions on maximum DOD vary widely. Some prefer to keep the depth no greater than 20%, while others have no fear of going below 50%. The deeper the regular discharge, the fewer cycles a battery will give you before needing replacement. So if you do not mind swapping your battery bank more often, go with a deeper discharge—it will save you money up front. But if swapping batteries into and out of your system is a royal pain, you might prefer maximizing battery life by buying a higher-capacity battery. For the design choice that will save you money in the long run, calculate the savings from buying fewer batteries up front, plus the cost of more frequent battery replacement (higher DOD)—versus more batteries up front, with fewer replacements (lower DOD).

BETTER BUY...NOW

Lead prices are affecting battery costs dramatically and will continue to do so for the immediate future, since batteries represent more than 70% of the lead market. Between 2003 and 2006, lead prices increased by more than 250%, and 2007 saw significant increases as well. Trends indicate that if you need lead-acid batteries, don't put off your purchase—prices may continue rising.

...And Don't Forget
To maximize battery life, batteries need to be properly maintained by:

- Making sure the batteries get completely recharged at least once a week by RE generation and/or supplemented with backup generator or grid charging
- Monitoring the electrolyte and adding distilled water when needed if flooded batteries are used
- Keeping the terminals and interconnections clean by removing built-up corrosion and keeping the battery tops clean and dry
- Equalizing the batteries four to six times a year to remove surface sulfation from the lead plates

ANATOMY OF AN FLA BATTERY



Courtesy www.rollsbattery.com

Specs Definitions

Manufacturer. Battery manufacturers build batteries for many different applications. Historically, RE systems used batteries originally designed for other applications, such as powering electric golf carts. Today, many battery manufacturers list which of their batteries are appropriate for RE systems. All battery manufacturer Web sites listed in this guide, with the exception of FullRiver Battery, list batteries specifically for use in RE systems.

Model name. These letters and numbers are used by the battery manufacturer to “name” a group of batteries that have similar characteristics, and distinguish them from the company’s other battery lines. It is important to not use batteries with differing model numbers within the same battery bank, as mixing different battery types can create an imbalance within the pack which leads to poor system performance and may cause premature battery bank failure.

Battery type. Flooded lead-acid (FLA) batteries are the most common type used in RE systems, particularly off grid. They are the least expensive per capacity and, if well maintained, can have a relatively long life span. However, they require the most maintenance. Distilled water needs to be added to the cells on a regular basis, depending upon how often and how deeply the bank is cycled, and upon battery charging regimens.

Valve-regulated lead-acid batteries (VRLA, a.k.a. sealed batteries). Two general types of VRLA batteries are available for RE systems—absorbed glass mat and gel cells. **Absorbed glass mat (AGM) lead-acid batteries** are similar in chemistry to FLA cells. In their construction, glass mats, placed between the lead plates (anodes and cathodes), allow the electrolyte to be suspended close to the plates’ active material. These sealed batteries offer the advantage of not needing to be watered and greatly reduced gassing during charge cycles. This type of construction—adding glass mats, sealing the cells, and constructing the plates to operate with less electrolyte—increases cost while potentially shortening life span.

Gel cells use a “gel”-type electrolyte—with a silica additive that causes the liquid to stiffen. Gel-cell batteries are also sealed, which means no water to add—less maintenance and less gassing. However, because lost electrolyte cannot be replaced, they also have a shorter life. They are typically more expensive than FLA or AGM batteries.



Golf cart batteries are inexpensive but shorter-lived than industrial batteries. They can be good “starter” batteries for people new to battery use and maintenance.

Some large, industrial batteries, like this Surrette model, come in single 2 V cells.



Because AGMs can’t be watered, they have to be charged more lightly to avoid using up the finite amount of electrolyte they contain. Gel cells also aren’t watered but need to be charged even more lightly to avoid drying out the cell, which will kill it.

So why would you ever choose shorter-lived, more expensive batteries like AGM or gel cells? The reasons vary, but often portability, poor battery area ventilation, and maintenance are factors. AGM and gel cell batteries have no liquid electrolyte to spill, so they can be a good choice for mobile systems. And because they hardly gas, they can work well in places where adequate ventilation for FLA batteries isn’t possible. Because they are freeze-resistant, they may be a good choice in applications where extreme cold is a factor.

AGM batteries are often the best choice for grid-tied applications with battery backup, since they are designed for float or standby applications. Because low-capacity battery banks are typical in backup applications, both decreased

BATTERY RECYCLING & REPLACEMENT

You’ve taken care of your batteries throughout their life, and the care shouldn’t stop there. Once batteries reach the end of their useful life, recycling your old batteries is as important as replacing them.

The depleted batteries from my customers go back to the U.S.-based factory they came from for recycling at a facility that is regulated by the U.S. Environmental Protection Agency. Although this costs more than the distributor shipping them off to a recycling plant in China or Africa, it also means that the batteries’ plastic cases, electrolyte, and lead are all recycled under strict environmental regulations, and the job is done here—where we are making the pollution in the first place.

Batteries sold by reputable dealers are recycled by them at no cost to the customer. Most often, when replacing batteries, you can send back the old cells once the new cells are delivered. If you are working with only a few cells, you can typically return them to the distributor for recycling when you pick up your new battery. Most distributors require the return of the old battery to avoid a “core charge” being added to the purchase of the new battery.

SPECS FOR FLOODED BATTERIES FOR HOME RE SYSTEMS

Manufacturer	Model	Nom. Volts	AH Capacity (20 Hr. Rate)	Bulk Charge Set Point (V/Cell)	Float Charge Set Point (V/Cell)	Equalize Charge Set Point (V/Cell)	Length x Width x Height (In.)	Wt. (Lbs.)	Warranty (Yrs.)	Cycles @ 20% DOD	Cycles @ 50% DOD	
Deka/MK www.eastpenn-deka.com	8L16	6	370	2.40-2.45	2.30-2.35	2.50-2.55	11.75 x 7 x 17.3	113	2	1,100	800	
	EPGC15G	6	215	2.40-2.45	2.30-2.35	2.50-2.55	10.25 x 7.13 x 10.63	63	2	1,100	800	
Exide Battery www.exide.com	OPzS Solar Cell	2	145-3,765*	2.45	2.35	2.45	4.13-8.46 x 8.19-22.83 x 15.94-32.09	14-217	1	3,500	1,500	
	OPzS Solar Block	12	68-178*	2.45	2.35	2.45	10.80-15.07 x 8.19 x 15.16	35-64	1	3,500	1,500	
Hawker www.hawkerpowersource.com	6-85-13	12	632	2.45	2.25	2.55	31 x 6 x 24	510	10	6,000	4,000	
	6-85-17	12	845	2.45	2.25	2.55	38.25 x 7 x 24	666	10	6,000	4,000	
	6-85-19	12	950	2.45	2.25	2.55	38.25 x 7.7 x 24	740	10	6,000	4,000	
	6-85-21	12	1,055	2.45	2.25	2.55	38.25 x 8.5 x 24	816	10	6,000	4,000	
	6-85-23	12	1,160	2.45	2.25	2.55	38.25 x 9.2 x 24	890	10	6,000	4,000	
	6-85-25	12	1,270	2.45	2.25	2.55	38.25 x 10 x 24	966	10	6,000	4,000	
	6-85-27	12	1,375	2.45	2.25	2.55	38.25 x 10.7 x 24	1,045	10	6,000	4,000	
	6-85-29	12	1,482	2.45	2.25	2.55	38.25 x 11.5 x 24	1,116	10	6,000	4,000	
	6-85-31	12	1,585	2.45	2.25	2.55	38.25 x 12.2 x 24	1,195	10	6,000	4,000	
	6-85-33	12	1,690	2.45	2.25	2.55	38.25 x 13 x 24	1,272	10	6,000	4,000	
GB HUP www.enersymp.com	SO-6-85-17/12	12	845	2.40-2.46	2.25	2.50-2.70	40 x 7.75 x 25	742	10	4,000	2,730	
	SO-6-85-21/12	12	1,055	2.40-2.46	2.25	2.50-2.70	40 x 8.75 x 25	890	10	4,000	2,730	
	SO-6-85-27/12	12	1,375	2.40-2.46	2.25	2.50-2.70	40 x 11.25 x 25	1,102	10	4,000	2,730	
	SO-6-85-33/12	12	1,690	2.40-2.46	2.25	2.50-2.70	40 x 13.5 x 25	1,336	10	4,000	2,730	
	SO-6-85-17/24	24	845	2.40-2.46	2.25	2.50-2.70	40 x 15.5 x 25	1,484	10	4,000	2,730	
	SO-6-85-21/24	24	1,055	2.40-2.46	2.25	2.50-2.70	40 x 17.5 x 25	1,760	10	4,000	2,730	
	SO-6-85-27/24	24	1,375	2.40-2.46	2.25	2.50-2.70	40 x 22.5 x 25	2,204	10	4,000	2,730	
	SO-6-85-33/24	24	1,690	2.40-2.46	2.25	2.50-2.70	40 x 27 x 25	2,672	10	4,000	2,730	
	SO-6-85-17/48	48	845	2.40-2.46	2.25	2.50-2.70	40 x 31 x 25	2,968	10	4,000	2,730	
	SO-6-85-21/48	48	1,055	2.40-2.46	2.25	2.50-2.70	40 x 35 x 25	3,520	10	4,000	2,730	
Power Battery powerbattery.com	SO-6-85-27/48	48	1,375	2.40-2.46	2.25	2.50-2.70	40 x 45 x 25	4,408	10	4,000	2,730	
	SO-6-85-33/48	48	1,690	2.40-2.46	2.25	2.50-2.70	40 x 54 x 25	5,344	10	4,000	2,730	
	120HFP-25	2	2,180	2.40-2.50	2.20-2.23	2.55-2.65	9.8 x 6.56 x 30.5	217	10	4,000	2,900	
	120HFP-33	2	2,880	2.40-2.50	2.20-2.23	2.55-2.65	12.8 x 6.56 x 30.5	324	10	4,000	2,900	
	6-120HFP-15	12	1,053*	2.40-2.50	2.20-2.23	2.55-2.65	17.8 x 13 x 30.5	780	10	4,000	2,900	
	SG-L16H	6	395	2.50	2.26	2.60	12.19 x 7.19 x 16.5	121	1	—	—	
	Surrette/Rolls Battery www.surrette.com	2-KS-33PS	2	1,766	2.40-2.49	2.20-2.23	2.50-2.67	15.44 x 8.3125 x 24.8125	208	10	5,000	3,300
		2-YS-31PS	2	2,430	2.40-2.49	2.20-2.23	2.50-2.67	15.5 x 9 x 31.625	285	10	5,000	3,300
		4-CS-17PS	4	546	2.40-2.49	2.20-2.23	2.50-2.67	14.375 x 8.25 x 24.75	128	10	5,000	3,300
		4-KS-21PS	4	1,104	2.40-2.49	2.20-2.23	2.50-2.67	15.75 x 9.375 x 24.75	267	10	5,000	3,300
4-KS-25PS		4	1,350	2.40-2.49	2.20-2.23	2.50-2.67	15.75 x 10.625 x 24.75	315	10	5,000	3,300	
6-CS-17PS		6	546	2.40-2.49	2.20-2.23	2.50-2.67	22 x 8.25 x 18.25	221	10	5,000	3,300	
6-CS-21PS		6	683	2.40-2.49	2.20-2.23	2.50-2.67	22 x 9.75 x 18.25	271	10	5,000	3,300	
6-CS-25PS		6	820	2.40-2.49	2.20-2.23	2.50-2.67	22 x 11.25 x 18.25	318	10	5,000	3,300	
S-460		6	350	2.40-2.49	2.20-2.23	2.50-2.67	12.25 x 7.125 x 16.75	117	7	2,000	1,200	
S-530		6	400	2.40-2.49	2.20-2.23	2.50-2.67	12.25 x 7.125 x 16.75	127	7	2,000	1,200	
Trojan Battery www.trojanbattery.com	8-CS-17PS	8	546	2.40-2.49	2.20-2.23	2.50-2.67	28.25 x 8.25 x 18.25	294	10	5,000	3,300	
	8-CS-25PS	8	820	2.40-2.49	2.20-2.23	2.50-2.67	28.25 x 11.25 x 18.25	424	10	5,000	3,300	
	12-CS-11PS	12	357	2.40-2.49	2.20-2.23	2.50-2.67	22 x 11.25 x 18.25	272	10	5,000	3,300	
	J305H	6	335	2.40-2.45	2.00-2.25	2.58	11.63 x 7 x 14.38	97	1	2,800	1,300	
	J305P	6	315	2.40-2.45	2.00-2.25	2.58	11.63 x 7 x 14.38	95	1	2,800	1,300	
	L16H	6	420	2.40-2.45	2.00-2.25	2.58	11.63 x 7 x 16.75	124	7	2,800	1,300	
	L16P	6	390	2.40-2.45	2.00-2.25	2.58	11.63 x 7 x 16.75	113	7	2,800	1,300	
	T105	6	225	2.40-2.45	2.00-2.25	2.58	10.38 x 7.13 x 10.88	62	1.5	2,800	1,300	
	24TMX	12	85	2.40-2.45	2.00-2.25	2.58	11.25 x 6.75 x 9.75	47	1	2,800	1,300	
	27TMX	12	105	2.40-2.45	2.00-2.25	2.58	12.75 x 6.75 x 9.75	55	1	2,800	1,300	

*24 hr. rate

SPECS FOR FLOODED BATTERIES FOR HOME RE SYSTEMS, CONT.

Manufacturer	Model	Nom. Volts	AH Capacity (20 Hr. Rate)	Bulk Charge Set Point (V/Cell)	Floater Charge Set Point (V/Cell)	Equalize Charge Set Point (V/Cell)	Length x Width x Height (In.)	Wt. (Lbs.)	Warranty (Yrs.)	Cycles @ 20% DOD	Cycles @ 50% DOD
US Battery www.usbattery.com	L16	6	380	2.58	2.20	2.67	11.875 x 7.125 x 16.75	111	1	3,300	1,150
	L16HC	6	420	2.58	2.20	2.67	11.875 x 7.125 x 16.75	117	1	3,300	1,150
	US125	6	242	2.58	2.20	2.67	10.25 x 7.125 x 11.25	65	1	3,300	1,150
	US145	6	251	2.58	2.20	2.67	10.25 x 7.125 x 11.875	69	1	3,300	1,150
	US2200	6	232	2.58	2.20	2.67	10.25 x 7.125 x 11.25	62	1	3,300	1,150
	US250	6	258	2.58	2.20	2.67	11.875 x 7.125 x 11.625	72	1	3,300	1,150
	US250HC	6	283	2.58	2.20	2.67	11.875 x 7.125 x 11.625	78	1	3,300	1,150
	US305	6	310	2.58	2.20	2.67	11.875 x 7.125 x 14.625	87	1	3,300	1,150
	US305HC	6	340	2.58	2.20	2.67	11.875 x 7.125 x 14.625	96	1	3,300	1,150
	US8VGC-HC	8	183	2.58	2.20	2.67	10.25 x 7.125 x 11.25	69	1	3,300	1,150
	8D-HC	12	240	2.58	2.20	2.67	20.75 x 11.25 x 9.875	124	1	3,300	1,150
	US185	12	200	2.58	2.20	2.67	15.625 x 7.0625 x 14.875	109	1	3,300	1,150
	US185HC	12	220	2.58	2.20	2.67	15.625 x 7.0625 x 14.875	120	1	3,300	1,150

cycle life and increased cost can be offset by the fact that these batteries are rarely cycled. Plus, users with grid-tied systems are usually less inclined to pay attention to the battery maintenance, since they are also unaccustomed to "maintaining" their grid power. Finally, VRLA batteries will outlast FLA batteries that are not maintained properly (i.e. not watered regularly). If batteries are to be deeply cycled (50% to 80% DOD), gel-cell batteries may offer a longer life (more overall cycles) than AGMs.

Nominal Battery Voltage. Lead-acid batteries are built from individual cells with a "nominal" voltage of 2 V. Battery packs for RE systems are made up of combinations of cells to achieve nominal battery bank voltages of 12, 24, or 48. When

designing small systems (loads less than 1,000 WH per day), 12 VDC is often selected as a nominal battery bank voltage if that system is not projected to grow. So a system for a hunting cabin that isn't going to become a vacation home will keep battery costs down by having this low-voltage design.

For systems with heavier load profiles, larger (and more electrically efficient) battery voltages of 24 and 48 are commonly used. With commercial deep-cycle batteries (like golf cart and L16), the basic unit is often a 6 V battery made up of three, 2 V cells. In the medium-to-large systems, these 6 V units are typically combined in series (four for a 24 V string; eight for a 48 V string). To get greater AH capacity at that voltage, additional strings are then paralleled or higher-capacity batteries are selected.

Amp-Hour Capacity. The sizing of the battery bank depends on the storage capacity required, the maximum discharge rate at any time, the maximum charge rate, and the temperatures at which the batteries will operate.

A battery's storage capacity—the amount of electrical energy it can hold—is typically expressed in ampere-hours (amp-hours, or AH) at a certain discharge rate. One AH represents a flow of electric current of 1 amp for 1 hour. A battery is like a bucket—the larger your "bucket" is, the more AH it can hold. Hence, the larger the AH value of a battery, given a particular discharge rate, the more storage it offers.

Often there's a choice of selecting a battery with either higher voltage and lower AH, or lower voltage and higher AH. How do you know which is most appropriate for your application? In general, limit the number of battery series strings in parallel to three or less (two are better, and one is ideal). This reduces imbalances introduced by having multiple paths for the current to follow and



This Hup industrial battery from Northwest Energy Storage demonstrates how single cells are contained in protective steel cases.

SPECS FOR SEALED BATTERIES FOR HOME RE SYSTEMS

Manufacturer	Model	Type (AGM or Gel)	Nom. Volts	AH Capacity (20 Hr. Rate)	Bulk Charge Set Point (V/Cell)	Floater Charge Set Point (V/Cell)	Equalize Charge Set Point (V/Cell)	Length x Width x Height (In.)	Wt. (Lbs.)	Warranty (Yrs.)	Cycles @ 20% DOD	Cycles @ 50% DOD
Concorde Battery www.concordebattery.com	PVX-5040T	AGM	2	480	2.36-2.40	2.20-2.22	2.40	10.21 x 6.6 x 8.93	57	1	2,800	1,050
	PVX-5340T	AGM	2	510	2.36-2.40	2.20-2.22	2.40	12.9 x 6.75 x 8.96	62	1	2,800	1,050
	PVX-6240T	AGM	2	600	2.36-2.40	2.20-2.22	2.40	12.01 x 6.6 x 8.93	66	1	2,800	1,050
	PVX-6480T	AGM	2	630	2.36-2.40	2.20-2.22	2.40	12.9 x 6.75 x 8.96	70	1	2,800	1,050
	PVX-6720T	AGM	2	660	2.36-2.40	2.20-2.22	2.40	10.28 x 7.06 x 10	70	1	2,800	1,050
	PVX-9150T	AGM	2	900	2.36-2.40	2.20-2.22	2.40	10.28 x 7.06 x 13.02	94	1	2,800	1,050
	PVX-2240T	AGM	6	220	2.36-2.40	2.20-2.22	2.40	10.28 x 7.06 x 10	67	1	2,800	1,050
	PVX-3050T	AGM	6	300	2.36-2.40	2.20-2.22	2.40	10.28 x 7.06 x 13.02	91	1	2,800	1,050
	PVX-1040T	AGM	12	98	2.36-2.40	2.20-2.22	2.40	12 x 6.6 x 8.93	66	1	2,800	1,050
	PVX-1080T	AGM	12	104	2.36-2.40	2.20-2.22	2.40	12.9 x 6.75 x 8.96	70	1	2,800	1,050
	PVX-2120L	AGM	12	210	2.36-2.40	2.20-2.22	2.40	20.76 x 8.7 x 9.76	138	1	2,800	1,050
	PVX-2580L	AGM	12	255	2.36-2.40	2.20-2.22	2.40	20.76 x 10.89 x 9.77	165	1	2,800	1,050
	PVX-690T	AGM	12	65	2.36-2.40	2.20-2.22	2.40	10.22 x 6.6 x 8.93	51	1	2,800	1,050
	PVX-840T	AGM	12	80	2.36-2.40	2.20-2.22	2.40	10.22 x 6.6 x 8.93	57	1	2,800	1,050
PVX-890T	AGM	12	85	2.36-2.40	2.20-2.22	2.40	12.9 x 6.75 x 8.96	62	1	2,800	1,050	
Deka / MK www.eastpen-deka.com	8AGC2	AGM	6	187	2.40-2.43	2.25-2.30	—	10.25 x 7.13 x 11	68	1	1,600	500
	8A24	AGM	12	78	2.40-2.43	2.25-2.30	—	10.25 x 6.75 x 9.88	53	1	1,600	500
	8A27	AGM	12	92	2.40-2.43	2.25-2.30	—	12.75 x 6.88 x 9.25	63	1	1,600	500
	8A31DT	AGM	12	104	2.40-2.43	2.25-2.30	—	12.94 x 6.75 x 9.38	69	1	1,600	500
	8A4D LTP	AGM	12	198	2.40-2.43	2.25-2.30	—	20.75 x 8.5 x 11	129	1	1,600	500
	8ABD LTP	AGM	12	244	2.40-2.43	2.25-2.30	—	20.75 x 11 x 11	158	1	1,600	500
	8GGC2	Gel	6	180	2.30-2.35	2.25-2.30	—	10.25 x 7.13 x 10.88	68	2	3,000	1,000
	8G24	Gel	12	74	2.30-2.35	2.25-2.30	—	10.88 x 6.75 x 9.88	53	2	3,000	1,000
	8G27	Gel	12	86	2.30-2.35	2.25-2.30	—	12.75 x 6.75 x 9.88	63	2	3,000	1,000
	8G30H	Gel	12	98	2.30-2.35	2.25-2.30	—	12.94 x 6.75 x 9.75	70	2	3,000	1,000
	8G4D LTP	Gel	12	183	2.30-2.35	2.25-2.30	—	20.75 x 8.5 x 10.63	127	2	3,000	1,000
	8G8D LTP	Gel	12	225	2.30-2.35	2.25-2.30	—	20.75 x 11 x 10.63	157	2	3,000	1,000
	EV216A-A	AGM	2	1,170	2.40-2.45	2.25-2.30	—	11.6 x 7.1 x 8.6	123	2	3,500	1,500
	EV250A-A	AGM	6	260	2.40-2.45	2.25-2.30	—	11.6 x 7.1 x 11.7	79	2	3,500	1,500
EV305A-A	AGM	6	312	2.40-2.45	2.25-2.30	—	11.6 x 7.1 x 14.5	108	2	3,500	1,500	
EVGC6A-A	AGM	6	213	2.40-2.45	2.25-2.30	—	10.2 x 7.1 x 10.8	66	2	3,500	1,500	
EVGH6A	AGM	6	225	2.40-2.45	2.25-2.30	—	10.2 x 7.1 x 10.8	77	2	3,500	1,500	
EVGT6A	AGM	6	255	2.40-2.45	2.25-2.30	—	10.2 x 7.1 x 11.6	86	2	3,500	1,500	
EVL16A-A	AGM	6	390	2.40-2.45	2.25-2.30	—	11.6 x 7.1 x 16.8	123	2	3,500	1,500	
EV805A	AGM	8	230	2.40-2.45	2.25-2.30	—	10.2 x 7.1 x 14.5	102	2	3,500	1,500	
EV816A	AGM	8	312	2.40-2.45	2.25-2.30	—	11.7 x 7.12 x 15.7	117	2	3,500	1,500	
EVGC8A-A	AGM	8	170	2.40-2.45	2.25-2.30	—	10.2 x 7.1 x 10.8	64	2	3,500	1,500	
EV12A-A	AGM	12	140	2.40-2.45	2.25-2.30	—	12.9 x 6.93 x 10.8	90	2	3,500	1,500	
EV185A-A	AGM	12	234	2.40-2.45	2.25-2.30	—	15.2 x 7.1 x 14.4	147	2	3,500	1,500	
EV27A-A	AGM	12	92	2.40-2.45	2.25-2.30	—	12.7 x 6.7 x 8.9	61	2	3,500	1,500	
EV4DA-A	AGM	12	245	2.40-2.45	2.25-2.30	—	20.8 x 8.7 x 9.9	141	2	3,500	1,500	
EV8DA-A	AGM	12	290	2.40-2.45	2.25-2.30	—	20.8 x 11.1 x 9.9	181	2	3,500	1,500	
Exide www.exide.com	Absolyte 100G	AGM	2	600-4,800	2.35	2.25	2.35	19.93-42.50 x 26.38 x 8.59	55-795	7	5,000	2,250
	Absolyte 50G	AGM	2	106-700	2.35	2.25	2.35	17.19-35.19 x 16.22 x 8.53	26-59	7	5,000	2,250
	Absolyte 90G	AGM	2	260-620	2.35	2.25	2.35	21.69-39.69 x 23.56 x 8.53	53-106	7	5,000	2,250
	Sunlyte	AGM	12	82	2.35	2.25	2.35	12.05 x 6.85 x 8.8	40	5	1,000	600
Exide Sonnenschein www.exide.com	A600	Gel	2	225-3,400	2.45	2.35	2.45	4.13-8.47 x 7.60-22.80 x 15.70-32.10	529	1	3,500	1,900
	S12/130A	Gel	12	110	2.45	2.35	2.45	11.26 x 10.59 x 9.06	87	1	2,500	1,000
	S12/230A	Gel	12	200	2.45	2.35	2.45	20.39 x 10.79 x 9.37	148	1	2,500	1,000
	S12/90A	Gel	12	84	2.45	2.35	2.45	12.99 x 6.73 x 9.29	66	1	2,500	1,000
FullRiver www.fullriver.com	DC250-6	AGM	6	250	2.40	2.25	—	10.39 x 7.13 x 10.31	77	5	2,900	1,100
	DC310-6	AGM	6	310	2.40	2.25	—	11.61 x 7 x 14.41	105	5	2,900	1,100
	DC400-6	AGM	6	400	2.40	2.25	—	11.61 x 7 x 16.69	123	5	2,900	1,100
	DC100-12	AGM	12	100	2.40	2.25	—	12.09 x 6.65 x 8.46	68	5	2,900	1,100
	DC110-12	AGM	12	110	2.40	2.25	—	12.91 x 6.77 x 8.43	75	5	2,900	1,100
	DC200-12	AGM	12	200	2.40	2.25	—	20.87 x 8.23 x 8.58	144	5	2,900	1,100
Hawker www.hawkerpowersource.com	DC240-12	AGM	12	240	2.40	2.25	—	20.47 x 10.59 x 8.19	172	5	2,900	1,100
	DC85-12	AGM	12	85	2.40	2.25	—	10.24 x 6.69 x 8.46	63	5	2,900	1,100
	6-75EL-09	Gel	12	369	2.35	2.25	No!	38 x 4 x 23.5	390	5	3,300	N/A
	6-75EL-13	Gel	12	553	2.35	2.25	No!	38 x 5.5 x 23.5	564	5	3,300	N/A
	6-75EL-17	Gel	12	738	2.35	2.25	No!	38.25 x 7 x 23.5	720	5	3,300	N/A
6-75EL-21	Gel	12	925	2.35	2.25	No!	38.25 x 8.5 x 23.5	900	5	3,300	N/A	
6-75EL-25	Gel	12	1,110	2.35	2.25	No!	38.25 x 10 x 23.5	1,080	5	3,300	N/A	

SPECS FOR SEALED BATTERIES FOR HOME RE SYSTEMS, CONT.

Manufacturer	Model	Type (AGM or Gel)	Nom. Volts	AH Capacity (20 Hr. Rate)	Bulk Charge Set Point (V/Cell)	Float Charge Set Point (V/Cell)	Equalize Charge Set Point (V/Cell)	Length x Width x Height (in.)	Wt. (Lbs.)	War-ranty (Yrs.)	Cycles @ 20% DOD	Cycles @ 50% DOD
Power Battery www.powerbattery.com	PSG-6255	Gel*	6	220	2.33-2.36	2.25-2.30	2.37	10.7 x 7.38 x 10.9	78	2	1,900	1,000
	PSG-12105	Gel*	12	91	2.33-2.36	2.25-2.30	2.37	12 x 6.57 x 9.31	71	2	1,900	1,000
	PSG-12105F	Gel*	12	91	2.33-2.36	2.25-2.30	2.37	21 x 4.25 x 9.63	77	2	1,900	1,000
	PSG-12120	Gel*	12	110	2.33-2.36	2.25-2.30	2.37	13.5 x 6.76 x 9.13	81	2	1,900	1,000
	PSG-12165	Gel*	12	142	2.33-2.36	2.25-2.30	2.37	13.5 x 6.76 x 10.9	101	2	1,900	1,000
	PSG-12255	Gel*	12	220	2.33-2.36	2.25-2.30	2.37	21 x 8.5 x 10	178	2	1,900	1,000
	EZS-242040	Gel*	24	2,040	2.33-2.36	2.25-2.30	2.37	20.30 x 2 x 23.7 x 53	2,836	2	1,900	1,000
	EZS-481020	Gel*	48	1,020**	2.33-2.36	2.25-2.30	2.37	20.30 x 2 x 23.7 x 53	2,836	2	1,900	1,000
	EZS-482040	Gel*	48	2,040**	2.33-2.36	2.25-2.30	2.37	20.30 x 4 x 23.7 x 53	5,672	2	1,900	1,000
	EZS-48510	Gel*	48	510**	2.33-2.36	2.25-2.30	2.37	20.3 x 23.7 x 45	1,418	2	1,900	1,000
Trojan www.trojan-battery.com	27-AGM	AGM	12	100	2.35-2.45	2.30	—	12 x 6.63 x 9.19	67	1	1,200	500
	31-AGM	AGM	12	110	2.35-2.45	2.30	—	13.06 x 6.88 x 8.69	74	1	1,200	500
	8D-AGM	AGM	12	230	2.35-2.45	2.30	—	20.5 x 10.56 x 8.88	167	1	1,200	500
	6V-Gel	Gel	6	189	2.35-2.40	2.20	—	10.25 x 7.13 x 10.88	68	1	2,800	1,300
	24-Gel	Gel	12	77	2.35-2.40	2.20	—	10.88 x 6.75 x 9.31	52	1	2,800	1,300
	27-Gel	Gel	12	91	2.35-2.40	2.20	—	12.75 x 6.75 x 9.25	63	1	2,800	1,300
31-Gel	Gel	12	102	2.35-2.40	2.20	—	12.94 x 6.75 x 9.63	69	1	2,800	1,300	

*Combined AGM/gel design **100 hr. rate

extra electrical resistance created by paralleled battery cables. In applications where more AH are needed, buy lower-voltage, higher AH batteries so that several low-voltage batteries can be wired in series and the number of paralleled battery strings can be minimized.

The denoted AH capacity of a given battery depends on the rate at which it is being discharged and the amount of time it takes to discharge it. Large industrial batteries, i.e. for forklifts, are often rated at the “6-hour” rate, indicating a high current discharge rate, which brings the battery to its terminal voltage (often at 80% DOD) in 6 hours, about the length of a forklift’s working shift. For RE systems, a 20-hour rate is typically used, because that is closely aligned with the more modest discharge rates that bring the battery to a terminal voltage (again, often at 80% DOD) over 20 hours—more closely approximating daily home use before recharging.

For converting 6-hour rates to an RE system’s more common 20-hour rate, multiply by 1.24. Using this calculation, a 100 AH, 6-hour rating offers 124 AH at the 20-hour rate.

Bulk Charge Set Point Voltage. When charging batteries, the goal is to put as much current as possible into the battery as efficiently as possible. But charging a battery too quickly can cause heat to build up in the battery, as well as excessive gassing, and can shorten the battery’s life. To keep from harming the battery during charging, charge controllers used in RE systems limit the charge rate based on the batteries’ voltage. As the cell voltage increases, the charge rate (the number of amps allowed in) is reduced to prevent overcharging.

The initial phase when all available current is allowed into the battery is referred to as the “bulk” charge phase. Once the battery has reached its initial bulk-charge voltage, the charge controller will hold the voltage there for a



A single 2 V FLA cell, in a protective steel case.



An AH meter like the Bogart Engineering Tri-Metric is an important tool for monitoring battery state-of-charge.

programmed period of time (often 2 hours)—the “absorption” charge phase. This is done to assure full charging throughout the many cells of the battery. Note that the set points listed in this guide are per cell, so you will need to multiply it by the number of series-connected cells to determine the appropriate battery charge set points. For example, if you were to use four batteries (6 V each, wired in series for a 24 V configuration) and the bulk charge set point voltage range is 2.4 to 2.49 V for your battery’s cells, the ideal battery bank bulk-charge voltage set point would be between 28.8 and 29.88 V (3 cells per battery x 4 batteries x 2.4 to 2.49 V).

Float-Charge Set Point Voltage. After the absorption period, the charge controller ramps down the charging current to achieve the “float” phase, which is a lower voltage that greatly reduces the batteries’ gassing while still keeping the battery full. To continue the example, the float-charge set point voltage range is 2.20 to 2.23 V for each cell. With 12 cells total, the ideal battery bank float-charge voltage set point for this particular battery bank would be between 26.4 and 26.76 V.

Both AGM and gel-cell batteries will not tolerate voltages that are as high as FLAs. The charge controller’s bulk and float set points must be programmed appropriately to avoid damaging these batteries.

Equalization Charge Set Point Voltage. An equalizing charge cycle is a controlled overcharging of the battery bank to make sure all cells get charged, and to remove sulfate ion bonds on the batteries’ plates and to regain battery capacity—before permanent bonds develop. First, the battery is charged to full capacity by completing a bulk and absorption charge cycle. Then the battery is charged for an extended period of time, typically 6 to 12 hours, at a C/20 rate (charging amps equal to battery’s AH capacity divided by 20). By controlling the charge rate at C/20, the battery is kept from harm. (Uncontrolled overcharging can warp the batteries’ plates, causing it to short out and possibly explode.)

Equalizing an FLA battery is essential to maintaining battery life, but can be difficult to achieve with the limited current available from a PV array. In off-grid applications,

Sealed batteries can be installed on their sides to limit the amount of space required.



a backup engine generator is often used to equalize the batteries through a charger. Off grid, the use of household loads is generally limited during equalization to make sure enough current is available. In utility-tied systems with batteries, the grid substitutes for a generator.

Using the example of the four-battery bank (6 V each, wired in series for 24 V) and an equalization charge set point voltage range between 2.5 and 2.67 V per cell, the ideal battery bank equalization charge voltage set point for this particular battery bank would be between 30 and 32.04 V.

It is commonly believed that sealed batteries should never be equalized, yet some sealed battery manufacturers will provide an equalization voltage set point for their batteries. It is important to note that these values are usually the same as the bulk voltage set point for that battery. Typically, equalizing sealed batteries means merely extending the absorption period for a longer duration than normal. Additionally, sealed battery “equalization” is usually done only if the battery is showing signs of



Typical AGM batteries. Left: A sealed FullRiver, similar in dimensions and capacity to a flooded L-16.



Right: Concorde’s popular Sun-Xtender battery is about the same size as an automotive starting battery.

battery guide

premature capacity loss (i.e., not lasting as long as normal on a charge), and is not part of routine battery maintenance. Regardless, equalization is very battery specific, so it is important to find appropriate voltage set points and charge current ranges for your particular batteries.

Dimensions. When you're designing your battery bank, the size of the batteries—their length, width, and height—determines the size of the containment that you'll need to buy or build. In addition to considering the dimensions of the batteries, it's a good idea to leave 1/2 to 1 inch of space between each battery. This will help keep the individual batteries operating at the same temperature and allow them to shed heat during heavy charging regimes.

Weight. Even the smallest batteries used in RE systems can weigh as much as a Labrador retriever—50 to 60 pounds. The really big batteries can weigh as much as a small horse. So, adequate trucks, skids, palletjacks, and forklifts all become more important in moving batteries safely as the bank grows in size. You'll need to make sure your floor and/or rack is stout enough to support the total weight of the bank.

Warranty. Manufacturers generally guarantee their products to be free of defects and perform as specified for a set period of time, and will replace defective units during this time period. Many manufacturers offer one-year free replacement with additional prorated warranties for two or three years. During this period, the distributor will replace the failed unit for a percentage of the replacement cost.

Expected Cycles. Battery life is determined in part by the number of cycles. The more cycles the battery can offer, the longer it will live. But the number of cycles a battery can offer depends on how deeply it is discharged. This is why you see two values listed in this guide for most batteries—the number of cycles offered for 20% or 50% DOD.

A battery listed at 5,000/3,000 cycles will offer 5,000 cycles if it's discharged by only 20%, and 3,000 cycles if it's discharged by 50%. So how many years does this translate into? For off-grid RE, systems are commonly designed to cycle (charge and discharge) once a day, so you can divide the expected cycles by 365 to get a general estimate. In the case of the 3,000/5,000-cycle battery, you could expect a battery life of 8 to 14 years.

However, other factors—like lack of system maintenance, chronically undercharging batteries, or high battery temperatures—can shave years off a battery's lifetime. Discharging a battery deeply and leaving it discharged for extended periods creates sulfation, which blocks the interaction between the acid and the lead, leading to permanent loss of capacity.

Access

Batteries have enabled Christopher LaForge (gosolar@cheqnet.net) to live and work for more than 20 years at his off-grid, sun- and wind-powered homestead, SunFarm, in Bayfield County, Wisconsin. He is an ISP-affiliated PV instructor with the MREA, a NABCEP-certified PV installer, and a member of the NABCEP board of directors.



BATTERY BOX

basics

by John Meyer & Joe Schwartz

If you're planning to install an off-grid renewable energy (RE) system, or a grid-tied system designed to provide backup power during utility outages, batteries will be a necessary component. Well-planned battery enclosure design and construction will protect you, your family, and your property from potential battery mishaps, and can enhance the effectiveness of the battery bank as well.

Batteries store electrical energy using a chemical reaction, and can present chemical burn, electrocution, or explosion hazards if they are improperly handled or contained. When it comes to housing your batteries, your goal should be to provide a clean, dry, ventilated, semiconditioned space that limits unqualified people from coming into contact with the battery bank.

Safe Containment

There are three common options for safely containing your battery bank—manufactured battery enclosures, site-built boxes, and modifying off-the-shelf plastic tubs or toolboxes. In addition, some very large systems use a separate, lockable, and well-vented room or shed to contain the entire battery bank and limit access.

Several RE equipment manufacturers build and sell battery enclosures fabricated from sheet metal, which are typically shipped flat for on-site assembly. Many of these enclosures are intended primarily for use with sealed battery types, such as absorbed glass mat (AGM) batteries commonly used in grid-tied RE systems. These units may not include trays to capture leaked or spilled electrolyte, or have sufficient working clearances to access flooded batteries for regular watering. As such, some manufactured enclosures are inappropriate for use with the flooded lead-acid batteries often used in off-grid systems. The individual batteries and complete battery banks used in utility backup applications are typically smaller than those used in off-grid systems, where the batteries are cycled daily and more storage is usually required for cloudy or windless periods. As a result, many of the manufactured enclosures are not designed to contain the larger batteries used in off-grid systems. If the batteries you're using are compatible with a given manufactured enclosure, the total battery pack capacity may still require purchasing multiple units. Before

A well-constructed, site-built battery enclosure.



Courtesy: www.powersystems.com



Industry Leaders In MPPT Solar Charge Controllers

Look For New Products & New Ideas In 2008

With the largest MPPT Solar Charge Controller product line on the market today, Blue Sky Energy, Inc. has a controller that's right for your needs. From Solar Lighting, RV's & Marine to Telecom & many other off grid applications, Solar Boost™ Charge Controllers get the job done.



Visit www.blueskyenergyinc.com

Contact us today for more info.
800-494-7877 or 760-597-1642
2598 Fortune Way, Suite K,
Costa Mesa, CA 92081 USA
[blueskyenergyinc.com](http://www.blueskyenergyinc.com)



SOLAR PUMPING LIGHTING MARINE OFF GRID HOMES

QUALITY....RELIABILITY....BLUE SKY ENERGY, CHANGING THE WAY SOLAR IS USED EVERYDAY

battery enclosures

you buy, make sure to consider what type of batteries you'll be using, and if the manufactured enclosure is suitable for your application.

While manufactured enclosures are the norm when it comes to battery-based grid-tie systems, site-designed and built battery boxes are the common approach for battery containment in residential-scale off-grid systems. Most of these enclosures are constructed of wood, and the designs are tailored to both the size of the battery bank and its location. Plastic tubs or toolboxes are also commonly used in off-grid systems, either by themselves or in conjunction with a wooden outer enclosure for additional physical protection.

Construction Considerations

If you're planning to build your own battery box, consider several design details.

Size. How many batteries are there, what are their physical dimensions, and what is the layout of the battery bank? These factors will determine the size of the enclosure. Draw the layout of your battery bank to scale before you start building. Allow for approximately 1/2 inch of space between each battery to facilitate air circulation around the battery bank, which will keep the individual batteries operating at similar temperatures, as well as leave some room for the slight expansion batteries may experience at elevated temperatures and as they age. Include an additional 2 to 4 inches of space around the perimeter of the battery bank, and at least 6 inches above the tops of the batteries, which will leave adequate room for interconnect cabling. If you think you may expand your battery bank in the future, size the enclosure with this in mind.

Materials. The majority of site-built battery boxes are constructed with standard framing lumber and plywood. Wood is a good material choice because it is non-conductive, and will prevent an electrical short from occurring between an exposed battery terminal or cable and the box. One shortcoming of using lumber is that over time, leaked or spilled battery electrolyte will undermine its structural integrity. A seamless (or sealed), acid-resistant liner should be placed along the bottom and sides of the box to contain battery acid



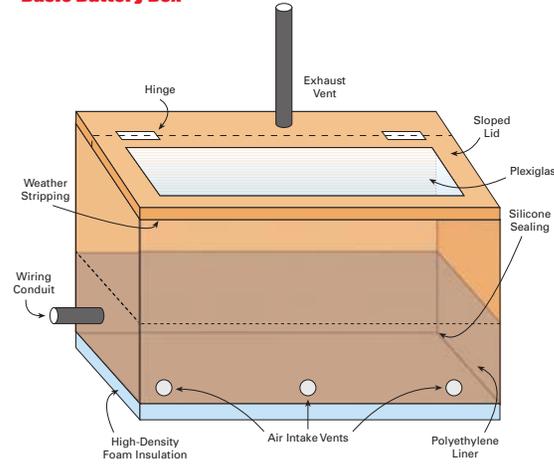
An accident waiting to happen—exposed battery terminals and lots of metal objects in the vicinity that present electrical shorting hazards. Don't try this at home!

spills or electrolyte overflow, and protect the wood against deterioration. Construction plastics, like polyethylene, are commonly used, and acid-resistant epoxy sealers are another good option. The height of this liner should be sufficient to hold at least 1.5 gallons (or one battery's worth) of electrolyte in case of catastrophic failure.

Structure. Battery enclosures should be structurally stout. If you don't have any framing experience, enlist the help of

battery enclosures

Basic Battery Box



an experienced carpenter. Compared to a freestanding battery box, a built-in battery enclosure that uses two or more existing walls requires fewer materials, is easier to construct, and provides structural integrity to the box. If you do use an existing wall surface for part of the box construction, consider replacing or covering any drywall with 1/2-inch plywood or masonry/cement board.

Access. Access to the box for battery inspection and maintenance is typically from the top. Keeping this access design very basic will help ensure that critical battery service can be easily performed. A hinged lid, with a means to safely hold it open, is easier and safer than removing and replacing an unhinged, bulky box lid. Also consider making the top of your battery box sloped. This simple feature helps discourage items being placed atop the box, which can inhibit convenient access to the batteries.

Insulation. When it comes to battery enclosure design, one of the conundrums is figuring out how to keep the batteries warm in the winter and cool in the summer. At times, the



Manufactured battery enclosures are commonly used in grid-tie systems with battery backup. (Batteries not included.)

Courtesy www.subbackpower.com



Courtesy www.vishnupower.com

www.homepower.com

51

Battery Enclosures and the National Electrical Code

National Electrical Code (NEC) articles 480 and 690.71 address battery installation and containment, and should be referenced prior to specifying or building your battery enclosure. In most instances, residential battery systems are limited to 50 VDC nominal. (Requirements for battery packs operating at over 50 VDC nominal are not addressed here.)

Regardless of battery type (sealed or flooded), adequate ventilation is required to "prevent the accumulation of an explosive mixture." While ventilation specifics are not clearly outlined in the NEC, some important considerations are identified. Article 480.9 (A) states that, "hydrogen disperses rapidly and requires little air movement to prevent accumulation. Unrestricted natural air movement in the vicinity of the battery, together with normal air changes for occupied spaces or for heat removal, will normally be sufficient. If the space is confined, mechanical ventilation may be required in the vicinity of the battery."

Because hydrogen is "lighter than air and will tend to concentrate at ceiling level," the NEC states that "some form of ventilation should be provided at the upper portion of the structure. Ventilation can be a fan, roof ridge vent, or louvered area." A common approach used to meet these requirements, especially when flooded batteries are used, is the inclusion

of one or more air intake vents installed low on the battery enclosure, used in conjunction with a pipe-connected exhaust vent that routes gases to the outdoors.

All live parts of battery systems, including terminals and cable lugs, are required to be guarded, or covered, to protect against the possibility of an electrical short if a tool or other metal object is inadvertently dropped across the batteries. In addition, access to the battery bank should be limited, either by locking the battery room or enclosure, or restricting access with some other permanent means (Article 110.27).

The battery enclosure cover or doors should allow adequate and convenient access to the battery bank for qualified people, and adequate working clearances should be provided (Article 110.26).

Finally, the NEC Handbook includes the following reference to flooded versus sealed battery types: "Although valve-regulated batteries are often referred to as 'sealed,' they actually emit very small quantities of hydrogen gas under normal operation, and are capable of liberating large quantities of explosive gases if overcharged. These batteries therefore require the same amount of ventilation as their vented counterparts." (Article 480.9)

52

home power 119 / june & july 2007

battery enclosures battery enclosures

goal will be to ventilate the enclosure while still keeping the batteries in the correct temperature range. While there's no silver bullet, it's always a good idea to insulate at least the bottom of the battery box if it rests on a concrete slab. High-density foam insulation is the material for the job. Covering this insulation with 5/8-inch or thicker plywood will help evenly distribute the weight of the batteries. If you live in a cold climate, insulating all surfaces of the box will help contain some of the heat generated during the battery-charging process.

Sealing. Hydrogen is the lightest element, and flooded batteries release it every time they're under charge. Trying to completely seal a battery box against hydrogen release will always be a lost cause, but proper sealing approaches will help direct the majority of the gases released during charging to the outdoors via the enclosure's exhaust vent or vents. Apply a gasket around the perimeter of the box lid to help create a good seal. Flexible, 1/8-inch-thick foam weather stripping, typically sold in rolls at hardware stores, works well. Corners of wooden boxes can be caulked, or sealed with an acid-proof sealant.

Venting. Most enclosures housing flooded lead-acid batteries will be directly vented to the outdoors. A 2-inch or larger pipe exiting from the highest point in the top of the box is usually sufficient. Intake venting should be placed near the bottom of the box, opposite the pipe vent, to allow incoming fresh air to replace air leaving through the upper vent. To keep out rodents and the like, the vents should be screened.

Conduit. Wiring conduit should be sealed with silicone caulk or plumber's putty, and always enter the battery enclosure below the tops of the batteries. Hydrogen gas is light, and will head skyward as soon as it leaves the batteries. Conduit runs exiting the top of the battery box can route battery gases right into your power center, which may result in component corrosion over time, and could present an explosion hazard if there was ever a spark or catastrophic failure in the power-conditioning equipment.

John Meyer's elevated, custom-built battery enclosure is located adjacent to the system power-conditioning hardware.



Siting Your Battery Bank

Besides the type of enclosure for your batteries, another decision related to your new battery bank is where to locate it. Flooded batteries release gas when they are charging, and the gas is corrosive, and potentially explosive if exposed to spark or flame. Sealed batteries can also off-gas if overcharged. As a result, never locate batteries in living spaces. Garages, shops, or dedicated rooms or outbuildings are the most common location for battery banks.

The temperature inside your battery enclosure is another important consideration. Battery capacity is temporarily diminished at low ambient temperatures, and deeply discharged batteries housed in unconditioned enclosures in cold climates are vulnerable to freezing, which can result in cracked cases, spilled electrolyte, and destroyed batteries.

On the other end of the temperature spectrum, operating batteries at temperatures above 110°F can result in the shedding of active materials from the battery plates. The resulting sediment buildup on the bottom of the case can lead to electrical short circuits. Batteries like to live at about the same temperatures humans enjoy. For optimal battery performance and longevity, select a location and enclosure design that will keep your batteries between 50°F and 80°F, and will rarely experience temperatures above 100°F or below 40°F.

Finally, locate the battery bank as close as possible to the power conditioning equipment (inverters, charge controllers, disconnects, etc.), while maintaining sufficient working clearance to access system disconnects and components for servicing. In most battery-based systems, high current is common between the batteries and the inverter. Keeping the associated cable length to a minimum will limit voltage drop and power loss, and help keep system costs down.

Additional Design Ideas

Beyond the basics of battery enclosure design and construction, these additional details can help you build the perfect battery box.

Raise it. A battery box raised off the floor will provide easier access to the batteries for maintenance, and create some convenient storage space below the enclosure for battery maintenance and safety items. Depending on the specifics of your battery box location and battery size, a platform height of 18 inches should be ideal. Raised battery box designs should not be considered unless you or a friend has some construction experience, and can determine the appropriate framing

battery enclosures



A vent fan can improve air exchange in the battery box.

specifications. At more than 100 pounds per battery, a typical battery bank is very heavy. A strong and sturdy platform, and excellent protection against acid damage to the enclosure's floor sheathing and framing must be provided for any raised battery box.

Removable front. Consider making the front of your battery box removable. The only time you should need to remove this panel is when you replace your batteries, but it is far easier and safer to slide the batteries in and out of the front of the box than to lift them over the sides.

See-through top. A see-through plastic panel (Plexiglas) in the top of the box will allow visual inspection of the batteries without lifting or removing the lid. It's also a great feature if you plan to show off your system to friends, neighbors, or anyone else interested in how RE systems work.

Power venting. The *National Electrical Code* does not require the use of active or mechanical venting unless the location of your battery bank is confined in a space that does not receive the regular air exchanges that occur when doors or windows are opened and closed. However, mechanical ventilation does offer a couple of distinct advantages over passive ventilation—increased air exchange and reduced heat loss.

In battery enclosure power-venting applications, a small DC fan is installed in the exhaust vent pipe. The fan is controlled by either an auxiliary relay (some inverters and charge controllers have this feature built in) or by a separate voltage-sensing switch. When the battery voltage reaches a user-determined

Battery Dangers

- Heavy—can cause injury and damage if dropped or lifted improperly
- Contain acid that will cause burns as well as damage materials
- Flooded types regularly off-gas potentially explosive hydrogen
- Contain large amounts of stored energy, which if released inadvertently (such as with an electrical short circuit) can shock or result in fire

setpoint, the fan is turned on, drawing gases from the box. When the batteries are not charging, the fan remains off. One commonly used vent fan includes a simple back-draft damper, which closes off the exterior vent when the batteries are not charging. The big advantage is that in cold climates, outdoor air is kept out of the battery box unless the batteries are charging, which helps keep both battery temperature and capacity up during the cold months.

Another good application for active venting is if your battery bank is located in a garage or shop that you spend some time working in. The smell of the gases released by charging batteries is anything but pleasant, and power venting can significantly increase your quality of life in the shop. Keep in mind that activities that require an open flame or could lead to sparking should *never* be done in the vicinity of your battery bank.

Automatic, single-point battery watering systems make maintaining flooded lead-acid batteries a snap.



home power 119 / june & july 2007

54

53

battery enclosures

Automatic battery watering system. The main maintenance task associated with flooded batteries is checking and filling battery electrolyte level. This task can be greatly simplified by using an automatic, or single-point, watering system. In these systems, the factory battery caps are removed and replaced with valved caps that are connected to a water tubing system. Distilled water stored in a small, elevated or pressurized reservoir is sent to the individual batteries when filling.

Buy It or Build It

Batteries are an expensive RE system component, and they also have a limited operational life. The better you take care of them, the longer they'll last. Limiting the depth of battery discharge and regularly recharging the bank are the two most important things you can do to keep your batteries healthy and happy. A well-designed enclosure will help you manage battery temperature, and make watering and maintaining the bank more convenient, both of which are also critical to battery longevity.

But the most important feature of a battery enclosure is the safety it provides. Preventing people who are unacquainted with batteries from coming into contact with them is job number one. Proper venting to eliminate potential corrosion and fire hazards is a close second. So build or buy that ideal battery box, and you'll have the most trouble-prone component of your RE system wrapped up tight.

Access

John Meyer, 5426 California Ave. SW, Seattle, WA 98136 • 206-915-9771 • jrmeyer@comcast.net

Joe Schwartz, *Home Power*, PO Box 520, Ashland, OR 97520 • joe.schwartz@homepower.com • www.homepower.com

Battery Enclosure Suppliers:

DP&W Power-Fab • 800-260-3792 • www.power-fab.com

MidNite Solar • 425-374-9060 • www.midnitesolar.com

OutBack Power Systems • 360-435-6030 • www.outbackpower.com

Power Battery Co. • 973-523-8630 • www.powerbattery.com

Radiant Solar Technology • 707-485-8359 • www.radiantsolartech.com

Zomeworks • 505-242-5354 • www.zomeworks.com

Enclosure Accessories:

Zephyr Industries • 719-503-0718 • www.zephyrvent.com • Power vent

Solar Converters • 519-824-5272 • www.solarconverters.com • Voltage-controlled switch

Battery watering systems:

Battery Filling Systems • 877-522-5431 • www.batteryfillingsystems.com

JWP/Pro-Fill • 616-822-7587 • www.janwp.com



Built-in 1 Year Datalogger for System Analysis
 Fully Programmable Nightlight Controller
 5 Selectable Deep-Discharge Protection Modes
 Excess Energy Management
 10, 20, 40A Versions
 Optional Accessories:

- External Temperature Sensor (CXNT)
- Remote Display (CXM Multi-meter)
- USB Interface (CXI + CXCOM)

 For Rural, Recreational & Industrial Applications

CXN—the World's Most Compact 40A Controller Now with Negative Ground!

Phocos USA 742 E. 46th Street Tucson, AZ 85713 USA
 Phone: +1 (520) 852-9100 Fax: +1 (520) 844-6316 info-usa@phocos.com

Germany • China • India • Bolivia • Australia • Brazil • Kenya • Romania • Singapore • South Africa • Tunisia • USA
www.phocos.com

www.homepower.com

55



BAJA TENSIÓN
CA: 0,6/1kVCC:1,8 k

Norma de referencia EA 0038

TOPSOLAR PV ZZ-F (AS)

Cables para instalaciones solares fotovoltaicas

Conductor: Cobre electrolítico estañado, clase 5 (flexible) según EN 60228

Aislamiento: Goma libre de halógenos tipo E16

Cubierta: Goma ignifugada tipo EMS, libre de halógenos y con baja emisión de humos y gases corrosivos en caso de incendio.

Aplicaciones: Cables flexibles aptos para servicios móviles y para instalación fija. Adecuados para la conexión entre paneles fotovoltaicos y desde los paneles al inversor de corriente continua a alterna. Cables de alta seguridad (AS): no propagadores del incendio, con baja emisión de humos y libres de halógenos. Aptos para instalaciones interiores y exteriores.

Norma Nacional/ Europea: UNE-EN 60332-1 / UNE-EN 60332-3 / UNE-EN 50267-1 / UNE-EN 50267-2 / UNE-EN 61034

Norma Internacional: IEC 60332-1 / IEC 60332-3 / IEC 60754-1 / IEC 60754-2 / IEC 61034

CARACTERÍSTICAS



Conductor: flexible clase 5/6



Temperatura mínima de servicio móvil: -40°C



Temperatura máxima del conductor: 120°C



Temperatura máxima en cortocircuito: 250°C (máximo 5 s)



Radio de curvatura: 3 x diámetro exterior



Marcaje: metro a metro



No propagación del incendio



Libre de halógenos



Baja emisión de humos: Transmisión luminosa >60%



Baja emisión de gases corrosivos



Resistencia a los impactos: AC2. Impacto medio



Instalación al aire libre: permanente



Respetuoso con el medio ambiente



Resistencia al agua: AD7 inmersión



Resistencia a los ataques químicos: excelente



Resistencia a las temperaturas ambientales extremas: excelente



Vida útil 30 años.



Resistente a los rayos ultravioletas

CONDICIONES DE INSTALACIÓN



Instalaciones solares fotovoltaicas



Intemperie

NUEVO

SERIE ES-A paneles fotovoltaicos



200, 205 y 210 W La mejor tolerancia de potencia disponible

Gama de paneles solares String Ribbon™ de alta calidad que ofrecen un extraordinario rendimiento, una instalación económica y credenciales medioambientales líderes en la industria. Están fabricados con nuestra revolucionaria tecnología de obleas de silicio.

- **No obtendrá menos potencia de la especificada en la placa de identificación**
No pague nunca por potencia que no se le proporciona
- **Obtenga hasta 5 W más de lo especificado en la placa de identificación***
Para rendimiento de campo mejorado
- **Tensión más baja del mercado por régimen de vatios**
Permite realizar instalaciones más económicas
- **Nuevos cables de longitud extendida**
Elimina los cableados de retorno
- **Nuevos MC® Tipo 4 conectores de clic**
Conexiones entre paneles rápidas y fiables
- **Gama más amplia de opciones de montaje**
Instalaciones prácticamente en cualquier lugar y de cualquier modo
- **Menor diseño de carbono del mercado**
Para los más ecológicos de los ecológicos
- **Empaque 100% sin cartón**
Minimiza los desperdicios del lugar de trabajo y los costes de eliminación
- **Garantía de 5 años para la mano de obra y de 25 años para el suministro eléctrico ****

*Potencia máxima de hasta 4,99 W por encima del régimen de la placa de identificación;

Para obtener información detallada, consulte la **garantía limitada de Evergreen Solar disponible a petición o en línea.

Este producto se ha diseñado para cumplir con los estándares UL 1703, UL 4703, seguridad contra incendios UL clase C, IEC 61215 Ed.2 y IEC 61730 clase A. String Ribbon es una marca comercial de Evergreen Solar, Inc. La tecnología de fabricación de obleas de Evergreen Solar está patentada en EE.UU. y otros países.

Características eléctricas

Condiciones de prueba estándar (STC)¹

	ES-A-200 -fa2*	ES-A-205 -fa2*	ES-A-210 -fa2*	
P_{mp}^2	200	205	210	W
P tolerancia	-0 / + 4,99	-0 / + 4,99	-0 / + 4,99	W
$P_{mp, máx.}$	204,99	209,99	214,99	W
$P_{mp, mín.}$	200,00	205,00	210,00	W
$\eta_{min.}$	12,7	13,1	13,4	%
V_{mp}	18,1	18,4	18,7	V
I_{mp}	11,05	11,15	11,23	A
V_{oc}	22,5	22,8	23,1	V
I_{sc}	12,00	12,10	12,20	A

Condiciones de temperatura de operación nominal de la célula (NOCT)³

	ES-A-200	ES-A-205	ES-A-210	
T_{noct}	44,8	44,8	44,8	°C
$P_{máx.}$	146,4	150,1	153,7	W
V_{mp}	16,7	16,8	17,0	V
I_{mp}	8,76	8,93	9,04	A
V_{oc}	20,5	20,7	21,0	V
I_{sc}	9,60	9,68	9,76	A

¹ 1.000 W/m², temperatura de célula 25°C, espectro AM 1.5

² Punto de potencia máximo o potencia nominal

³ 800 W/m², temperatura ambiente 20°C, velocidad del viento 1 m/s, espectro AM 1.5

⁴ 2 células (con textura) de azul mate, marco, tensión baja f-marco, a-tensión baja, 2-células con textura azul mate

Baja irradiación

La reducción relativa típica de la eficiencia del panel a una irradiación de 200 W/m², temperatura de célula de 25 °C y espectro de AM 1.5 es del 0%.

Coefficientes de temperatura

αP_{mp}	-0,45	%/°C
αV_{mp}	-0,43	%/°C
αI_{mp}	-0,02	%/°C
αV_{oc}	-0,32	%/°C
αI_{sc}	-0,003	%/°C

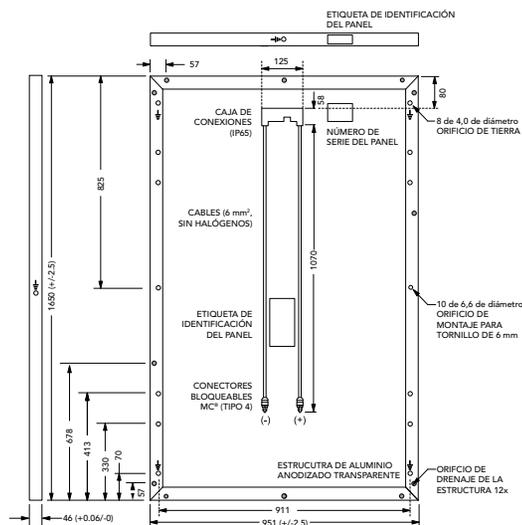
Diseño de sistema

Corriente inversa máxima ⁴	20 A
Tensión de sistema máxima	1.000 V

⁴ También conocido como nominal de fusible en serie

EQUIPO ELÉCTRICO
CONSULTE A SU INSTALADOR

Especificaciones mecánicas



Todas las dimensiones se expresan en mm; peso del panel 18,6 kg

El producto se ha construido con 114 células solares de silicio policristalino, vidrio solar templado antirreflector, encapsulante de EVA, cubierta posterior de polímero y un marco de aluminio anodizado de doble revestimiento. El empaquetado del producto se ha probado de acuerdo al estándar ISTA (International Safe Transit Association) 2B. Todas las especificaciones incluidas en el folleto del producto cumplen con EN50380. Consulte **Evergreen Solar Safety, Installation and Operation Manual** (manual de seguridad, instalación y funcionamiento de Evergreen Solar) y **Mounting Design Guide** (guía de diseño de montaje) para obtener más información sobre la instalación y el uso aprobados de este producto.

Debido a las continuas innovaciones y mejoras de nuestros productos, así como a la investigación a la que los sometemos, las especificaciones del folleto están sujetas a cambios sin previo aviso. La posesión de este folleto no conlleva derecho alguno y Evergreen Solar no se hará en absoluto responsable de las consecuencias relacionadas con o derivadas del uso de la información contenida en este documento.

Socio empresarial:

ES-A_200_205_210_ES_010908; entrada en vigor el 1 de septiembre de 2008

Evergreen Solar, Inc.
www.evergreensolar.com

Sede europea
Joachimstaler Straße 15, 10719 Berlín, Alemania
T: +49 30.886.145.20 F: +49 30.883.963.3
infoeurope@evergreensolar.com

Servicio de atención al cliente, Europa, Oriente Medio y África
Ortsteil Thalheim, Sonnenallee 14-24,
06766 Bitterfeld-Wolfen, Alemania
T: +49 34.946.674.74 F: +49 30.726.167.276
saleseurope@evergreensolar.com