



/BACiudadVerde

buenosaires.gob.ar/agenciaambiental

# JORNADAS DE CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE 2017

## Integración Arquitectónica de Energías Renovables

Fabián Garreta - Ismael Eyras

Ministerio de Ambiente  
y Espacio Público



Buenos Aires Ciudad



---

# **AUTORIDADES**

---

**JEFE DE GOBIERNO**

Horacio Rodríguez Larreta

**VICEJEFATURA DE GOBIERNO**

Diego Santilli

**MINISTERIO DE AMBIENTE Y ESPACIO PÚBLICO**

Eduardo Alberto Macchiavelli

**AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL**

Juan Bautista Filgueira Risso

## **JORNADAS DE CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE 2017**

### **Integración Arquitectónica de Energías Renovables**

Garreta F. y Eyras I. para Fundación Hábitat y Desarrollo y Agencia de Protección Ambiental  
– APrA - GCABA

#### **Edición de Contenidos**

Agencia de Protección Ambiental – APrA.  
Dirección General Política y Estrategia Ambiental.  
Gerencia Operativa Gestión Urbano Ambiental.  
Subgerencia Operativa Planeamiento Urbano Sustentable

#### **Dibujo de tapa**

Leonel Baldoni

#### **Diseño**

Leonel Baldoni

#### **Agencia de Protección Ambiental -APrA-**

Lima 1111 [C1073AAW] Buenos Aires, Argentina

*Esta publicación es de distribución gratuita y puede ser reproducida en forma parcial siempre que se haga referencia a la fuente.*

*Buenos Aires, Julio 2018*

---

# INTRODUCCIÓN

---

**Mariano Reobo**

*Arquitecto en Agencia de Protección Ambiental*

Esta publicación es una iniciativa conjunta de la Agencia de Protección Ambiental y la Fundación Hábitat y Desarrollo.

En el marco del Proyecto “Construcción Sustentable en Proyectos y Obras de Gobierno”, cuyo objetivo es la promoción de la incorporación de criterios de construcción sustentable en los proyectos y obras edilicias y urbanas que desarrollen las áreas del Gobierno de la Ciudad con competencia, se ha organizado un Ciclo de Jornadas de capacitación respecto de la temática durante el año 2017.

Esta publicación pretende resumir los conceptos más importantes brindados durante este ciclo y busca brindar información técnica relevante en relación a algunas de las estrategias de diseño y construcción que pueden aplicarse a la hora de desarrollar un proyecto, una obra nueva o de remodelación de un edificio existente; en pos de reducir y/o minimizar el impacto ambiental de los edificios y obras.

Los documentos, desarrollados por reconocidos profesionales especialistas en cada una de las temáticas presentadas, pretenden promover y acercar a aquellos profesionales del diseño y la construcción interesados y al público en general, algunos conceptos que influyen notoriamente en el desempeño ambiental y energético de los edificios, y que muchas veces son minimizados, desestimados e incluso ignorados. Asimismo, buscan incentivar tanto a los futuros como a los actuales profesionales a profundizar conceptos y propiciar la investigación de nuevos contenidos y herramientas disponibles.

A continuación, el séptimo tomo “Integración Arquitectónica de Energías Renovables”.

---

# INTEGRACIÓN ARQUITECTÓNICA DE ENERGÍAS RENOVABLES

---

## Arq. Fabián Garreta

Arquitecto UBA. Ha cursado un Doctorado cuyo título del plan de investigación fue “*APLICACIONES SOLARES EN EL HÁBITAT CONSTRUIDO: BARRERAS Y ESTRATEGIAS PARA SU IMPLEMENTACIÓN. EL CASO DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUENOS AIRES*”, Dirección de tesis, Dr. Arq. John Martin Evans FADU-UBA.

Posgrado “*APROVECHAMIENTO ENERGETICO DE LA RADIACION SOLAR*” (35 horas), Director Dr. Hugo Grossi Gallegos, Universidad Nacional de Luján, Lujan, Argentina.

“*PROGRAMA DE ACTUALIZACIÓN EN DISEÑO BIOAMBIENTAL Y ARQUITECTURA SOLAR*” (240 horas), CIHE-FADU-UBA.

Posgrado en Instituto Tecnológico Canarias en Instalaciones solares fotovoltaicas y eólicas de baja potencia. Investigador en el Centro de Hábitat y Energía (FADU-UBA) Director – Investigador categoría III en la Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional. Profesor de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad Nacional de Buenos Aires en Diseño bioclimático, arquitectura solar e instalaciones en edificios, desde 1992 hasta la actualidad. Fundador de SURSOLAR, consultora dedicada a asesoramiento en arquitectura sostenible y energías renovables en edificios. Director en Tecnología y Eficiencia Energética en M2arq.

## **Arq. Ismael Eyras**

*Arquitecto UBA. Desde el año 1991 ha desarrollado su actividad profesional dentro de las siguientes áreas:*

*Instituciones y organizaciones: Gran parte de su carrera profesional transcurrió trabajando junto a equipos interdisciplinarios de profesionales.*

*En la Secretaría de Hábitat Universitario de la Facultad de Arquitectura de la UBA, bajo la coordinación del arquitecto Mederico Faivre. La ANMAT, donde realizó tareas de conservación, rehabilitación y adecuación de edificios existentes, además de la inspección de obras y elaboración de pliegos. También en el equipo de la Cooperativa de Vivienda Isla Maciel, junto al Ing. Seltzer desarrolló varios proyectos de vivienda de interés social.*

*En la ADIF coordinó el área Arquitectura ferroviaria, dentro de la Gerencia de Explotación Construcción Bioclimática, Energías Renovables: A partir del año 2002, como parte de sus estudios de Doctorado en Energía Solar Fotovoltaica en España, desarrolló dentro de la empresa ISOFOTON, diversos proyectos y construcciones integrando la energía fotovoltaica en la arquitectura (BIPV). A partir de 2005 continuó en Argentina con esta especialidad que desarrolla ahora dentro Solenarq\*, consultora de la cual es fundador y Titular. Desde el año 2012 forma parte del equipo de Proyecto de Iresud y actualmente desarrolló un proyecto afín en el marco de un convenio ADIF CNEA Actividad Académica e Investigación: Desarrolla tareas docentes en grado y posgrado de la FA-DU-UBA, desde el año 1989 hasta hoy. Formó parte de los equipos de investigadores del IEHu, coordinado por los arquitectos R Doberti y J F. Castro-, el CIHE -coordinado por los arquitectos Evans y De Schiller- y el CEP ATAЕ -coordinado por el arquitecto Carlos Levinton.*

## **Contenidos**

**El Tomo se organiza en tres Capítulos:**

**Capítulo Nº 1: "Energías Renovables: Contexto General".**

**Capítulo Nº 2: "Energía Solar Térmica".**

**Capítulo Nº 3: "Integración a Edificios"**

---

# CAPÍTULO N°1

## "ENERGÍAS RENOVABLES: CONTEXTO GENERAL"

---



Si algo bueno aprendimos de las charlas TED (creo que no es necesario aclarar lo que son las charlas TED aquí) es que nos enseñaron acerca de la intensidad, que por un lado logran a partir de la brevedad y enorme poder de síntesis pero por otro lado esta intensidad está lograda porque de alguna manera pueden sensibilizar con su mensaje al público.

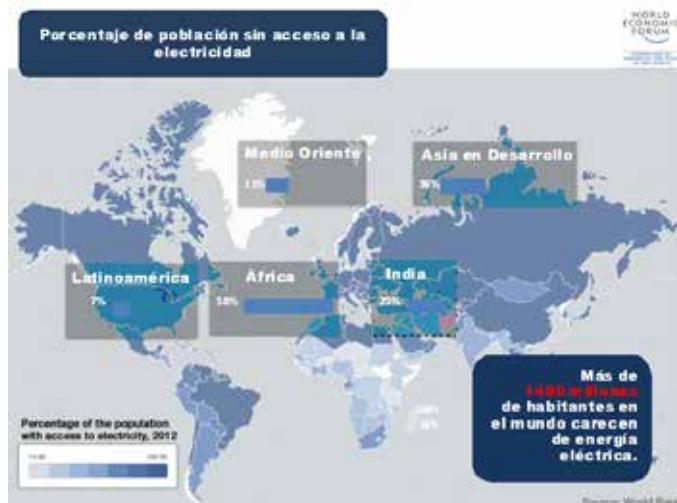
Su énfasis no está solamente puesto en la difusión de los conocimientos sino que existe también una búsqueda intencionada de lograr en el público cierto grado de emoción. Si bien esta charla no es breve ni busca intencionalmente la emoción de la audiencia me gusta comenzar con algunas diapositivas que nos sirven para reflexionar acerca de algunos temas que son conocidos pero vale la pena reiterar.

La primera imagen es esta frase de Hermann Scheer (a quien recomiendo googlear o buscar en wikipedia) que pone el énfasis sobre la abundancia y la disponibilidad de la energía solar sobre la tierra.

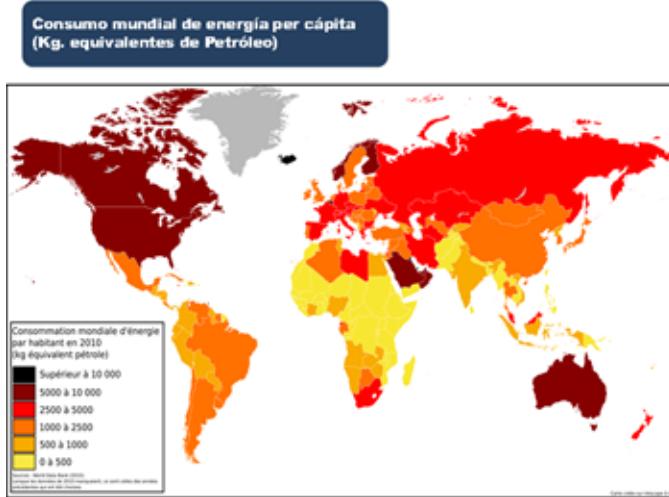
“La energía solar ofrece a la humanidad un potencial energético mucho mayor de lo que jamás será capaz de consumir” ... “El Sol envía a la Tierra en un cuarto de hora más energía de la que la humanidad utiliza durante todo un año. Aunque no toda es aprovechable, el potencial utilizable es más de mil veces superior al consumo anual de la humanidad entera”.



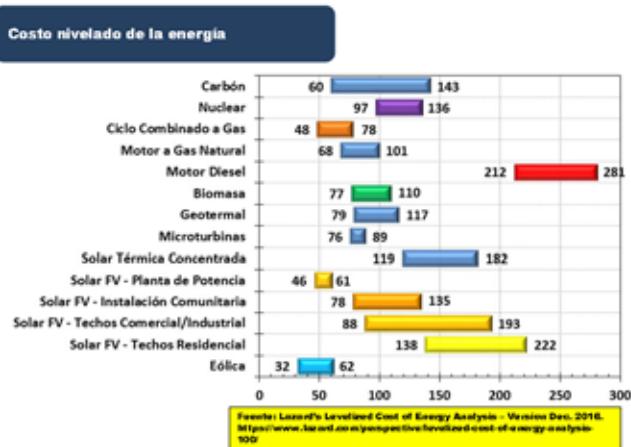
La segunda imagen (luego veremos como la información de estas primeras 4 imágenes se complementan entre sí tiene que ver con este esquema que grafica la situación de desigualdad mundial económica extrema. Las cifras desde ya resultan chocantes, un quinto de la población mundial posee el 87% de la riqueza del mundo, pero a mí me llama poderosamente la atención la forma de copa que tiene este gráfico. En este momento en el cual pareciera que se ha puesto de moda en el discurso de economistas y políticos aquello del "efecto derrame". Parece que somos muy eficientes para la retención de nuestras riquezas. Es muy poco lo que el quinto de la población más rica deja al resto de la población mundial.



Esta situación de desigualdad económica tan flagrante tiene por supuesto una correspondencia con el acceso a la energía y también con el acceso mundial a la energía eléctrica. Llaman la atención en este gráfico algunos porcentajes como el de Latinoamérica (solo un 7% carece totalmente de acceso a la energía eléctrica) y como contraparte los porcentuales correspondientes a África y a la India. Aunque no aparece el dato llama también la atención el color que detenta China, que hasta hace poco tiempo tenía un porcentual menor de acceso a la electricidad pero que resulta especialmente significativo por la cantidad de población que representa en relación a la población total de Asia.



Un último planisferio interesante puede ser este otro también, que nos muestra el consumo energético correspondiente a cada país en una escala de valores. Nuevamente y salvo algunas excepciones remarcables podemos ver como el desarrollo humano está íntimamente relacionado con el consumo energético.

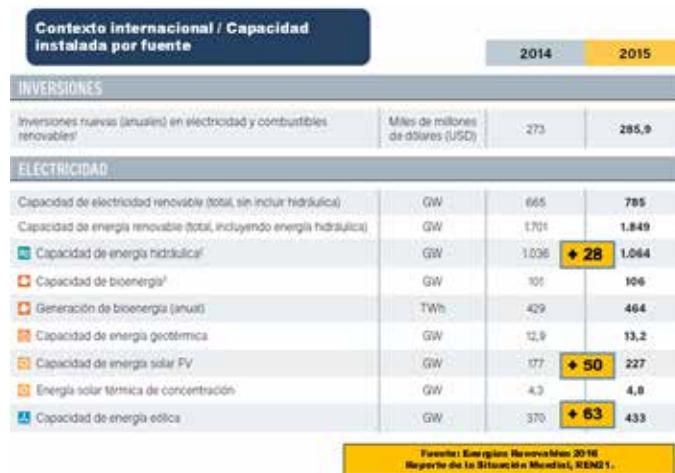


¡Luego de ver este panorama mundial podemos pasar revista a los costos nivelados de generación energética más habituales a nivel mundial. Lo primero que llama la atención de este gráfico, sobre todo para aquellos que no estén familiarizados con la realidad energética actual, es que hoy por hoy la energía más económica (costo nivelado contempla de alguna manera inversión inicial, puesta en marcha y amortización de uso) son la energía eólica y la energía solar. Los combustibles fósiles, incluso las plantas generadoras de energía de gas de ciclo combinado –la forma más limpia y eficiente de generación energética en base a combustibles fósiles- hoy ya resultan menos económicas que las energías renovables. Lo mismo pasa con la energía nuclear – a mi particularmente siempre me sorprende este valor - con las centrales de carbón y otras. Es necesario resaltar que este gráfico no contempla “externalidades” de cada uno de los sistemas. Ni los costos ambientales que representa generar con carbón o con motores diésel (muchas de nuestras usinas en cooperativas eléctricas del interior continúan encendiendo estos motores) tampoco se evalúan en este gráfico los posibles riesgos de manejo de la energía nuclear ni los riesgos de deposición final de los residuos radioactivos. Este gráfico tampoco contempla ningún tipo de subsidios, nacionales, locales o apoyo internacional a diferentes tecnologías. Representa solamente costos del mercado de la energía en mega Watt. Hora/mes.



En contraste con el gráfico anterior, podemos ver que a pesar de las ventajas que presentan las energías renovables, no solo desde el punto de vista ambiental sino también desde lo económico, aún tienen escasa participación en la matriz eléctrica mundial. Los supuestos esfuerzos de los distintos gobiernos para lograr una diversificación de la matriz energética muchas veces

son insuficientes y por otro lado existe una infraestructura energética existente, una industria y un mercado que no es fácil ni rápidamente reemplazable. Algunos autores expertos en historia de la energía como Eduardo Lorenzo Pigueras opinan que el cambio de paradigma energético se plantea cuando una tecnología comienza a escasear o se agota y no necesariamente con la aparición de otra fuente energética más conveniente.

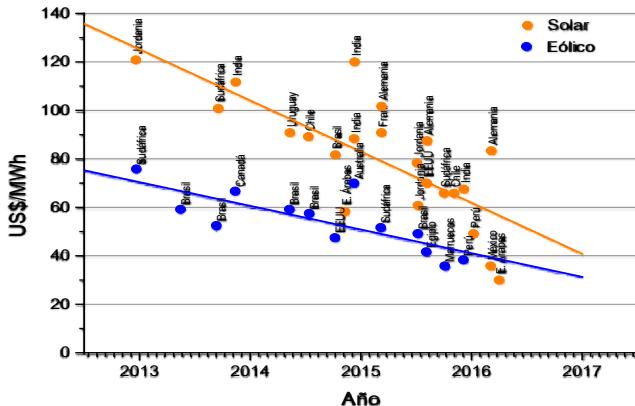


## Contexto de crecimiento mundial.

A pesar de lo planteado es de esperarse a partir de lo que se ve respecto de las capacidades instaladas a nivel mundial por fuente energética, que las renovables sigan creciendo en detrimento de otras energías sobre las cuales la inversión y el aumento de la capacidad es nula o poco significativa. (en los recuadros amarillos el aumento de la capacidad instalada en gigaWatts (GW) en aquellas energías renovables que mayor crecimiento plantearon durante el año 2015.

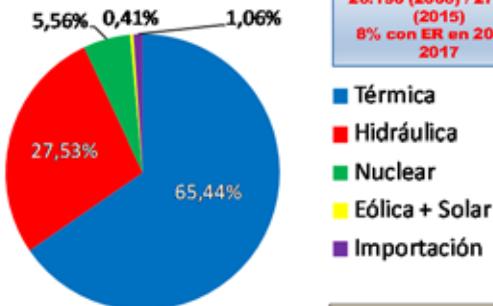
Ya haciendo foco dentro de lo que es el mercado internacional de la generación energética mediante energías renovables vale la pena apuntar que si bien durante mucho tiempo dentro de las renovables la eólica resultaba la más conveniente, en los últimos años la energía solar fotovoltaica se ha acercado mucho en sus costos nivelados de generación, se espera que a fines del año 2018 estos costos estén totalmente equiparados. Los puntos que conforman la nube repre-

### Evolución del precio de venta de los contratos de energía fv y eólica



sentan grandes subastas energéticas o valores de importantes licitaciones que se han producido en distintos lugares del mundo últimamente. Resulta interesante destacar como los costos de generación de la fotovoltaica varían en mayor medida respecto de la línea recta promedio esto tiene que ver con los diferentes niveles de radiación que pueden encontrarse en los diferentes países. De alguna manera este gráfico nos muestra también la disponibilidad de esta fuente de energía y su viabilidad aún en países de escasa luminosidad.

### Matriz eléctrica Argentina. 2016



Fuente: Informe MEM, CAMMESA (2016)

Para terminar con tantos gráficos y estadísticas, pasemos revista a la situación argentina actual respecto de nuestra matriz eléctrica. Como vemos, y a diferencia de nuestros vecinos uruguayos y chilenos, nuestra matriz energética sigue siendo mayoritariamente dependiente de los combustibles fósiles (sector azul). Es notable la importancia del área Hidroeléctrica, de gran tradición en nuestro país y que pudiéramos considerar renovable aunque en los estudios energéticos habituales no se la considera como tal.

El recuadro plantea que a partir de las leyes 26190 del año 2006 y 27191 del año 2015 se plantea para el país un nuevo objetivo que es obtener un 8% del total de la matriz en el año 2017, (este objetivo finalmente se espera se logrará a fines del 2018).



Un ejercicio interesante respecto de las posibilidades y la viabilidad que tiene la energía solar fotovoltaica para abastecer grandes potencias es este que propone el Dr. Julio Durán. El prejuicio general acerca de la superficie necesaria para abastecer la energía de todo el país mediante fotovoltaica sería inmensa o inabarcable. Una sencilla ecuación plantea que con una superficie del 70% del espejo de agua de la represa Yacyretá bastaría para abastecer la demanda eléctrica del país, y además generaría 8 veces más energía que la represa.

### Matriz eléctrica y consumo.

- **Fuertemente dependiente de combustibles fósiles, con uso creciente de combustibles líquidos importados (28% del total fósiles, 2015)**
- **Población urbana > 90%**
- **Consumo eléctrico concentrado en áreas urbanas**
- **AMBA: 39% de la DE en 2015**
- **Disponibilidad del recurso solar en áreas urbanas**
- **Diversificación mediante ER**
- **reduciría costos de generación, distribución y medioambientales,**
- **reduciría fuga de divisas por importaciones energéticas**

Nuestra matriz eléctrica como vimos en la anterior diapositiva es fuertemente dependiente de combustibles fósiles, con uso creciente de combustibles líquidos importados (28% del total fósiles, 2015).

Por otro lado sabemos que nuestro país cuenta con un gran porcentaje de la población asentada en ciudades. Nuestra población urbana es mayor al 90%, por consiguiente la mayor parte del consumo eléctrico está concentrado en dichas áreas. Por ejemplo el AMBA: (área metropolitana de Buenos Aires) tiene un consumo del 39% de la Demanda Energética total. Por eso es que se considera necesaria la diversificación mediante el uso de las Energías Renovables en forma distribuida:

Esto reduciría costos de generación, distribución (la energía se genera en el mismo sitio donde se consume, por lo cual se reduce la infraestructura de transporte y distribución) además de los beneficios medioambientales que son por todos conocidos.

Además esta situación reduciría la fuga de divisas que hoy se producen por importaciones energéticas.

Es de destacar que al contrario de la energía eólica, la disponibilidad del recurso solar en áreas urbanas es importante, no siendo así el viento.

Algunos antecedentes de argentina respecto de la energía solar fotovoltaica:

Hasta el 2010 solo existía en el país la fotovoltaica aislada. Especial mención dentro de este tipo

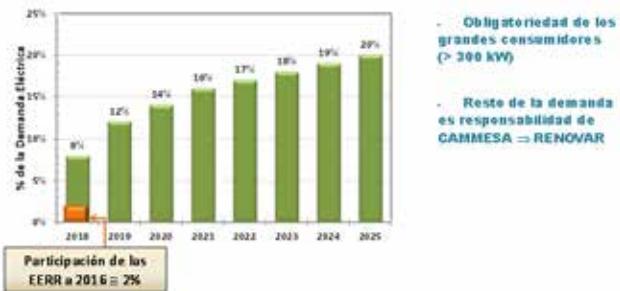
## Fotovoltaica en la Argentina

- . Hasta 2010 sólo FV aislada
- . Primeros pasos en conexión a red de centrales FV ⇒ 1,2 MWp (Provincial) + 7 MWp (GENREN) – San Juan ⇒ 1 MWp – San Luis (Terrazas del Portezuelo)
- . Ley Nacional N° 26190/2006: Régimen de Fomento de Fuentes Renovables para la Producción de Energía Eléctrica
- . Res. SE 108/2011: contratos de abastecimiento al MEM ⇒ SUSPENDIDA

de instalaciones podemos nombrar al Programa Permer (Programa de electrificación rural mediante energías renovables) que ha sido considerado históricamente como un modelo de gestión exitoso y se ha aplicado en distintas partes del mundo, donde ha tenido gran difusión aún mucho antes de aplicarse en el país. Gran parte de los problemas que tienen muchos de estos programas de electrificación rural social están relacionados con la responsabilidad por la propiedad y uso de los equipos y su mantenimiento. En el modelo Permer tanto el usuario como la provincia como el instalador comparten proporcionalmente esta responsabilidad de uso y mantenimiento. El usuario final del servicio debe de acuerdo al Permer pagar por la tenencia del equipo un porcentaje de lo que gastaba anteriormente en pilas, velas, querosene y otras formas de iluminación que utilizara previamente a la obtención de los equipos. El instalador es el encargado por una parte de realizar la capacitación y el mantenimiento de los equipos y a su vez recibe el encargo por parte de la provincia y por otra parte el hecho de que deba cobrar una cifra (casi simbólica) asegura de alguna manera que el técnico llegue hasta las instalaciones más alejadas.

A pesar de que en el año 2008 Argentina construye la primera central fotovoltaica de toda Latinoamérica, (ULLUM, San Juan) al día de hoy esta iniciativa de vanguardia ha sido ampliamente superada ampliamente por nuestros vecinos. Chile y Uruguay hoy tienen instalada en una sola central la misma potencia en energía solar fotovoltaica que instaló Argentina en toda su historia.

## Ley 27191- Fomento de las energías renovables-



Como se ve, a pesar de las predicciones y de las leyes que lo imponen, existen pocas posibilidades de que podamos cumplir en estos momentos con las metas planteadas para el año 2018 y sucesivos. La situación entre el 2016 y la prevista para el 2018 finalmente no se cumplió por distintas razones (entre ellas una fuerte crisis política y económica a nivel país e internacional que los estudios no previeron y que detuvo en gran medida el plan Renovar.

## ronda 1 – proyectos adjudicados

### PROYECTOS ADJUDICADOS: DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

Total de Proyectos Adjudicados: 29				
Tecnología	Proyectos	MW	GWh/año	Provincias
Eólica	12	707	2.882	Buenos Aires, Chubut, Río Negro, Santa Cruz, Neuquén, La Rioja
Solar	4	400	918	Salta y Jujuy
Biogás	6	9	70	Santa Fe, San Luis y Córdoba
Biomasa	2	15	122	Corrientes y Misiones
PV/H	5	11	68	Río Negro y Mendoza
<b>Totales</b>	<b>29</b>	<b>1.142</b>	<b>4.060</b>	<b>14 Provincias</b>

Aquí vemos el total de potencia prevista para la primera etapa que debía finalizar su instalación a mediados del año 2018 y su distribución en potencias asignadas a cada tipo de energía y a cada provincia.

### Programa renovar – ronda 1.5 (2016)

FUENTE	Nº Proyectos	Nº Provincias	Potencia	Precio Medio
EÓLICA	10	8	765,4 MW	53,34 U\$S/MWh
SOLAR FV	20	5	516,1 MW	54,94 U\$S/MWh

**POTENCIA TOTAL ADJUDICADA  
RONDA 1 + RONDA 1.5  
TOTAL  $\cong$  2400 MW**

El éxito de la primera subasta, que superó ampliamente las expectativas respecto de los valores que los oferentes presentarían por el costo de la energía, hizo que el gobierno decidiera volver a convocar a subasta a aquellos proyectos que habían quedado fuera, utilizando como topes de valor aquellos logrados en la ronda 1. A esta ronda se le llamó ronda 1.5. Si estas dos rondas se hubieran cumplimentado con total normalidad a fines del 2018 tendríamos con seguridad el 8% ansiado por la ley 27191 de fomento de las energías renovables.

---

# CAPÍTULO N°2

## "ENERGÍA SOLAR TÉRMICA"

---

### TEMAS ABORDADOS

- Introducción
- Características de la radiación solar
- Energía solar térmica
- Tipos de colectores solares térmicos
- Emplazamiento de los captadores
- Calentadores auxiliares
- Circulación del fluido caloportador
- Dimensionamiento para consumo sanitario
- Climatización solar de piscinas
- Esquemas de instalaciones solares
- Imágenes de algunos sistemas instalados
- Recomendaciones de uso

### INTRODUCCIÓN: ENERGÍA SOLAR

El sol es la principal fuente de energía renovable, la más usada en el mundo, y a lo largo de la historia, ya que es fundamental para el desarrollo de las distintas formas de vida. Envía a la Tierra únicamente energía radiante, es decir, luz visible, radiación infrarroja y ultravioleta. Sin embargo, la radiación solar en la atmósfera se convierte en una variedad de efectos, algunos de los cuales tienen importancia como recursos energéticos, tal es el caso de la energía eólica, la energía de la biomasa, la diferencia de temperaturas oceánicas y la energía de las olas, etc. Todos los combustibles hidrocarburos como el carbón, el petróleo, y el gas natural originariamente fueron producto por la acción de la luz del sol sobre la materia orgánica.

Durante miles de años el sol fue utilizado como calefacción en los edificios y para secar las cosechas. Solo en los últimos dos siglos se realizaron estudios para mejorar el uso del sol como fuente de calor, a través de técnicas que permitieron concentrar la radiación solar y acumular o conservar el calor. Promediando la revolución industrial el desarrollo de tecnologías de aprovechamiento solar sufrió un estancamiento a causa del bajo costo de los combustibles fósiles.

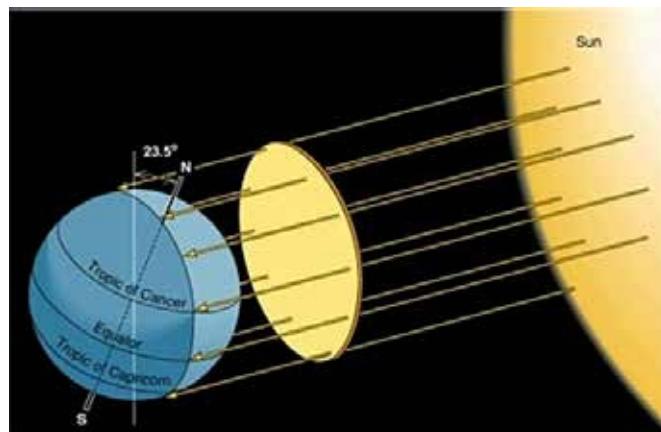
Pero a partir de 1970, con el estrepitoso aumento de los hidrocarburos, la búsqueda de otras alternativas energéticas dio un nuevo impulso a la investigación y la aplicación de la energía solar, ya de manera generalizada y sostenible. En la actualidad, la razón básica para usar energía solar es que es una fuente de energía renovable, ilimitada que promete la liberación de la dependencia de fuentes de energía no renovables.

La energía solar es limpia, segura y no contamina. Una vez que se instalan los sistemas básicos de captación y gestión de la energía, el sol es gratis; y puesto que la energía se introduce in situ, en el lugar donde va a ser usada, el transporte de combustibles y la distribución de energía no son necesarios.

## CARACTERISTICAS DE LA RADIACIÓN SOLAR

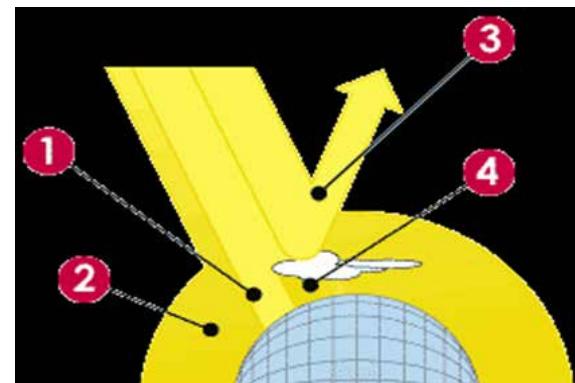
El sol es la estrella más cercana, se encuentra a  $150 \times 10^6$  Km (ciento cincuenta millones de kilómetros) y tiene una edad aproximada de  $4.500 \times 10^6$  años (cuatro mil quinientos millones de años). Su composición química se basa en helio, 7,8 %; hidrógeno, 92,1 %; y otros gases menores. El núcleo es aproximadamente la 1/16 del volumen y la mitad de la masa. Con 250 Atm de presión gravitatoria se alcanzan temperaturas de  $15 \times 10^6$  °C y 6000 °C en la fotósfera. El diámetro medio es cercano a  $1,4 \times 10^6$  Km, 109 veces mayor que la tierra (12.700 Km).

La potencia solar media en la fotósfera es de 63.000 kW/m<sup>2</sup>. Al llegar a la tierra, el flujo solar radiactivo se conoce como constante solar y tiene una potencia a tope de atmósfera, 1367 W/



m<sup>2</sup>. Los fenómenos atmosféricos de dispersión, absorción y reflexión al espacio exterior reducen la cantidad de energía que llega a la superficie terrestre a la mitad. Aproximadamente el 51% llega a la superficie terrestre (directa 25% + difusa 26%); 19% se absorbe en la atmósfera; y el 30% se refleja hacia el espacio. La potencia en la superficie terrestre en día soleado puede alcanzar los 1000 W/m<sup>2</sup>.

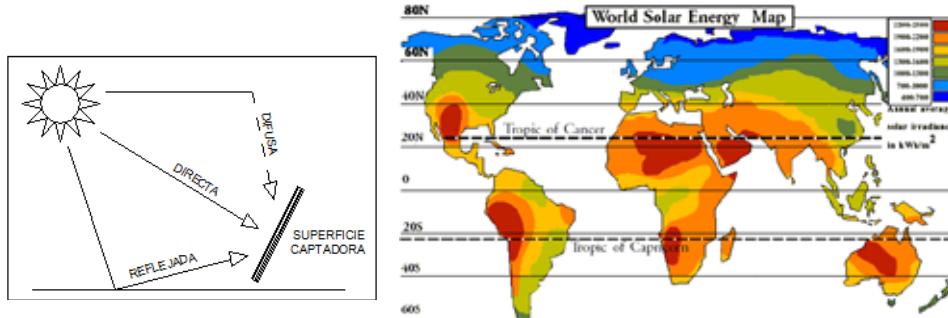
La distribución de la energía que envía el sol no es pareja sobre la superficie de la tierra. Esto se debe a distintos factores, como su incidencia sobre distintas superficies (los continentes o masa de agua), la declinación (inclinación de la tierra sobre su eje de rotación con respecto al plano de traslación) y la rotación alrededor del sol (traslación) en una órbita elíptica.



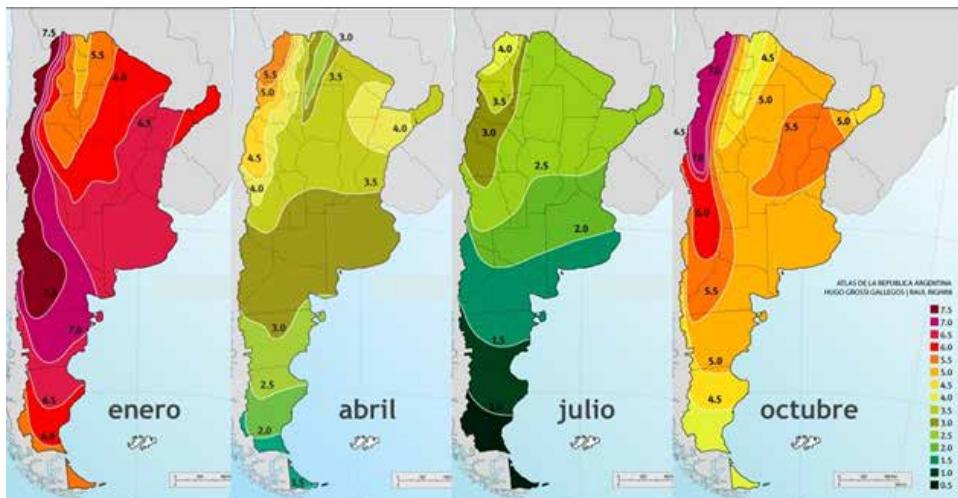
La radiación que viaja a través del espacio a la velocidad de la luz, en partículas carentes de masa llamadas fotones y llega a la tierra en forma de ondas electromagnéticas. El impacto de la radiación solar en la superficie terrestre a lo largo de miles de años creó distintas fuentes de energía (biomasa, hidráulica, mareomotriz, undimotriz, hidrocarburos, etc.). Como así también, la energía solar en su forma térmica (pasiva y activa) y fotovoltaica, que se genera a partir de la captación de la luz que llega casi instantáneamente del sol. La energía eólica es el reacomodamiento de las masas de aire a distintas temperaturas. Esto se ve influenciado por el efecto coriolis, la rotación planetaria.

La intensidad de la radiación solar que llega a la superficie de la Tierra se reduce por varios factores variables, entre ellos, la absorción de la radiación, en intervalos de longitud de onda específicos, por los gases de la atmósfera, dióxido de carbono, ozono, etc., por el vapor de agua, por la difusión atmosférica por las partículas de polvo, moléculas y gotitas de agua, por reflexión de las nubes y por la inclinación del plano que recibe la radiación respecto de la posición normal de la radiación.

Aproximadamente el 45% es luz visible por el ojo humano (colores). El resto, invisible, es un 45% radiación infrarroja y 10% de radiación ultravioleta. Es importante tener conocimiento de que la intensidad de radiación que llega a la superficie del planeta depende, entre otros factores de los ciclos diarios y anuales y de las condiciones climáticas de cada lugar.



En Argentina, la distribución de la luz solar y su intensidad es muy variable. Esto depende de múltiples factores que redundan en un mapa heterogéneo.



La energía solar, como recurso energético terrestre, está constituida simplemente por la porción de la luz que emite el Sol y que es interceptada por la Tierra. Se la puede utilizar de manera práctica para reemplazar otras fuentes de calor que son más contaminantes del medioambiente.

### **Por su forma de aprovechamiento se la puede clasificar en:**

**Directa:** Una de las aplicaciones de la energía solar es directamente como luz solar, por ejemplo, para la iluminación de recintos. En este sentido, cualquier ventana es un colector solar. Otra aplicación directa, muy común, es el secado de ropa y algunos productos en procesos de producción con tecnología simple.

**Química:** Su utilización se da en el campo de la fotografía (en la naturaleza, en el proceso de fotosíntesis).

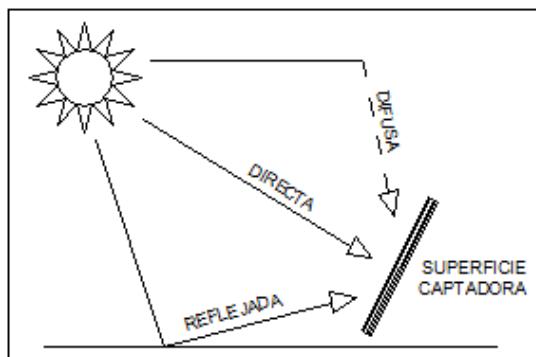
**Fotovoltaica:** Se llama "fotovoltaica" la energía solar aprovechada por medio de celdas fotovoltaicas, capaces de convertir la luz en un potencial eléctrico, sin pasar por un efecto térmico.

**Térmica:** Se denomina “térmica” la energía solar cuyo aprovechamiento se logra por medio del calentamiento de algún medio. Esta aplicación permite realizar instalaciones de confort (calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria), secado, potabilización de agua, destilación, cocción de alimentos, etc.

En todos los casos, la eficiencia de la conversión energética de un sistema solar es la fracción de energía total de los fotones que es capturada.

## ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

Para facilitar la comprensión de estos sistemas nos referiremos solamente a los sistemas solares térmicos de baja temperatura, los que comúnmente se utilizan en edificios para provisión de agua caliente sanitaria, calefacción y climatización de piscinas.



Son los más económicos, debido a su sencillez constructiva. Difícilmente el fluido caloportador, generalmente agua, supera los 120°C durante la operación. La energía solar incidente, en la mayoría de los casos, tiene que atravesar una o varias capas de vidrio o algún otro material transparente adecuado, antes de alcanzar una placa de absorción negra que es el elemento más importante del colector solar, al cual está unido el tubo o ducto. En esta placa, es donde la energía radiante es convertida en calor, que posteriormente es transferido por conducción hacia el fluido de trabajo. La captación de energía de los fotones se produce por una serie de efectos físicos, en función a los materiales y características de las superficies utilizadas.

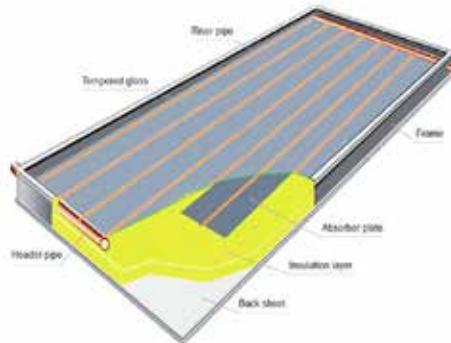
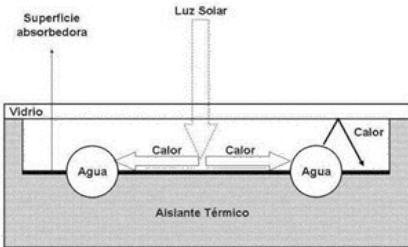
**Absorción de los materiales:** Cuando la luz solar llega a una superficie, parte es absorbida, parte es reflejada y otra parte puede ser transmitida. Esto depende del material, textura y color que se utilice. Los vidrios transmiten parte de esa energía, el resto no la refleja ni la absorbe, atraviesan su superficie. Si bien a grandes rasgos los materiales que absorben mucho, emiten mucho, se han desarrollado algunos de baja emisividad.

**Efecto invernadero:** El vidrio se comporta como transparente a la radiación visible y a las infrarrojas, pero no a la radiación electromagnética de onda larga, similar a la que emiten los materiales cuando se calientan. En otra escala, esto también ocurre con la tierra, que la acumulación de CO<sub>2</sub> y vapor de agua en la atmósfera, produce el mismo efecto que el vidrio del colector.

## TIPOS DE COLECTORES SOLARES TÉRMICOS

**Colectores solares planos:** Un colector solar plano es una especie de caja intercambiadora de energía, que transforma la energía radiante en otra forma de energía compatible con la demanda. En este tipo de colectores esta conversión se denomina fototérmica. Los colectores solares planos son muy comunes. Estos pueden ser diseñados y utilizados en aplicaciones donde se requiere que la energía sea liberada a bajas temperaturas (menos de 120°C). La transferencia de energía se hace desde una fuente radiante (sol), hacia un fluido (agua o aire generalmente) que circula por los tubos o ductos del colector. El flujo de energía radiante que finalmente intercepta el colector, proviene básicamente del rango visible del espectro solar. Algunas ventajas que podemos obtener de este tipo de colectores con respecto a los colectores de enfoque, que concentran la radiación solar, es que éstos utilizan la energía solar directa y difusa, no requieren movimiento continuo para dar seguimiento al sol, prácticamente no necesitan mantenimiento y son mecánicamente de construcción más simple que los colectores concentradores. Las principales aplicaciones de estos dispositivos son en el campo del calentamiento de agua a nivel doméstico y la climatización de edificios.

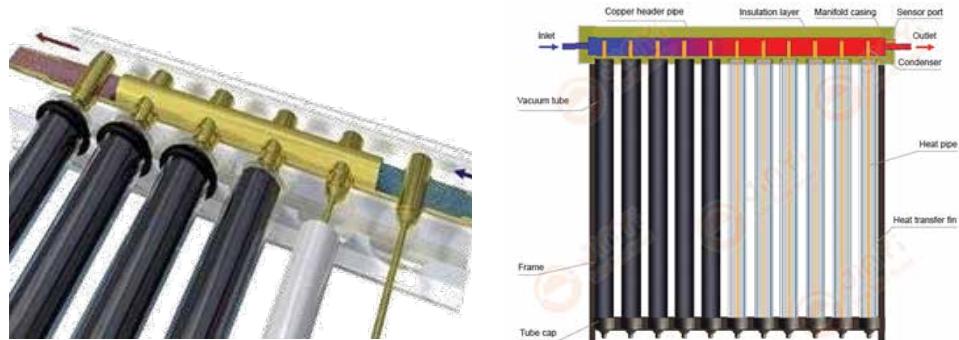




**Colectores de tubos evacuados:** Son tubos de vidrio de borosilicato concéntricos, con vacío entre ellos. La superficie absorbadora se encuentra en la cara 3, contando de afuera hacia adentro. La captación es más pareja a lo largo del día y con mayor rendimiento en los meses fríos, comparado con los colectores planos, debido a que las pérdidas son bastante menores.



La tecnología heat pipe permite resolver varios de los puntos débiles de esta tecnología y simplificando proyectos y montajes

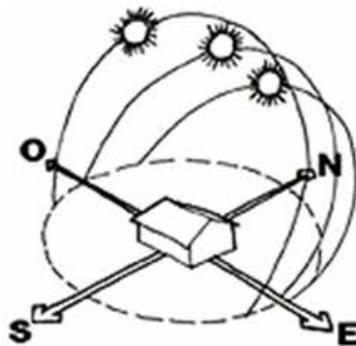


## EMPLAZAMIENTO DE LOS CAPTADORES

Todos los métodos utilizados para el aprovechamiento de la radiación solar, debido a su baja eficiencia, demandan la máxima cantidad de horas disponibles de exposición al sol. Es muy importante realizar un minucioso estudio de sombras para asegurar un muy buen asoleamiento a lo largo de todo el año.

**Orientación:** La orientación óptima para un captador solar es el Norte. En caso de no poder aprovechar esta orientación, el rendimiento del sistema empieza a caer abruptamente a medida que nos alejamos de ella.

**Pendiente:** Se puede optar por distintas pendientes en función de la aplicación que tendrá el calor generado. Cuadro de pendientes según necesidades:



Captación durante el período Octubre-Abril = Latitud – 20°

Captación constante durante todo el año = Latitud + 10°

## CALENTADORES AUXILIARES

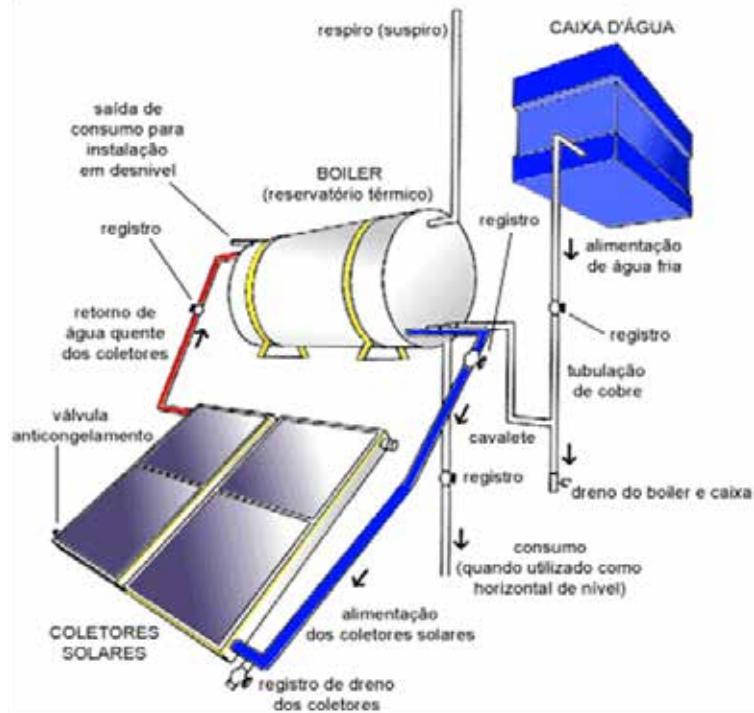
Son elementos que proveen la energía necesaria para un fin determinado cuando el recurso solar no está disponible, o en épocas en que la demanda de energía es máxima. Generalmente, los sistemas de calefacción solares no se los dimensiona de acuerdo al mes crítico, sino en función de un equilibrio entre demanda mes por mes, superficie disponible, costo de la instalación, calor residual en verano, otros. Los elementos más comunes son los termotanques, calderas, cocinas económicas, resistencias eléctricas, etc.

El combustible que utilizan estos calentadores auxiliares debe estar relacionado con la mejor oferta en la zona. Estos pueden ser gas natural, gas envasado, electricidad de red o de generador a explosión, leña o carbón, combustibles líquidos derivados de hidrocarburos, etc.

Es importante tener conciencia de los recursos energéticos disponibles en la zona y reducir el uso de combustibles convencionales a la mínima expresión. Tanto en la cantidad como en la diversidad. Esto merece un estudio preciso para optimizar el diseño, abastecimiento de energía y el funcionamiento del edificio.

## CIRCULACIÓN DEL FLUIDO CALOPORTADOR

El fluido caloportador que transfiere energía térmica entre los colectores y el tanque de acumulación puede desplazarse dentro del circuito de calentamiento, de dos maneras, por circulación natural o forzada. Ambas formas son muy utilizadas actualmente aunque tienen distintas características que condicionan la elección del sistema a adoptar. Las ventajas y desventajas son:



## **Termocirculación o circulación natural**

### **Ventajas y características:**

- Sistemas sencillos (uso doméstico o rural)
- Economía de instalación
- No hay piezas en movimiento
- No necesitan energía adicional para su funcionamiento
- Mínimo mantenimiento

### **Desventajas:**

- Lenta puesta en régimen
- Pueden generar problemas de integración con el edificio
- Condicionamientos en el montaje
- Rigurosas pendientes en las cañerías o tubos
- Diámetros relativamente grandes

## **Circulación por bomba o forzada**

### **Ventajas y características:**

- Sistemas más complejos
- Rápida puesta en funcionamiento
- Mayor flexibilidad de montaje
- Diámetros más pequeños
- Facilitan la integración arquitectónica
- Los caños o tuberías no necesitan pendientes especiales

### **Desventajas:**

- Se necesita energía eléctrica para su funcionamiento
- Mayor costo de inversión (Bomba, controlador y sensores)
- Mayor costo de mantenimiento (Piezas en movimiento)

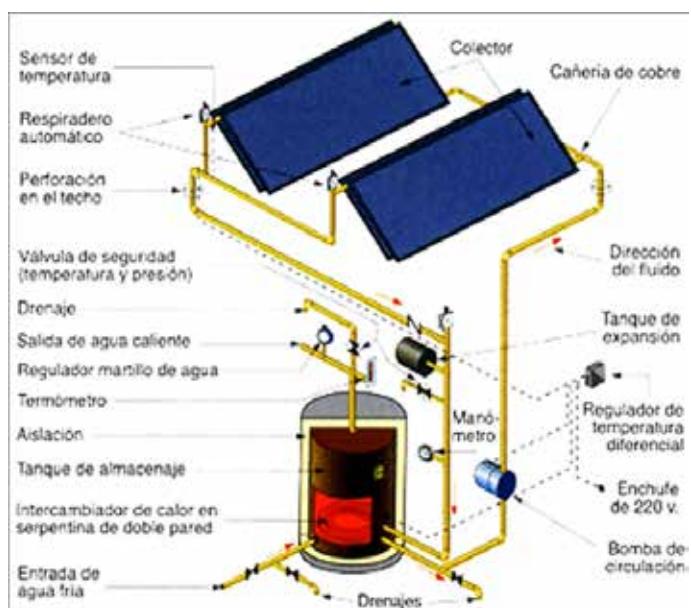
### **Sistemas abiertos**

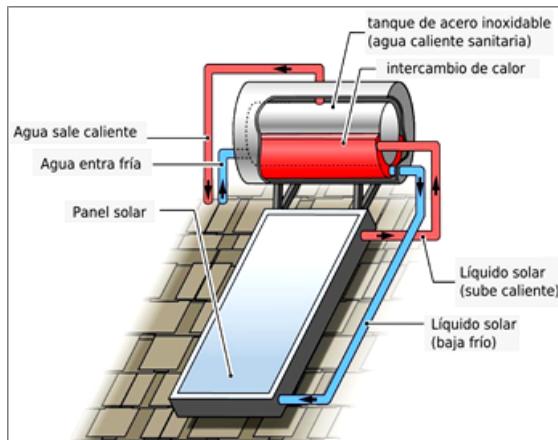
- Sus características principales son:
- Menor complejidad constructiva
- No existe transferencia de calor entre fluidos
- El agua que pasa por los colectores es la de consumo
- Tienen la mayor eficiencia

- Pueden manejar la presión del tanque de reserva
- Pueden tener roturas por congelamiento (Soluciones: vaciar los colectores en épocas de heladas, armado de circuito cerrado con líquido caloportador de menor temperatura de solidificación que el agua, utilización de colectores solares planos de placa)
- Pueden tener corrosión por aguas duras (Soluciones: Utilización de materiales apropiados, armado de circuito cerrado, etc.)

### Sistemas cerrados

- Ante los problemas que pueden surgir en la mayoría de las instalaciones rurales generalmente se opta por los sistemas cerrados. De instalar un sistema abierto, es necesario un estudio de las características del agua a utilizar y del riesgo de congelamiento. Es posible el armado de instalaciones colectivas, para abastecer de agua caliente distintos departamentos de un mismo edificio.





**En los sistemas cerrados se reconocen los siguientes elementos:**

1. Colectores solares planos o de tubos evacuados
2. Tanque de acumulación de agua caliente solar
3. Auxiliar de calor de apoyo
4. Estación de bombeo, válvulas y vaso de expansión
5. Griferías o puntos de consumo



Los sistemas cerrados son más integrables a la arquitectura ya que no condicionan fuertemente la imagen como los sistemas termosifónicos que exigen que el tanque de acumulación esté arriba de los colectores solares.

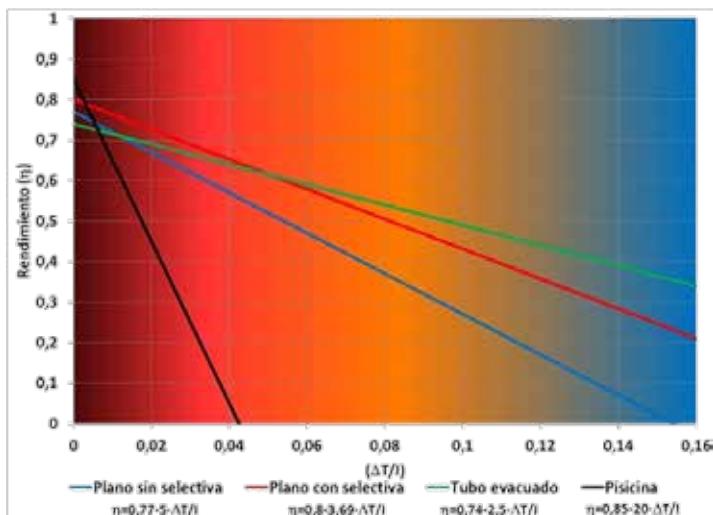
## DIMENSIONAMIENTO PARA CONSUMO SANITARIO

Se estima que para la Ciudad de Buenos Aires una persona adulta consume aproximadamente entre 50 y 80Lts. de agua caliente por día. En función de la temperatura mínima deseada (alrededor de 45°C) el área de captación deberá ser de aproximadamente 1m<sup>2</sup>.

### Rendimiento mes por mes

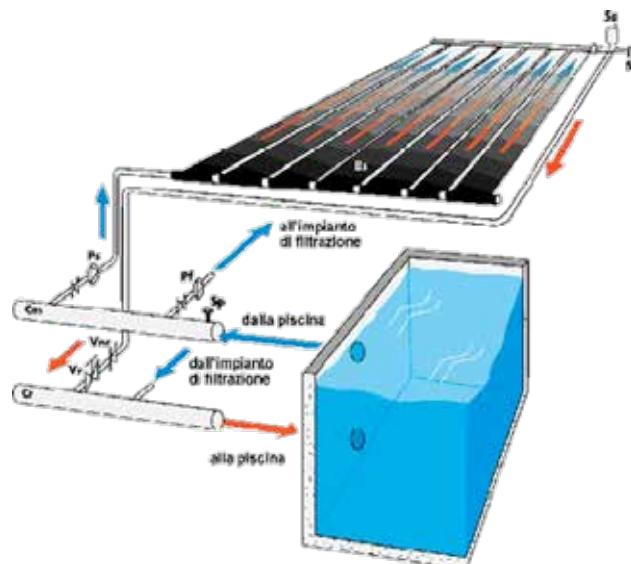
Para conocer la eficiencia de un sistema a lo largo de un año tipo, es necesario tener los resultados de los ensayos de los colectores a utilizar en condiciones normalizadas. La estimación del rendimiento de un sistema solar de calentamiento de agua por colectores planos se puede realizar a través del cálculo F- Chart, muy divulgado en todo el mundo

Según las características de los colectores la curva de rendimiento varía entre ellos, lo que permite elegir el más apto según clima y aplicación a la que estará sometido.

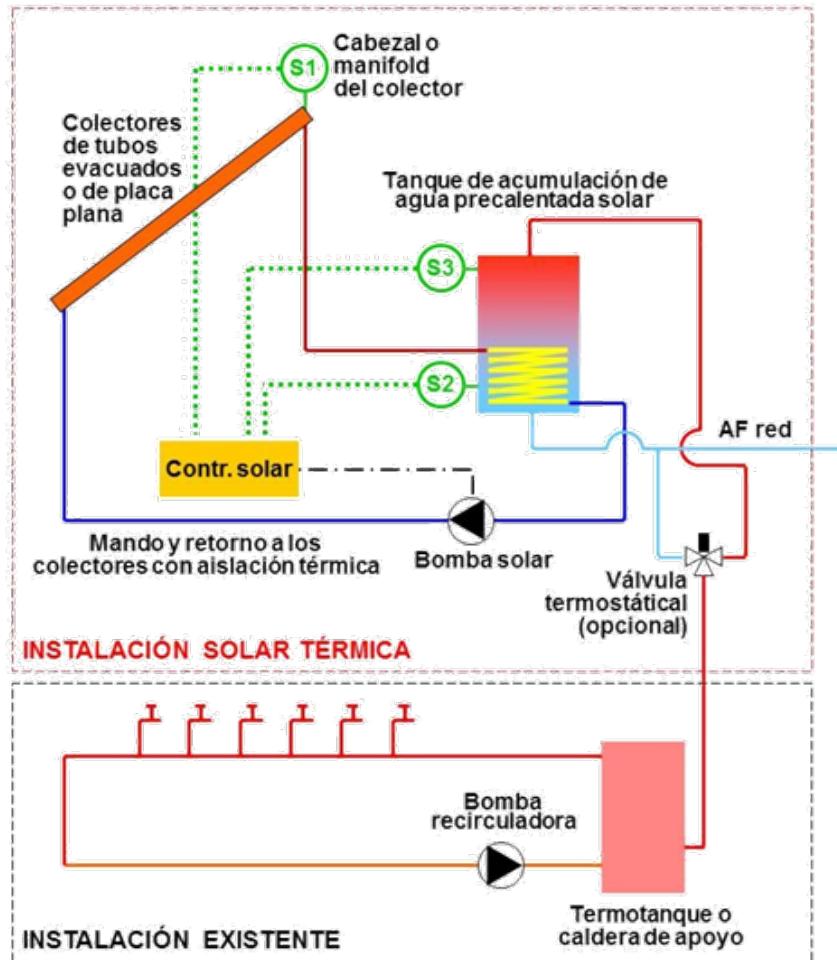


## CLIMATIZACION SOLAR DE PISCINAS

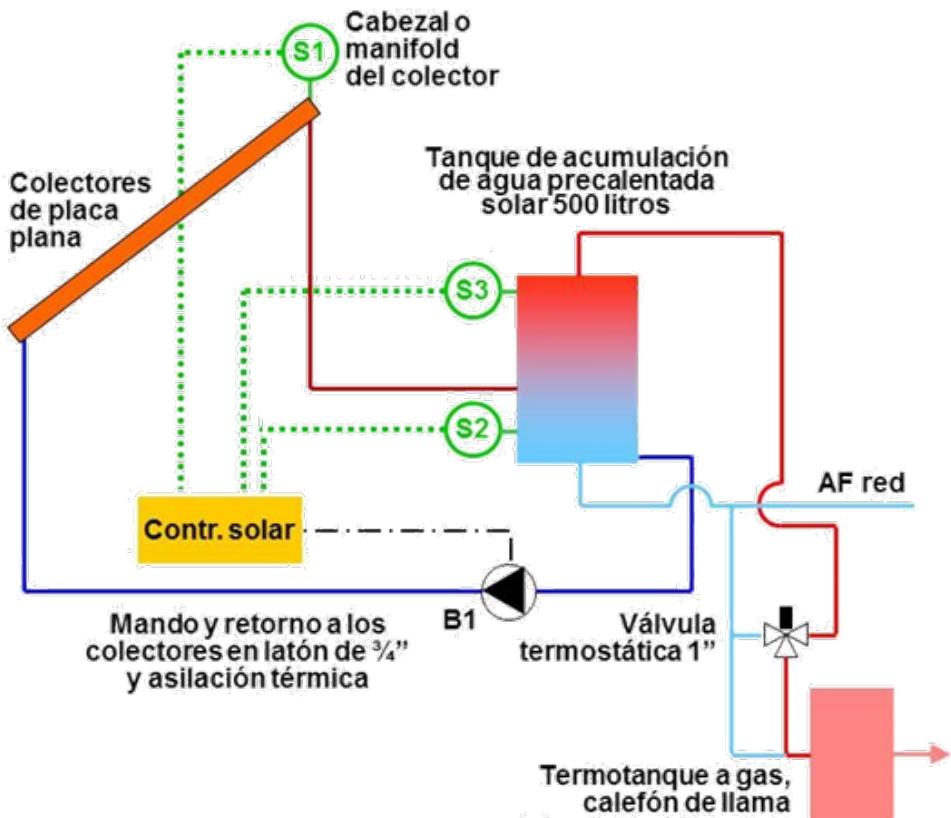
Otra aplicación de los colectores solares planos de agua es el calentamiento de agua para natacatorios. Para este fin se comenzaron a utilizar en los últimos años colectores solares sin vidrio. Son más económicos que los tradicionales y tienen mayor eficiencia inmediata, aunque solo en los meses de verano.



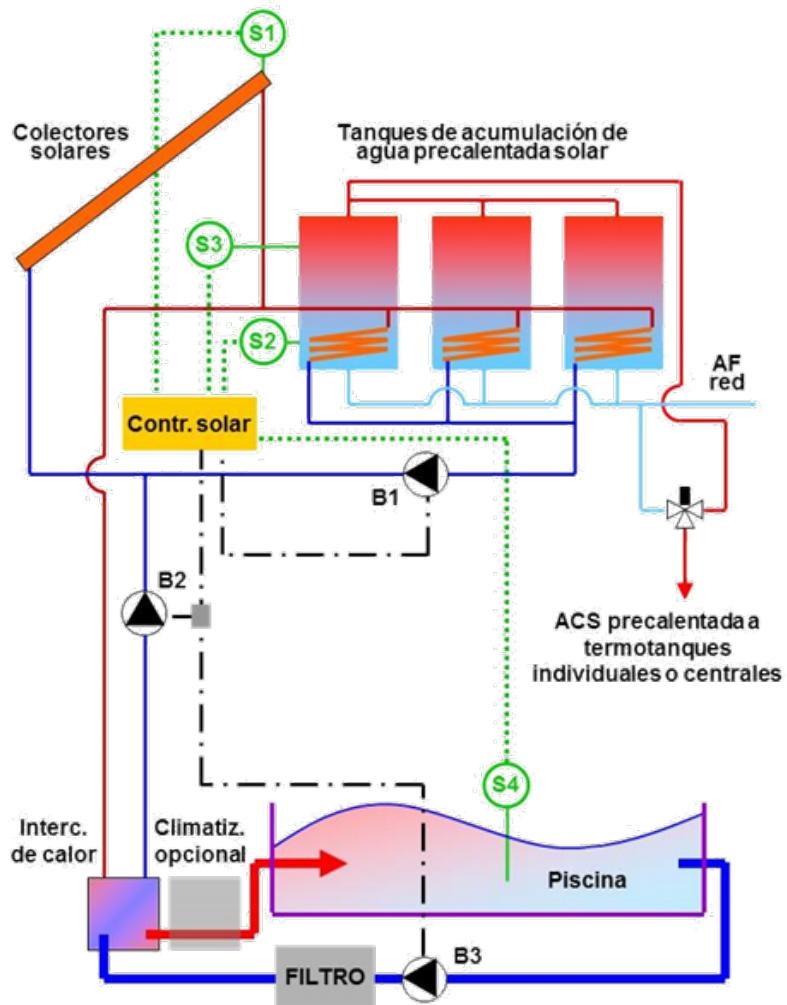
## ESQUEMAS DE INSTALACIONES SOLARES



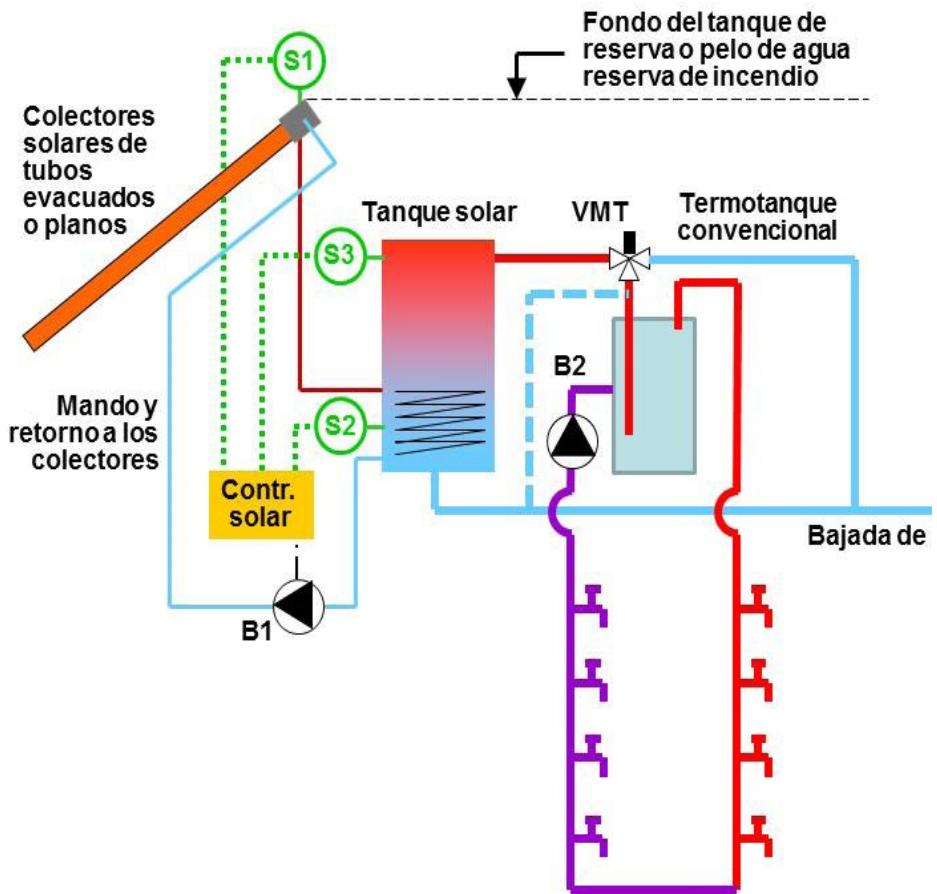
La imagen de arriba muestra una opción de sistema split para edificios existentes



En la imagen se ve una instalación de circuito abierto (también podría ser cerrado) con calefón de llama modulante o caldera dual.

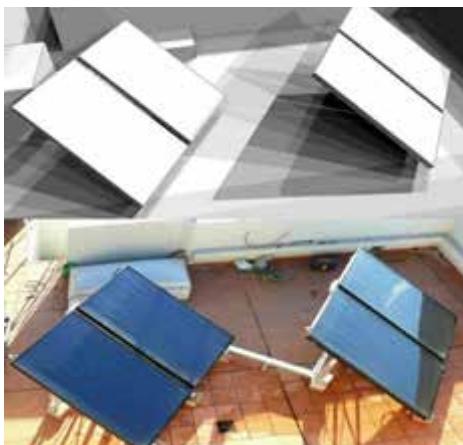


La imagen muestra una opción de sistema split para agua caliente sanitaria y climatización de piscina.



En la imagen se ve una instalación para un edificio en altura con calentador convencional. Cabe aclarar que las opciones con termotanques a gas no son las más eficientes.

## IMÁGENES DE ALGUNOS SISTEMAS INSTALADOS





## RECOMENDACIONES DE USO

- viviendas de uso permanente (casa y edificios)
- grandes consumidores de agua caliente (clubes, vestuarios y comedores de empresas)
- la climatización de piscinas en verano
- calefacción en construcciones térmicamente muy eficientes
- elegir el colector solar o el sistema adecuado según aplicación y clima
- lo barato sale caro
- no intentar alcanzar fracciones solares o ahorros por encima del 70%
- buscar proveedores con larga permanencia en el mercado
- solar térmica sobre cubiertas planas y con inclinación entre 30 y 60°
- orientación norte, +/- 30°
- captadores integrados a fachadas solamente en latitudes altas (>40°)

---

# CAPÍTULO N°3

## "INTEGRACION A EDIFICIOS"

---

### Generación de energía y elemento de construcción

En la imagen vemos una serie de propiedades y ventajas de lo que generalmente se entiende por integración arquitectónica. Respecto al reemplazo de los componentes de la construcción por módulos fotovoltaicos vs. La situación más habitual en nuestras latitudes que es la superposición de los paneles sobre las superficies de construcción, es necesario agregar que mucha de la literatura habitual considera a esta situación como si se tratara de un estamento inferior al de la integración (denominando a esta forma "Incorporación arquitectónica"). En el caso de las cubiertas sin embargo, la incorporación de los paneles sobre la superficie de la cubierta genera una superficie de sombra -generalmente muy ventilada, debido a las características constructivas de los sistemas de montaje de paneles- Esta verdadera sombrilla suele generar beneficios importantes en la climatización de la cubierta y reduce en forma importante la necesidad de acondicionar los interiores en verano, lo cual muchas veces significa un ahorro energético similar o a veces superior a la energía generada por los paneles fotovoltaicos.

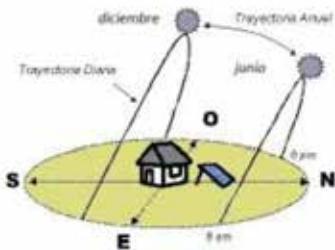
#### Tipología

- **Sobre cubiertas de edificios**
  - Inclinadas
  - Planas
- **Sobre fachadas o paramentos verticales**
  - Parasoles, lamas
  - Paños ciegos, fachadas ventiladas
  - Acristalamientos, muros cortina
- **Varios**
  - Pérgolas y Aparcamientos
  - Mobiliario Urbano
  - Solados



Los textos habituales también plantean una noción de tipología de la integración arquitectónica de concepción configurativa. Se clasifican las diversas formas de integración de acuerdo a las superficies edilicias que van a recibir los paneles fotovoltaicos. Cubiertas (ya sea planas o inclinadas) fachadas o paramentos verticales y otras superficies varias dentro del entorno urbano como solados, mobiliarios urbanos diversos, pérgolas y refugios para transporte colectivo o para estacionamientos semicubiertos y hasta barreras de sonido en autopistas y ferrocarriles.

### Trayectoria solar para principiantes



Ahora repasemos algunas consideraciones muy básicas que debemos tener en cuenta los arquitectos a la hora de realizar nuestras instalaciones integradas a los edificios. En principio habrá que tener en cuenta con un sencillo esquema sobre geometría solar. Repasando estos esquemas podemos ver que las trayectorias que describe el sol sobre el hemisferio sur en el solsticio invernal como en el solsticio estival son paralelas y por otro lado que estas distintas trayectorias paralelas producen a su vez que el amanecer se desplace desde el sur este hacia el noreste, lo mismo que el atardecer desde el suroeste hacia el noreste a medida que su trayectoria alcanza el solsticio de invierno. Por supuesto a partir de este sencillo esquema podemos deducir que en nuestro hemisferio los módulos fijos deben ubicarse orientados hacia el Norte para recibir la mayor cantidad de radiación, y que será mayor la producción eléctrica si los módulos o nuestro plano fotovoltaico se encuentra ubicado perpendicular a la dirección de los rayos del sol en horas del mediodía.



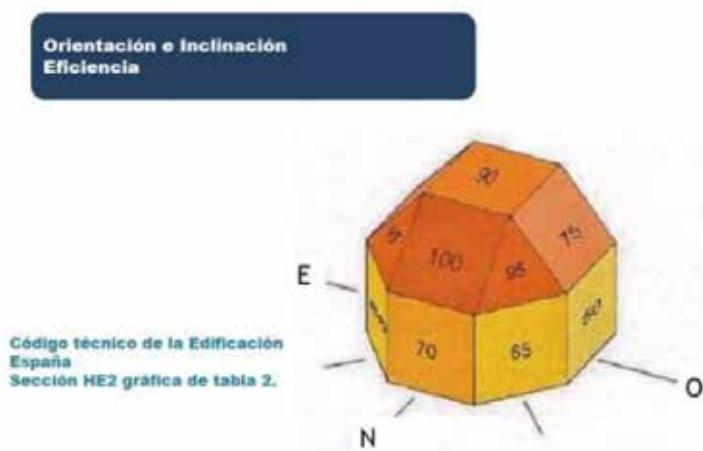
Para determinar el ángulo ideal de captación o de inclinación de nuestro plano fotovoltaico existen complejos algoritmos y software avanzado de simulación energética que nos podrán brindar un ángulo justo y preciso de acuerdo a la latitud y tipo de uso que daremos a nuestra instalación eléctrica. Sin embargo existe una regla sencilla y rápida que nos brindará suficiente precisión como para inclinar correctamente los paneles sin temor con precisión más que aceptable sin que sea necesario realizar complejas operaciones matemáticas. Para instalaciones autónomas habituales (se trata de instalaciones dotadas de baterías y generalmente aisladas de la red eléctrica de distribución) como por ejemplo Instalaciones para dotar de energía básica a viviendas rurales debemos inclinar nuestros paneles 10 o 20 grados más que los grados de latitud donde se encuentra la instalación. De esta manera estamos asegurándonos que durante los días más cortos y oscuros del año el plano fotovoltaico se ubicará perpendicular al rayo del sol del mediodía, aprovechando al máximo la escasa energía... Si nuestro sistema es capaz de generar energía suficiente para esta situación extrema del solsticio de invierno, entonces dispondrá de energía suficiente para el resto del año, en donde la radiación es mayor.

Para equipos autónomos en los cuales se requiera un máximo rendimiento en los días de verano (es el caso de los bombeos de agua agropecuarios, ya sea para riego o para bebida del ganado) entonces debemos prever que los días de mayor radiación solar – que coincidirán con los más calurosos y los de mayor evaporación- nuestro equipo obtenga la cantidad de agua suficiente, por lo cual debemos orientar nuestros módulos para que se dispongan perpendiculares a los

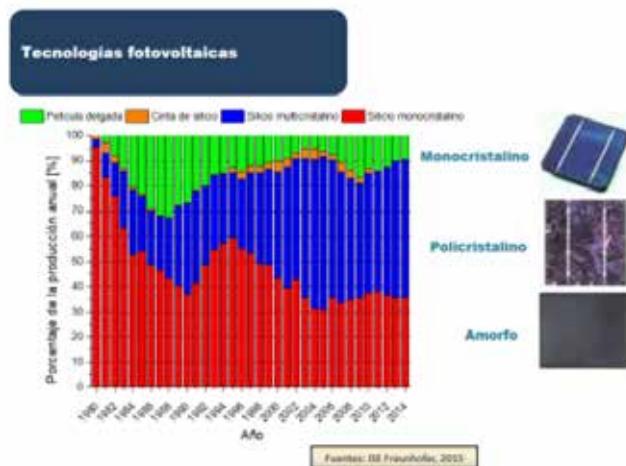
rayos del mediodía del verano (situación de máximos requerimientos de agua) para eso orientaremos nuestros módulos a un ángulo que será igual a la latitud.

Finalmente cuando tratamos de instalaciones de conexión a la red – o de generación distribuida sabemos que el equipo no precisa trabajar en forma autónoma ya que cuenta con el respaldo de la red, y nuestro objetivo es que obtenga la mayor cantidad de energía posible a lo largo de todo el año. Para esto bastará que ubiquemos nuestro plano fotovoltaico en un ángulo similar a la latitud menos 10 grados.

Estas sencillas reglas pueden no resultar muy certeras para latitudes cercanas al 0 (latitud del Ecuador) así como tampoco para latitudes muy australes pero resulta suficientemente ajustada para casi la totalidad de nuestro territorio nacional. Por último debemos entender que es siempre más sencillo contar con ángulos que resulten habituales o sencillos para la producción de las estructuras de soporte... muchas veces resulta dificultoso y hasta encarece las estructuras realizar los ángulos de acuerdo a los resultados (por ejemplo 26,5 °) de los complejos algoritmos o incluso los propuestos por esta misma sencilla regla mnemotécnica.



Otro esquema sencillo y tranquilizador para los proyectistas de arquitectura es este que muestra la imagen (aquí se muestra un esquema de la envolvente arquitectónica y sus posibles diferentes planos y orientaciones, obtenido del código técnico de la edificación de España. Muchos países Europeos han publicado esquemas similares en sus reglamentaciones solares. Se puede observar en el esquema las pérdidas en eficiencia energética producidas por alteraciones en las orientaciones y en las inclinaciones posibles. Como puede verse y debido a que lo importante es la integral anual de la generación energética diaria, las diferencias entre una instalación ubicada en un ángulo ideal de captación, que se marca en el esquema con el 100% (por ejemplo para la ciudad de Buenos Aires unos  $26^{\circ}$ ) y la ubicación de los paneles totalmente horizontales tan solo hay una caída del 10% de pérdida anual de la energía. Casos similares notamos para instalaciones con orientaciones importantes hacia el oeste o hacia el este.



Respecto de las tecnologías habituales disponibles para la integración arquitectónica, podemos referirnos a este esquema de producción anual de acuerdo a los diferentes tipos de tecnologías. La franja verde superior, que corresponde a la denominada película delgada, prácticamente no se utiliza en la industria de la construcción. Se trata de celdas fotovoltaicas generalmente de gran eficiencia que suelen utilizarse ya sea complementadas con lentes concentradoras y dispositivos de seguimiento de doble eje o ya sea para la electricidad en navegación espacial. Su uso dentro de la industria de la edificación es de carácter experimental.

La franja naranja, que hacia el año 2014 y posteriores prácticamente ha desaparecido de la producción internacional, corresponde a la cinta de silicio o silicio amorfo. Lamentablemente se trata de una tecnología que prometía mayor oferta de materiales y superficies diversas sobre los cuales se aplica una delgada capa de silicio (superficies enrollables, placas, cristales, chapas conformadas etc...). Hoy ha desaparecido prácticamente del mercado por varias causas, una de ellas es la proliferación masiva y la consiguiente reducción importante de costos del silicio cristalino (siempre de mayor eficiencia pero antiguamente mucho más caro que el amorfo) por otro lado el silicio amorfo no ha logrado mejorar su garantía de producción energética, ya que el mismo se degrada aceleradamente en los primeros años de vida, mientras que los fabricantes de silicio cristalino garantizan sus módulos con un 80% de su producción luego de los 30 años de vida.

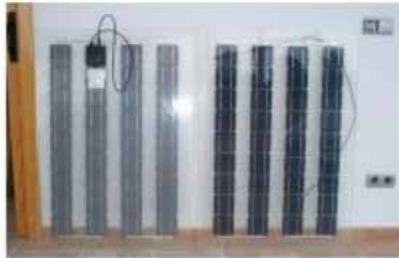
### Paneles solares: módulos fotovoltaicos/ captadores térmicos

Potencias estándar: 150 a 300 W.p

Relación potencia tamaño peso

Módulos especiales para BIPV

- Módulos sin marco
- Tedlar opaco o transparente u opalino.
- Separación extra entre ristras y filas de células
- Módulos cerámicos.
- Módulos cristal - cristal
- Módulos tejas



Cuestiones tecnológicas que debemos conocer los arquitectos a la hora de diseñar una instalación fotovoltaica: variedades, potencias habituales y tamaños habituales de paneles fotovoltaicos utilizados para integración arquitectónica.

Por cuestiones eléctricas y de conexionado, los paneles más habituales para conexión a red tienen potencias mayores a 150 Wp (Watts pico) aunque hoy día los más habituales en el mercado tienen potencias entre 250 y 350 Wp e intensidades superiores a los 24 Voltios. Es bueno contar con una tabla que nos especifique potencias, pesos y dimensiones de todos los modelos como las que proporcionan los fabricantes. Para tener aquí una primera aproximación plantearemos que un panel de 72 celdas tiene una dimensión de 2 x 1 m<sup>2</sup>, su peso ronda los 27 kg y su potencia más habitual es de 300Wp. Esto nos da un promedio para el silicio policristalino de unos 150Wp y 15 Kg de peso por cada m<sup>2</sup> de cubierta, sin contar ninguna estructura de soporte. Si consideramos por otra parte que nuestras cubiertas planas habituales tienen una sobrecarga útil de servicio de 400kg/m<sup>2</sup> y superiores a los 100 kg/m<sup>2</sup> para una cubierta inclinada nos daremos cuenta de lo liviana que resulta una instalación fotovoltaica, aún para ser ubicada sobre cubiertas metálicas de estructuras mínimas.

Además de estos datos básicos debemos conocer que existen en el mercado distintos tipos de módulos fotovoltaicos especialmente diseñados para la integración en la arquitectura. Paneles sin marco, que permiten adaptarlos a carpinterías metálicas verticales o inclinadas. Otros paneles dotados de marcos especiales que encastan unos con otros mediante perfiles tipo peines opuestos, conformando una superficie fotovoltaica que provee una estanqueidad similar a la de un tejado. Paneles encapsulados entre dos cristales (en países europeos solo este tipo de paneles está considerado apto para utilizar como componente constructivo en la construcción). Existen distintas posibilidades de agrupar las celdas en listras o dameros para generar distintos patrones geométricos en los módulos y permitir transparencias o superficies translúcidas. Existen paneles montados sobre placas cerámicas del tipo porcelánicas, ideales para construir muros ventilados o revestir diferentes tipos de paramentos verticales y otros paneles diseñados especialmente para ser utilizados como solados o conformados como tejas.

Respecto de los paneles o captadores térmicos no existen tantas posibilidades o tecnologías disponibles, por lo cual su integración en la obra o en el proyecto se hace más difícil, sin embargo los conceptos planteados respecto de la sombra que pueden generar sobre la superficie de cubiertas y otros paramentos. En ese sentido los paneles o captadores llamados de placa plana constituirán junto con los colectores para el calentamiento de piscinas (generalmente se trata de superficies constituidas por tubulares de EPDM) superficies

totalmente opacas que pueden reducir la superficie expuesta al sol. La constitución de una cámara ventilada entre la cubierta y el panel seguramente será necesaria, aunque debido a pesos o constitución de los paneles captadores planos puede ser más difícil de materializar. Seguramente los colectores solares de tubos evacuados, debido a la dificultad de su instalación y también por su fragilidad son de difícil integración, máxime cuando vienen

con el tanque de acumulación superior incorporado en el conjunto.



#### Atención al armado de ramas del circuito y al plano de captación

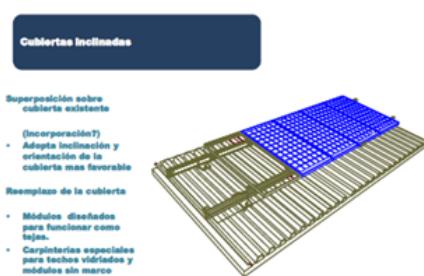
Centro de Interpretación de la  
Tecnología, Museo del sol  
Parque Tecnológico Zamudio  
Vizcaya  
67 kWp  
ACTIX / IDOM



Otras cuestiones técnicas que deben tenerse en cuenta en el momento de diseñar una instalación están relacionadas con la cantidad de paneles y con el armado de cadenas, arreglos o “arrays” que componen el campo fotovoltaico. Salvo excepciones, las cadenas deben ser conectadas en serie y deben contar con la misma cantidad de paneles de idéntica potencia y características técnicas. La combinación de módulos de diferentes tamaños o potencias obligará a cableados complejos o a la necesidad de constituir dos o varias instalaciones diferentes (cada una dotada de sus circuitos e inversor de corriente).

Por otra parte es menester decir aquí que los paneles no se cortan ni se pueden fabricar en formas especiales (salvo escasas excepciones que son muy onerosas) lo mismo pasa con las celdas. Al cortarlas en distintas medidas no pueden asociarse en circuitos con otras de mayor tamaño (y potencia). Muchas de las instalaciones que vemos de integración se trata de dummie panels. (Paneles reales cortados sin conectar, o serigrafías sobre cristales, o módulos ya inutilizables o deteriorados).

Finalmente en la imagen podemos ver con atención que el plano de captación conformado por paneles tiene múltiples posibilidades de disposición de los mismos conservando los ángulos de orientación e inclinación de diseño. Además de las posiciones habituales “Portrait” o “Landscape” existen múltiples posibles del módulo conservando estos ángulos mencionados.



En la figura vemos una perspectiva desglosada de una instalación fotovoltaica dispuesta sobre una cubierta metálica. Aquí se pueden ver los perfiles de fijación (generalmente en acero galvanizado o aluminio, y piezas de fijación de los paneles y de vinculación entre los perfiles y la cubierta. Como vemos en este caso no se ha reemplazado la cubierta por una cubierta constituida por paneles. A este tipo de integración se la llama en

algunos textos “incorporación arquitectónica” y se la considera como un estamento menor de la integración. Sin embargo muchas veces los beneficios de generar una cámara ventilada y oscura que funciona como una verdadera sombrilla son importantes, sobre todo para disminuir la necesidad de climatización en tiempos de verano, a la vez que esta menor temperatura beneficia también el funcionamiento de los módulos, en comparación con la posibilidad del reemplazo de cubierta.



Aquí vemos una integración (o incorporación) realizada sobre una gran cubierta de tejas. Se puede ver en el detalle y en la foto pequeña el detalle constructivo de la pieza que permite vincular la estructura de soporte de los paneles a la cubierta sin interrumpir la estanqueidad de las tejas.



Algunas cubiertas metálicas nos permiten la incorporación de estos rieles o perfiles de soporte mediante piezas de fijación que se ajustan a la cubierta sin necesidad de perforarla.

Por otra parte en el ángulo inferior derecho vemos la pieza omega que vincula ambos paneles con el riel inferior y que se ajustan mediante un bulón roscado central. En esta figura se trata de piezas y rieles en aluminio y

tornillería de acero inoxidable

**Cubiertas inclinadas: metálica.  
Superposición o reemplazo**

Parque de las ciencias  
(Granada)  
Cubierta restaurante  
54 Módulos x 159 Wp  
Cubierta terraza  
72 Módulos x100 Wp



Aquí podemos ver las dos situaciones en una misma obra. En la terraza del café se ha reemplazado la cubierta por una estructura de paneles fotovoltaicos dotados de marcos tipo teja (Biohaus) y en el interior de la cafetería el arquitecto ha optado sabiamente por la instalación superpuesta a la cubierta metálica. (ver foto superior izquierda) Esta cavidad ventilada entre la parte inferior de los paneles y la cubierta permite un importante ahorro en climatización del ambiente de la cafetería en época de verano.

**Cubiertas inclinadas: tejas**

Pabellón en  
Miraflores de la  
Sierra (Madrid)



Veamos algunos ejemplos de cubierta inclinada: Aquí sobre una cubierta de tejas, y la pieza de fijación que nos permite no perforar la cubierta (un detalle y la sección constructiva)

### Cubiertas inclinadas: metálica

Nave Eco-float. A Coruña



Algunas cubiertas metálicas planas nervuradas nos permiten fijar los rieles de fijación sin necesidad de perforar la cubierta. (mediante grapas de fijación que se ajustan a presión sobre los laterales de cada nervadura (foto superior derecha). Aquí también se ve que la instalación y la fijación se hace totalmente desde arriba de los módulos, mediante piezas omega (inferior izquierda) que toman ambos módulos y que cuentan con un bulón roscado que fija ambos paneles al riel. En el caso de esta instalación rieles y piezas en aluminio y tornillería en acero inoxidable.



Aquí vemos el reemplazo de cubierta por paneles solares semitransparentes (dotados de perfiles especiales de aluminio tipo peines opuestos que ya hemos descripto) destinado a la cubierta sobre la terraza de una cafetería. En el interior de la misma sin embargo el arquitecto ha optado por superponer los paneles sobre la cubierta – se trata de una obra ya concebida previendo la BIPV- ha optado por la superposición o incorporación, lo cual acarrea como dijimos grandes beneficios en climatización de la época estival.

incorporación, lo cual acarrea como dijimos grandes beneficios en climatización de la época estival.



Además de lo planteado en el texto que acompaña la imagen y la disposición que se muestra - la posibilidad de alinear las estructuras según las líneas principales del edificio- se podría orientarlas en distintas direcciones si el edificio no estuviera perfectamente alineado con el eje N- S, con lo cual logaría un ángulo ideal de inclinación y una orientación y separación entre filas perfectas. La instalación es sencilla, lo mismo que el cableado, se realiza rápido y generalmente sin andamios, elevadores o equipos de seguridad.

### Cubiertas planas: Estructuras fijadas

Vivienda en Parque

Leloir.

Proyecto IRESUD



Parque de las ciencias (Granada) Cubierta restaurante 54 Módulos x 159 Wp Cubierta terraza 72 Módulos x 100 Wp Cubiertas inclinadas: metálica. Superposición o reemplazo.

- Instalación sencilla: Fijadas o contrapesadas.
- Estructuras soporte convencionales, similares a las habituales sobre terreno.
- Inclinación y orientación independiente: Excelente rendimiento energético.
- Prever el libre escurrimiento y estanqueidad, sobrecarga admisible y carga de viento SOLARCITIES 2014.CMD Cubiertas planas.

Nuestras cubiertas planas transitables habituales soportan generalmente sobrecargas útiles que rondan los 400kg/m<sup>2</sup> por lo que los paneles solares y sus estructuras de soporte difícilmente generen problemas estructurales. Sabemos que un panel de unos 300/350Wp tiene hoy una superficie de 2 m<sup>2</sup> y pesa aproximadamente unos 30 kg. Si optamos por fijar nuestras estructuras metálicas mediante tacos químicos, los cuales tienen prestaciones estructurales y de estanqueidad más que aceptables, solo habrá que tener en cuenta que la estructura de soporte de los paneles resista los efectos de presión y succión de viento, los cuales serán en este tipo de instalaciones los principales esfuerzos.

### Cubiertas planas: Estructuras fijadas

Pabellón 11, Ciudad Joven.  
Rosario



Otra instalación sobre cubierta plana fijada con tacos químicos. Una operación de integración en este caso ha sido tan solo a los efectos compositivos de la fachada. Se eligió un número y tamaño de paneles para que resultaran correspondientes con las dimensiones y ritmos visuales de las puertas vidriadas de la fachada.

### Cubiertas planas: Estructuras contrapesadas

Edificio Habitat PTA (Málaga)  
Centro Espai (Barcelona)



Otra forma de fijar los paneles y evitar que se desplacen o se vuelen por efecto de los vientos es contrapesar los mismos mediante pesos "muertos" piezas de hormigón de distintas formas y tamaños. Vemos que uno de los casos los paneles se han fijado sobre las piezas de hormigón y en otro de los casos los mismos se han colocado por encima de las estructuras metálicas. Existen otros tipos de estructuras de hormigón e incluso algunas estructuras

con forma de bateas plásticas que se llenan con piedra o arena. En estos casos si es menester realizar un cálculo para que nuestra instalación no supere la sobrecarga útil de diseño de la cubierta!

#### Sobre fachadas o paramentos verticales

- Muros verticales cristal
- Acrílicos o vidrio semitransparente
- La energía producida sera menor que en la situación óptima

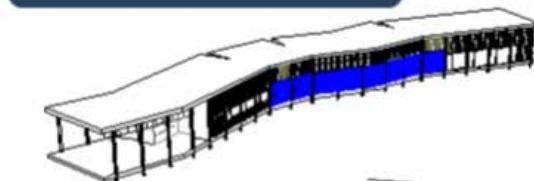
- Revestimiento de paramentos:
- Verticales e inclinadas
- Instalación sencilla

- Elementos de sombreado:  
Reduzcan la carga térmica y por tanto  
la demanda energética para  
refrigeración. Pueden ser fijas o  
regulables

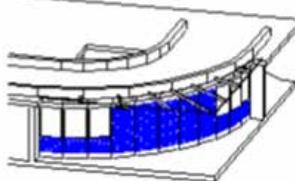


Pasemos entonces revista a algunas posibilidades de integración en fachadas o paramentos verticales (paredes ciegas) siguiendo esta clasificación tipológica configurativa que venimos planteando...

#### Sobre fachadas acristaladas o aberturas



- Distintos grados de transparencia de módulos: Menor cantidad de ristras o mayor distancia entre células.
- Adaptable a diversas tecnologías constructivas de fachadas acristaladas



Existen como planteamos paneles sin marco que nos permiten el paso de cierta cuota de luz entre las celdas o entre las ristras. En Europa al día de hoy solo paneles que estén encapsulados entre dos cristales y tengan espesores totales iguales o superiores a los 8 mm pueden utilizarse en la construcción, ya que el resto de los paneles no está homologado como material de construcción. Estos módulos cristal- cristal, además de tener una caja de conexión muy pequeña y lateral que permite alojar la misma dentro de una carpintería metálica, evitan también cualquier riesgo eléctrico ya que aislan de forma más segura la parte posterior de las celdas.

Casa Verde  
Torreguill, Murcia  
17 módulos I-53.  
901 Wp.

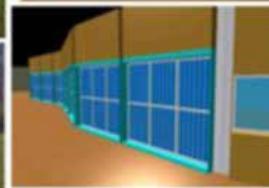
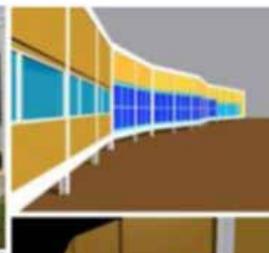


Este es un ejemplo temprano de integración fotovoltaica en una carpintería metálica habitual dentro de una vivienda, como puede verse aún no se utilizan paneles cristal- cristal y las cajas de conexión posteriores y parte del cableado es bastante visible desde el interior.

Sobre tacnadas: tacnadas acristaladas

Casa da Enerxía  
As Pontes,  
A Coruña

Muro cortina  
50 Módulos: I-106  
P : 5,3 kWp.



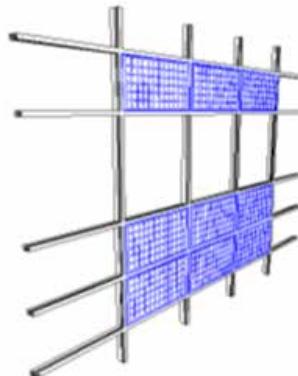
En ambos proyectos se han utilizado módulos sin marco cuya única diferencia con los paneles habituales es la densidad de las celdas sobre la superficie del cristal y por otro lado el tedlar (capa protectora posterior de los módulos fotovoltaicos habituales) transparente o translúcido.

Otra cuestión importante a tener en cuenta al proyectar y que puede verse en ambos proyectos es que el plano de captación no es único sino que es levemente curvado en uno de ellos y en el otro existe un leve efecto de zigzag entre los distintos paños vidriados. Para evitar una caída en el rendimiento de estas instalaciones puede recurrirse a un inversor con varias entradas diferenciadas por buscadores de punto de máxima potencia o por varios inversores de menor potencia, e incluso microinversores.

**Sobre fachadas: fachadas acristaladas  
Fachadas dobles ventiladas**

Compuesto por una estructura auxiliar que se ubica y fija por delante de la estructura del edificio, sobre la que se acoplan los paneles sin marco (cristal cristal o cristal tedlar) a la estructura auxiliar.

Su parte inferior y superior debe ir ventilada para permitir el funcionamiento a menor temperatura de los paneles solares y a su vez colaborar con la climatización del edificio.



Las dobles fachadas acristaladas surgen de la necesidad de mantener el lenguaje acristalado de las torres corporativas reduciendo parcialmente sus graves falencias energéticas de climatización. A este respecto resultan interesantes para la incorporación de fotovoltaicos ya que reducen la cantidad de luz – generalmente excesiva- que llega a los interiores. Pueden disponerse los paneles en sectores en los cuales la visibilidad no es necesaria, como los sectores correspondientes a los capialzados y los antepechos. Las dobles fachadas pueden resultar interesantes a los efectos de ya que su vez su cavidad ventilada aísla el circuito eléctrico de posibles accidentes y

vandalismos, a la vez que puede colaborar con la disipación de calor en el reverso de los módulos y así mejorar su eficiencia. Pequeñas referencias aparte merecen las llamadas dobles pieles ventiladas: Estas, a diferencia de las anteriormente citadas se caracterizan por una presencia total del cristal hacia el exterior, ya que los mismos se pegan con silicona estructural especial a las carpinterías metálicas que quedan ocultas hacia el interior de la cavidad ventilada. Teniendo en cuenta que en las instalaciones debemos cuidar las mínimas sombras para garantizar un buen rendimiento de los módulos, esta solución tecnológica de la piel vidriada es de destacar.

**Sobre fachadas: fachadas acristaladas**

**Fachadas dobles ventiladas**

Instituto capacitación  
tecnológica  
Ripoll - Girona

Doble fachada acristalada  
ventilada



Aquí vemos un ejemplo -un poco limitado- de lo planteado. Los módulos fotovoltaicos agrupados en las carpinterías integrales disponen de pequeñas ventilaciones de lamas al exterior (en la imagen aún no colocadas). Una segunda carpintería vidriada al interior del edificio cuenta con cristales transparentes que, además de contar con idénticas ventilaciones superiores e inferiores, pueden ser practicables.

**Sobre fachadas: fachadas acristaladas  
Fachadas dobles ventiladas**

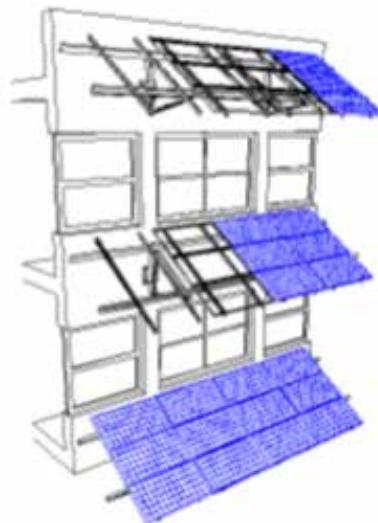
Edificio central ISOFOTON.  
Málaga



Otro ejemplo de este tipo de fachadas. Aquí los paneles se han dispuesto fuera de la franja de visibilidad. La carpintería interior que es coincidente además cuenta con aberturas totalmente practicables. Aquí se puede notar bien como los módulos sus cajas de conexión y la parte posterior de los módulos, que en este caso es tedlar translúcido. En este caso la cavidad ventilada tiene tres niveles de altura, lo cual mejora su rendimiento.

## Sobre fachadas: parapoles

- De fácil integración
- Las sombras pueden generar un beneficio bioclimático importante reduciendo carga térmica en verano
- La instalación se tiende por fuera del edificio.
- Pueden ser regulables o móviles estacionalmente (accionamiento mecánico) o diario (electrónico y motorizado)
- Sombras entre sí en horas del mediodía de verano.



En la imagen vemos una estructura planteada con balcones basculantes (articulación y tornillo sin fin). Con esta modificación los paneles pueden adoptar posiciones de invierno, de verano y de equinoccios. Esta regulación exige un diseño cuidado de la insolación de los interiores del edificio en cuestión ya que – por ejemplo- una inclinación ideal para el módulo durante el invierno obliga a disponerlo con ángulos de 45º o mayores de acuerdo a las latitudes. Esta situación paradójicamente reduciría la luz en el interior de los ambientes en la época en la cual es más necesaria. Para estos casos especiales la elección de un parasol basculante a partir del eje de los módulos puede ser una buena solución de compromiso para lograr buena insolación de los ambientes en invierno y a su vez un ángulo correcto para nuestros módulos.

### Sobre fachadas: parsoles

Edificio López Araujo  
(ETSiT, UPM, MADRID)

Aleros fotovoltaicos  
282 módulos 1-94  
en tres plantas  
26,5 kWp  
Inclinación 35°  
Orientación 8° Este



Aquí un caso paradigmático de parsoles fotovoltaicos dispuestos sobre la fachada. La instalación eléctrica se realizó prácticamente en su totalidad por el exterior del edificio, sin interrumpir el funcionamiento de las oficinas, ya que se trataba de un edificio existente. Los parsoles se dispusieron de forma de que oculten el sol excesivo durante los mediodías y durante la época invernal pero permitiendo el ingreso del sol directo en invierno y durante las mañanas y tardes. La orientación es casi Sur franco. El beneficio en la reducción de aire acondicionado fue considerable y comparable con la generación energética fotovoltaica. Es necesario destacar que los cuerpos salientes del edificio, en forma de poliedros de base triangular generan sombras sobre los paneles en diferentes momentos del día. Es necesario tener en cuenta y armar las cadenas de módulos de manera tal que estas sombras afecten de la menor forma posible la generación total.

### Sobre fachadas: parapoles

19 Colegios en Coslada (Madrid)  
Colegios públicos

P = 5 kWp

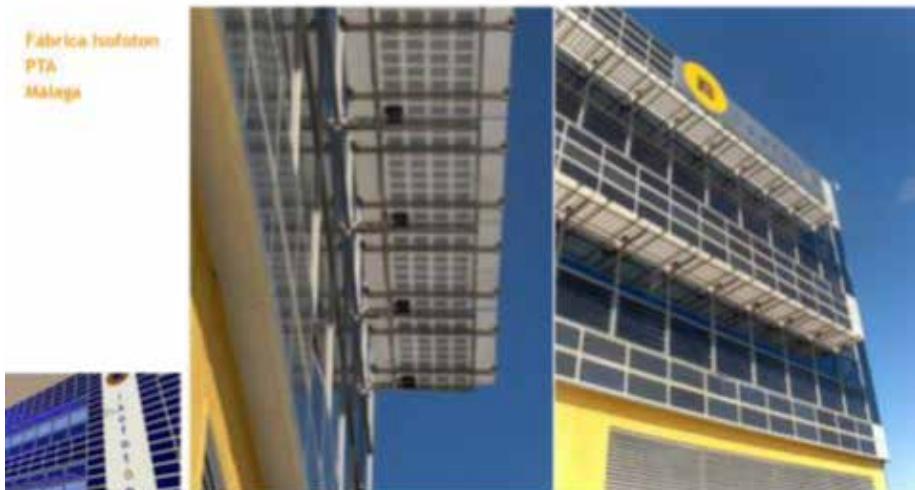
- 2 inversores de 2,5 kW
- 36 módulos I-159

Parapole regulable



Aquí tenemos algunos ejemplos que quizás no sean tan felices en sus resoluciones arquitectónicas. Sobre todo en el ejemplo que se ve a la izquierda... Por otra parte estos parapoles basculantes de proporciones tan importantes requerían de andamios especiales mecánicos y de varios operarios para una operación que debía repetirse cada tres meses. Finalmente los parapoles quedaron en una posición fija de máxima producción anual. De todas maneras el ejemplo vale debido a la escala de la intervención – se trataba de 19 instalaciones en escuelas primarias- y al impacto que tuvo sobre la comunidad educativa del municipio – gracias a una campaña iniciada por el municipio y una adecuada información adecuada a la edad de los alumnos-. Finalmente este proyecto sirvió de base para un proyecto de mayor escala que ocupó 52 escuelas en todo el territorio de España.

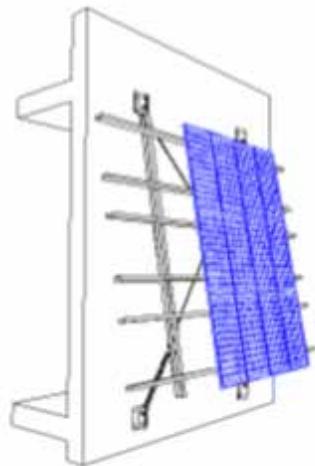
Fábrica Isofoton  
PTA  
Málaga



Otro ejemplo interesante son estos cristales sin marco, contenidos por ménsulas especialmente diseñadas y en donde se han dispuesto las celdas en forma de damero (esto es habitual en estos días pero significaba una dificultad adicional en el año 2005 en el cual se proyectaron estos pararrayos. Se trataba de paneles sin marco de cristal tedlar – Hoy esta instalación estaría prohibida en España! A pesar del esfuerzo de hacer coincidir como en otras imágenes la caja de conexiones con una de las celdas las mismas se pueden ver aún en la vista general. Años más tarde esta empresa comenzó a fabricar paneles encapsulados cristal- cristal sin caja de conexión, pero para el momento de construcción del edificio, estos no estaban disponibles. Otro aspecto a tener en cuenta de los pararrayos es que en horas del mediodía de verano los mismos suelen sombrearse entre sí.

### Sobre fachadas: paños ciegos (medianeras porteñas!)

- Sistemas de montantes y carriles (rastreles) ya existentes en el mercado
- Fácil instalación
- Pueden ser verticales o inclinados

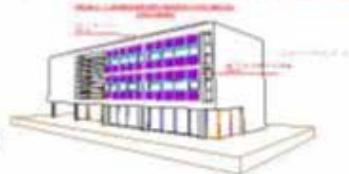


A pesar de que como ya se ha explicado, los rendimientos de las instalaciones ubicadas en ángulos cercanos a 90º tienen menor rendimiento energético, sobre todo en latitudes como la nuestra, la verdad es que instalaciones de este tipo pudieran resultar muy sencillas de lograr en nuestras famosas medianeras porteñas orientadas hacia el norte. El sistema de rieles habituales que se utiliza para su instalación como ya hemos comentado, genera una cavidad oscura y ventilada que mejora notablemente las condiciones de habitabilidad de los interiores en época estival y a la vez colabora con el enfriamiento de los módulos.

#### Sobre fachadas: paños ciegos



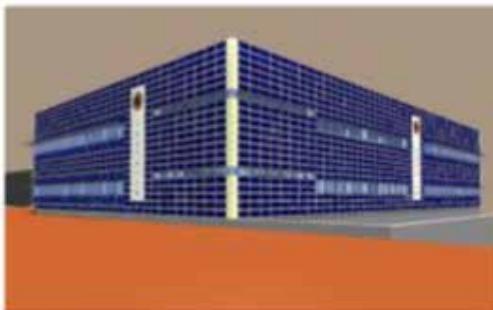
Centro cívico  
El Cerro (Coslada)



Aquí vemos dos posibilidades de integración sobre fachada diferentes a la planteada anteriormente: En la imagen de la izquierda podemos ver el edificio terminado y a la derecha un sector en el cual aún no se habían ubicado los paneles solares. Aquí las dimensiones de los capitelados y de los antepechos han sido proyectadas de acuerdo a las dimensiones de los módulos que se utilizarán para revestir exteriormente estas partes de la fachada. Los módulos encapsulados cristal - cristal hoy día permiten ser utilizados en la arquitectura para materializar los parapetos como si se tratara de balcones acristalados, o como parasoles ubicados sobre la línea de los dinteles.

### Sobre fachadas: Muro ventilado

Fábrica Isofoton  
PTA Málaga



En este proyecto se revistieron íntegramente las fachadas SE y SO del edificio (se trata de la sede administrativa de una planta de módulos fotovoltaicos en el hemisferio Norte) mediante paneles fotovoltaicos especialmente diseñados a tal fin. Aquí se ha utilizado una pieza porcelánica de espesor y peso y dimensiones habituales en el mercado. Para esta fachada se ha utilizado un sistema de carriles para la materialización de un muro ventilado (no nos extenderemos aquí demasiado sobre las bondades bioclimáticas del muro ventilado... solamente mencionaremos nuevamente la cavidad ventilada y oscura por detrás de los módulos fotovoltaicos y por otro lado que esta configuración de muro nos permite colocar la aislación térmica casi sobre la cara exterior del edificio, por lo cual mejora mucho sus condiciones de aislamiento respecto de otro muro de espesores idénticos pero dispuestos sus materiales en otro orden).

Torre del Ayuntamiento  
Getafe -Madrid

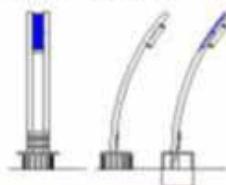


Un ejemplo poco convencional pero interesante. Un proyecto no realizado para un edificio existente. Aquí se pensaba ubicar los paneles verticales sobre una estructura metálica que carecía de cristales originalmente. La idea era transiluminarlos por la noche. No era posible en aquel momento contar con módulos especialmente diseñados para adaptarse a las dimensiones de la estructura, por lo cual se planearon unos paños centrados, formados por cuatro paneles de unos 150Wp cada uno. Hacia el norte (cara nunca iluminada por el sol) se previó utilizar dummie panels.

## Otras soluciones de integración

La integración arquitectónica no agota sus posibilidades en los edificios:

Mobiliario urbano



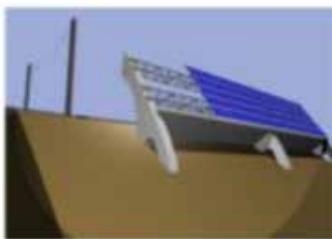
Pérgolas



Estacionamientos

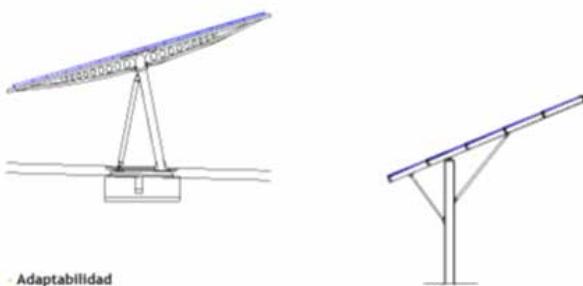


Barrera de ruido



Sigamos entonces con esta clasificación configurativa con algunos ejemplos finales de elementos que forman parte de nuestro paisaje urbano, (ya hemos hablado en el inicio de la charla de la necesidad de la generación distribuida mediante renovables en áreas urbanas) cuentan con expuestos al sol y por lo tanto son susceptibles de recibir planos de captación fotovoltaica, siempre dentro de las dos posibilidades que hemos visto aquí: ya sea superponiendo a sus superficies expuestas al sol los módulos fotovoltaicos o también reemplazándolos por estos.

### Refugios para Estacionamientos



- Adaptabilidad
- Multitud de posibles diseños

antes de pasar a las concesionarias fueron afectados, lo cual significó enormes pérdidas para las empresas de logística. En el ejemplo entran dos automóviles sobre esa sección que quedan guarecidos sobre todo del granizo. El segundo ejemplo es un prototipo industrial económico para un refugio de estacionamiento para un solo coche. Tiene jardines (puntales) intercambiables, lo que permite – no sin cierto cuidado y herramientas especiales, lograr una posición de invierno y otra de verano, aumentando así la producción eléctrica anual.

### Cubiertas para Estacionamientos



bajas y de fustes o troncos amplios. Estos eran los “olivos fotovoltaicos” y este sencillo refuerzo semántico fue en parte lo que inclinó la decisión del jurado. Originalmente se trataba de una estructura para realizar casi totalmente en madera multilaminada encolada con unas mínimas nervaduras metálicas que rigidizaban el conjunto (la madera tiene una incidencia energética mucho menor que el acero, y generalmente su huella de carbono es negativa). Finalmente no logramos convencer a los propietarios del predio y se modificó el proyecto quedando solamente una placa mínima de revestimiento plástico apto para exteriores que simula la madera.

Algunos ejemplos de estructuras planteadas para la protección del automóvil (atención: no solo del agua o del sol). En el caso de la izquierda se trata de una campa en el puerto de Badalona (España) Los granizos – cambio climático? – comenzaron a hacerse habituales en la costa brava Española y los automóviles deportivos y de alta gama importados que solían pasar cortas temporadas al aire libre

Este es un estacionamiento semi cubierto un poco más elaborado quizás. Fue el resultado de un concurso internacional de ideas y propuestas económicas que organizó este parque Tecnológico junto con la Agencia de Energía de Jaén AJENER, que tuvimos la suerte de ganar junto con un grupo de arquitectos argentinos. La idea – bastante sencilla – fue la de proponer unas estructuras arbóreas bastante

#### Cubiertas para Estacionamientos

Parque Tecnológico del Olivar



Aquí vemos algunas imágenes del anteproyecto, donde se pueden ver algunas diferencias con el resultado de la obra. Las nervaduras de rigidización desaparecieron y el anillo de tracción que era superior finalmente atraviesa cada una de las ménsulas que conforman las ramas del árbol.

#### Cubiertas para Estacionamientos

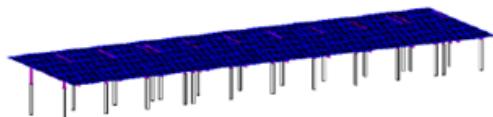
Propuesta de  
estacionamiento  
fotoeléctrico  
sobre estructura  
existente



Sin duda lo más habitual en materia de estos refugios de estacionamiento no es el diseño ex novo de un parking “de diseño” sino que son estas estructuras que encontramos diariamente en supermercados y grandes tiendas. Solo se trata en la mayoría de los casos de reemplazar la cubierta metálica por nuestros paneles... luego es solo tomar algunos recaudos para evitar el vandalismo o el choque eléctrico,

cubriendo las cajas de conexión y los cableados.

### Pérgolas



- Sombreado de exteriores y grandes superficies
- Estructuras soporte constructivamente sencillas
- Excelente rendimiento energético

Conceptualmente las pérgolas son muy similares a las estructuras sobre suelo, con la diferencia de que los parantes tienen la altura necesaria para cobijar del sol diferentes usos humanos. Por eso planteamos en la imagen esto de la sencillez y el rendimiento energético.

### Pérgolas

Pérgola Parque Tecnológico  
Andalucía  
Málaga



Aquí otro ejemplo que poco tiene que ver con lo descripto. Se trata de una pérgola proyectada por arquitectos y en situaciones de abundancia presupuestarias poco habituales. Se trató de un proyecto que contaba subsidios para investigar distintos tipos y modelos de inversores y por otro lado posibilidades de integración de paneles fotovoltaicos translúcidos con y

sin marco. Este también es un proyecto íntegramente argentino, (desde la idea hasta la confección de la documentación técnica incluso de canalizaciones subterráneas) se realizó en el país por lo cual obtuvo un premio Clarín-SCA en el año 2008 creo recordar.

### Pérgolas

CNEA, San Martín, Pcia de Buenos Aires



Esta es una pequeña pérgola aquí en Argentina. Además de mejorar las condiciones de habitabilidad del balcón terraza constituyéndolo casi en una Loggia, la pérgola mejora las condiciones climáticas del interior del edificio ya que actúa como un importante regulador climático que deja entrar los rayos invernales y evita los del mediodía y los del verano.

### Pérgolas

Aeropuerto de Zurich, Suiza



En este ejemplo tenemos una pérgola conformada por lamas de ángulo fijo. Cuando existe presupuesto suficiente pueden diseñarse paneles para proyectos específicos Los módulos aquí no son aún cristal- cristal sino cristal-tedlar, sin embargo tienen más espesor que el de los paneles habituales, perforaciones especiales para su fijación sobre ménsulas y una

distribución de las celdas dentro del panel que evita al máximo que sombrean entre sí. Además de todo esto cada panel tiene doble caja de conexión, una de cada extremo, para minimizar el cableado entre ellos.

#### Pérgolas

Pérgola Fórum de las culturas 2004 (Barcelona) Martínez Lapella y Torres Tur



Otra pérgola más, aunque quizás la sombra es lo menos importante aquí. Se trata de la pérgola del fórum de las culturas 2004 en Barcelona. Durante varios años fue la obra de integración arquitectónica de mayor potencia en el mundo. Por supuesto, a pesar de que se trata de una gran potencia generada mediante renovables, el costo de la obra, que utiliza ingentes

cantidades de hormigón armado y una estructura metálica que sortea grandes luces y altísimo costo de construcción, aleja a esta obra de lo que llamaríamos hoy una arquitectura sustentable. Se trata más que nada de un símbolo de las posibilidades de las nuevas tecnologías, y del avance que en materia de energía solar fotovoltaica tenía entonces España.

#### Mobiliario urbano

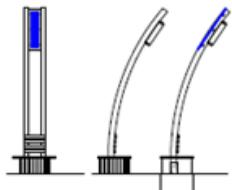
Mobiliario Urbano ra2012  
(Madrid)



Aunque no sea tema principal de esta charla, debemos señalar entonces que además de la generación energética renovable, a los efectos de la arquitectura o de las estructuras de soporte, desde el punto de vista de la sustentabilidad resultan además importantes la eficiencia energética y la evaluación de parámetros como la huellas de carbono y de agua, la

incidencia energética total, en resumen el ciclo de vida de cada uno de los materiales y procesos que intervienen en el proceso de construcción, su mantenimiento y su deposición final o reciclado. En ese sentido la madera (siempre y cuando provenga de reforestaciones comprobadas) tiene unos índices insuperables respecto de la mayoría de los materiales habituales para este tipo de construcciones. En la imagen vemos una serie de piezas de mobiliario urbano planteadas en madera multilaminada y encolada que formaron parte del proyecto M2012 (postulación de Madrid para los juegos olímpicos 2012) Umbráculos, kioscos de merchandising, boleterías y molinetes, puestos de comidas rápidas, refugios de bus etc... Se trata de un proyecto no construido.

#### Mobiliario urbano



- Versatilidad de materiales y variedad de diseños
- Conexión a red o autónomo



A pesar de que existen las farolas de conexión a red y supuestamente a partir de una posible reducción de costo de los microinversores las mismas serán cada vez más viables económicamente, hoy por hoy la farola autónoma es la mayormente difundida. La ventaja que plantean estas es la posibilidad de colocarlas distanciadas considerablemente unas de otras ahorrando la canalización, cableado y protecciones eléctricas que

generalmente en caso de luminarias viales puede ser elevado.

Farolas fotovoltaicas  
Parque Alcañiz (Sevilla)



Otro ejemplo de mobiliario urbano interesante son las farolas autónomas fotovoltaicas –Atención que esta es una de las pocas imágenes de toda la charla en al cual vemos equipos no conectados a la red). Estas de la imagen también se plantearon en madera multilaminada encolada. A pesar de que este proyecto no fue construido siempre me gusta mostrarlo porque tiene implicancias sociales y ambientales que van más allá de la energía solar fotovoltaica y la sustentabilidad arquitectónica. Aquí las farolas por una cuestión de ahorro energético tienen dos intensidades que se gradúan mediante un sensor de presencia. Se trataba de iluminar una serie de parcelas dedicadas a huertas urbanas. En la base de los báculos, unos pequeños bancos redondos servían para ocultar la batería y guardar pequeñas herramientas de labranza. Cada familia o cada ciudadano (el proyecto estaba destinado principalmente a jubilados) recibía una parcela con su luminaria y una llave que daba acceso al uso de su espacio de guardado.

Las baterías de litio y las lámparas led han ampliado y abaratado el uso de estas farolas, que debido a estas tecnologías mencionadas pueden actualmente presentarse unificando panel, luminaria y batería en un cuerpo compacto reducido y liviano, sin resignar autonomía o potencia lumínica.



Otra modalidad posible de integración arquitectónica: Cubiertas vidriadas translúcidas fotovoltaicas. Realizadas mediante paneles dotados de marcos especiales como los que ya vimos o incorporando los mismos a carpinterías estancas especialmente diseñadas para este tipo de cubiertas.

Otras integraciones: Lucernarios



Algunas imágenes del proyecto que veíamos en la imagen anterior. A la izquierda los croquis preliminares de disposición de los planos de captación y a la derecha los paneles ya montados aunque la obra inconclusa. Para este caso se confeccionaron luego paneles tipo teja pero sin celdas para los espacios que se ven libres. La instalación contaba con 5 pequeños inversores independientes, uno por

cada orientación.

#### Otras integraciones: barreras de sonido

Barrera de sonido  
PT soundbarrier  
Freising - Alemania

Módulos: 10.050,  
m² de la superficie 150  
P: 300,8 kWP

Orientación = Sur (°)  
Inclinación = 53°



Como dijimos al comienzo de la charla, cualquier superficie en nuestras ciudades que cuente con una buena insolación es susceptible de recibir paneles solares, ya sea como recubrimiento o como reemplazo. Aquí los paneles constituyen una barrera de sonido que protege la ciudad de Freising de los ruidos de una autopista cercana. Los paneles solares inferiores (dispuestos directamente sobre un talud de tierra) son de

tecnología habitual. Los que se ven en la parte superior han sido laminados sobre una placa cerámica porcelánica, lo cual les confiere peso y densidad suficiente como para rechazar y absorber los sonidos de la autopista además de cumplir con la función de generar energía.

### Grados de integración de la Energía Solar. Pasos hacia una nueva noción de tipología

#### De acuerdo a las etapas de proyecto y construcción

- Integración en arquitectura construida
- Integración en arquitectura aún no construida pero cuyo proyecto no consideraba la energía solar
- Integración en arquitectura que ha considerado la energía solar desde la fase de proyecto.

Para terminar con la charla revisemos un poco esta clasificación tipológica configurativa con la cual comenzamos a recorrer los distintos ejemplos que hemos visto. A mi gusto pareciera una tipología práctica pero quizás planteada más desde la energía solar que desde el ejercicio de la profesión.

Desde el punto de vista del arquitecto quizás sea menester elaborar otra clasificación tipológica que esté ligada más íntimamente al proyecto como práctica social y sus etapas. Hemos visto proyectos construidos a los cuales se les incorpora la energía solar, otros en los cuales la energía se incorpora antes de su construcción pero cuyo proyecto no contemplaba la integración de estos sistemas. Finalmente –estos ejemplos son a todas luces los que logran mejores resultados conjugando la trilogía Vitruviana por decirlo de alguna manera (funcionales, estéticos y energéticos).

Luego de estas conclusiones, es menester en un aspecto que los arquitectos entonces, trabajemos para contar con otra literatura técnica, planteada conjugando la disciplina del proyecto y las “buenas prácticas de las instalaciones solares” y en otro orden de cosas, es menester también que proyectistas, fabricantes, instaladores y comitentes o consumidores trabajemos todos juntos desde el inicio del proyecto arquitectónico para impulsar la integración arquitectónica de la energía solar desde las primeras etapas del proyecto, ya sea desde los “croquis preliminares” si se quiere en términos de ejercicio profesional o desde la etapa de “partido” en nuestros proyectos de facultad.



Vamos Buenos Aires

---

Ciudad Verde