

LOS ENFOQUES DE LA ENVOLVENTE FOTOVOLTAICA EN EL PROYECTO DE ARQUITECTURA

Eje 2: Tecnología para la construcción sustentable

Aguirre Guillermo Martin¹

Maidana Alberto Eduardo²

Bellot Rodolfo José³

Puig Sebastián Estanislao⁴

¹ Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo - UNL, Argentina, guillermomartinaguirre@gmail.com

² Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo - UNL, Argentina, amaidana@fadu.unl.edu.ar

³ Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo - UNL, Argentina, arq_bellot@hotmail.com

⁴ Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo - UNL, Argentina, spuig@fadu.unl.edu.ar

RESUMEN

Este trabajo se estructura en base a tres ejes temáticos.

1. Los enfoques y directrices en el diseño de sistemas fotovoltaicos.
2. El potencial tecnológico y los encuadres proyectuales.
3. Los casos de integración arquitectónica de sistemas fotovoltaicos.

La configuración territorial de la ciudad, la ubicación de los edificios, su relación con los espacios urbanos y con otros edificios es uno de los condicionantes del comportamiento energético tanto urbano como edilicio, así como las características locales del clima y microclima urbano. El motivo es que la morfología urbana resultante repercute sensiblemente en la demanda de energía edilicia: la forma edilicia compacta o extendida, el adosamiento con otras unidades, la altura, y las proporciones entre el volumen y la envolvente afectan las condiciones de asoleamiento, ventilación o aislación edilicia, alterando las necesidades energéticas para acondicionar estacionalmente los edificios. En este primer eje se enuncian los postulados respecto a la integración arquitectónica. Tales postulados se enmarcan en categorías funcionales, morfológicas y espaciales (signos, usos, espacialidad, materialidad) (Mg. Arq. Claudia Alejandra Pilar, 2017).

A partir del segundo eje se propone el potencial tecnológico y los niveles de integración arquitectónica. En este apartado se incorpora al sol como fuente de energía y como primer condicionante en el proyecto de arquitectura. La disposición de los dispositivos definirá la integración de los nuevos componentes arquitectónicos. El objetivo es incorporar al proyecto arquitectónico y potenciar la versatilidad que tiene este tipo de tecnología en la génesis de la envolvente. El planteamiento considera al principal componente de esta integración (técnica-



tecnología-proyecto), es decir, el módulo fotovoltaico, como un verdadero material-componente de construcción en el diseño.

En el tercer eje se abordan los antecedentes de integración de energía solar activa desde la perspectiva del proyecto de arquitectura, en un compendio de 3 antecedentes contemporáneos. Con el fin de lograr una integración arquitectónica exitosa de los módulos fotovoltaicos en el entorno del edificio, es esencial abordar el tema desde una perspectiva completa que incluye no solo los aspectos relacionados con la ingeniería de estos sistemas, sino también las exigencias arquitectónicas. En esta tarea, es útil saber que los módulos fotovoltaicos pueden convertirse en elementos constructivos versátiles de la envolvente del edificio, si sus diseños se adaptan a dicho objetivo.

PALABRAS CLAVES: ENFOQUES - POTENCIAL TECNOLÓGICO - ARQUITECTURA - ENERGÍA FOTOVOLTAICA

1. INTRODUCCIÓN

El trabajo de investigación está enmarcado dentro del proyecto CAI+D 2016: "Arquitectura Sustentable, desarrollo experimental de un módulo habitacional con consumo de energía "0". Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo - Universidad Nacional del Litoral.

La energía fotovoltaica es una fuente de generación eléctrica limpia y renovable que, por sus características, se integra muy bien en el medio urbano. Los sistemas fotovoltaicos no producen ruido ni incluyen partes móviles, y son modulares y fácilmente manejables como elementos de la construcción. A la ya larga experiencia de los sistemas fotovoltaicos se une la de los sistemas integrados en edificios, que avalan la alta fiabilidad de estas instalaciones como un nuevo producto constructivo, con sus reglas pero también con una gran flexibilidad de dimensiones y acabados, que puede convertirse en una herramienta de diseño muy valiosa para el resultado final del edificio.

La arquitectura debe cobijar las actividades frente al clima y los agentes externos, pero también debe aprovechar algunas condiciones naturales, como la radiación solar. Por ejemplo, a través de la captación pasiva por ventanas y muros envolventes del edificio, es factible regular la temperatura otorgar iluminación y desinfectar ambientes. No obstante, se deben controlar consecuencias adversas como el encandilamiento, la acumulación o pérdidas excesivas en ciertos periodos, debido a que los aportes solares varían según las estaciones del año u horas del día. Las aberturas implican ganancias térmicas y lumínicas por asoleamiento, pero también potenciales fugas si están dispuestas en costados con escasa exposición solar (Besser, Rodrigues y Bobadilla, 2012; Guillén et al., 2014).

Existen además requerimientos de iluminación o climatización de edificios, en horarios nocturnos o espacios inaccesibles, que son suplidos con equipos que consumen combustibles, mayormente de origen fósil. Como alternativa, estos requerimientos pueden ser salvados con tecnologías que capturan la energía solar y la aportan a distancia o en momentos diferidos. Esto se conoce como captación activa, que consiste en recibir la radiación solar y convertirla en otras formas de energía, mediante colectores térmicos (de calor) o fotovoltaicos (de electricidad). No obstante, los servicios energéticos en un edificio deben estar primeramente supeditados a medidas de eficiencia pasivas,



para reducir los requerimientos activos. Una de las alternativas más promisorias para las futuras comunidades es el abastecimiento energético desde los propios edificios y ciudades. La irradiación solar que recae sobre las ciudades se desperdicia en su mayor parte, a veces incluso con efectos nocivos al incrementar el efecto “isla de calor”. El autoabastecimiento desde energías renovables implica evitar emanaciones de CO₂. (EREC, 2010; Gook-hwan y Eximbank, 2013; IEA, 2009; Lund, 2012; Mikkola y Lund, 2014).

Este trabajo revisa la incorporación del sol en la arquitectura y como debería integrarse los dispositivos requeridos como nuevos componentes arquitectónicos; además, se definen algunos lineamientos que el proyectista debe considerar para lograr resultados técnicos y arquitectónicos.

2. DESARROLLO

2.1 LOS ENFOQUES Y DIRECTRICES EN EL DISEÑO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.

La configuración territorial de la ciudad, la ubicación de los edificios, su relación con los espacios urbanos y con otros edificios es uno de los condicionantes del comportamiento energético tanto urbano como edilicio, así como las características locales del clima y microclima urbano. El motivo es que la morfología urbana resultante repercute sensiblemente en la demanda de energía edilicia: la forma edilicia compacta o extendida, el adosamiento con otras unidades, la altura, y las proporciones entre el volumen y la envolvente afectan las condiciones de asoleamiento, ventilación o aislación edilicia, alterando las necesidades energéticas para acondicionar estacionalmente los edificios.

Desde un punto de vista arquitectónico, la energía solar reviste especial interés por sus posibilidades de integración a la envolvente, sobre la hipótesis de que los edificios, además de consumir energía, pueden generarla. La integración arquitectónica de instalaciones fotovoltaicas se contraponen a la generación concentrada de energía (que requiere de grandes superficies de terreno, habitualmente lejos de los puntos de consumo) y permite usar la envolvente arquitectónica como sustento para la captación y generación de energía. Esto puede darse en cualquier parte de la piel del edificio (techo, fachada, marquesina, parasoles, superficies acristaladas, espacios semicubiertos, etc.) con el propósito de lograr una generación distribuida (GD), disminuyendo las pérdidas por distribución.

La experiencia internacional nos presenta un abanico de ejemplos y experiencias que permiten desmitificar la idea de que la instalación fotovoltaica genera un impacto visual negativo. Por el contrario, puede ser un recurso estético que mejore la morfología de los edificios y por lo tanto convoca la necesidad de un abordaje interdisciplinario.

La integración fotovoltaica en edificios (BIPV – Building Integrated Photovoltaics) supone la sustitución de materiales convencionales de construcción por nuevos elementos arquitectónicos fotovoltaicos que son generadores de energía.

El diseño integral supone un análisis del emplazamiento, diseño de la instalación, ejecución de la instalación y mantenimiento y el adecuado estudio de las sombras (uno de los factores que más pérdidas potenciales de radiación implica).

Entre las estrategias que el arquitecto puede adoptar para integrar arquitectónicamente colectores solares, según Kaan y Reijenga (2004) están las siguientes posibilidades:



Posturas de diseño respecto a la integración arquitectónica de colectores solares:

- Despliegue de modo que sean imperceptibles o invisibles, no denotan dónde empieza o dónde termina la superficie absorbente, no se identifican como colectores solares.
- Se suman e interponen al diseño original, normalmente estrategia práctica en restauraciones o renovaciones. Se busca uniformidad respecto al material y los ritmos modulares rítmicos con el edificio y sus componentes, mas no son elementos constitutivos y la edificación puede prescindir de ellos con afectaciones estructurales mínimas.
- Instalación de colectores con integración arquitectónica que influyen y contribuyen efectivamente en la apariencia del edificio, de manera intencionada.
- Colectores que determinan y conducen la imagen de la edificación.
- La captación solar activa se torna como aspecto prioritario en el diseño. Conjuntamente con la eficiencia energética, en el aspecto final de la edificación rigen las decisiones proyectuales.

Por último, los productos comerciales para integración arquitectónica, acordes con el componente de la envolvente que los incorpora, también pueden ser clasificables. Así, la Agencia Internacional de la Energía (IEA) define seis posibilidades morfológicas para integrarse arquitectónicamente (IEA y SHC Task 41, 2012a).

Tipos de adopción de colectores solares según el componente de envolvente recolectora:

- Placas configuradas para techumbres inclinadas (Figura 1).
- Placas como cubierta horizontal en techumbres planas o cercanas a planas (Figura 1).
- Filtros solares de techumbre con la presencia de colectores como elementos de cobertura permeable, lo cual también puede provocarse en fachada (Figura 1).
- Ventanales fotovoltaicos o filtros solares para ventanas (Figura 1).
- Elementos compositivos de fachadas como balastradas, sombrillas, filtros solares, etc., los cuales pueden ser colectores ST o PV (Figura 1).
- Recubrimiento o placas de fachada - envolvente, las cuales tienen capacidad aislante y opacos, que son a la vez colectores ST o PV (Figura 1).

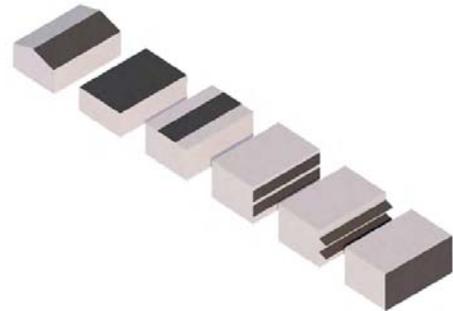


Ilustración 1. Posibilidades morfológicas que pueden desempeñar colectores solares en

2.2 EL POTENCIAL TECNOLÓGICO Y LOS ENCUADRES PROYECTUALES.

Se propone el potencial tecnológico y los niveles de integración arquitectónica. En este apartado se incorpora al sol como fuente de energía y como primer condicionante en el proyecto de arquitectura. La disposición de los dispositivos definirá la integración de los nuevos componentes arquitectónicos.

El objetivo es incorporar al proyecto arquitectónico y potenciar la versatilidad que tiene este tipo de tecnología en la génesis de la envolvente.

El planteamiento considera al principal componente de esta integración (técnica-tecnología-proyecto), es decir, el módulo fotovoltaico, como un verdadero material-componente de construcción en el diseño.



Con base en las consideraciones previas y bajo análisis de los autores a los referentes de este trabajo, como compendio, se reconocen distintos niveles de inclusión de colectores considerando resultados expresivos, así como producción energética:

0 – (Sin integración): cuando los equipos de captación contribuyen a requerimientos energéticos, pero son independientes geoméricamente (su forma no establece relación con alguna parte del edificio), y utilizan solamente la estructura existente como soporte físico (Terra Ecología Práctica, 2007).

1 – (Formal): los equipos poseen su superficie externa mayor en paralelo (y coplanar) a elementos regulares del edificio (fachadas o cubiertas), pero son prescindibles, se pueden retirar porque existe la superficie de cobertura subyacente (SUPSI Competente Center, 2008).

2 – (Funcional): los equipos poseen una superficie externa mayor en paralelo y coplanar, cumpliendo un rol de protección a la intemperie del edificio, como parte de la cubierta o revestimiento de fachada (Swiss Megasol y SUPSI Competence Center, 2011).

3 – (Expresión): los equipos poseen una superficie externa mayor que aporta al sentido expresivo general del edificio (ver edificio en van Heemskerckweg 9 en Venlo, Holanda) (Shade Optisol y SUPSI Competence Centre, 2011).

4 – (Multiplicidad): los equipos aportan expresivamente y contribuyen de manera máxima a los requerimientos energéticos, rigiendo la expresión y forma final del edificio o, dicho de otro modo, el diseño del edificio toma la condicionante de “maximización energética” siendo prioridad en el diseño la eficiencia y producción energética así como su expresividad (The Eliotrope House) (Disch, 1994).

Para lograr una mejor integración arquitectónica, el diseño de estos módulos puede ajustarse dentro de ciertos límites. Cada tecnología fotovoltaica ofrece distintas posibilidades y, a su vez, tiene sus limitaciones (Chivelet y Solla, 2007).

Existen diversas posibilidades para adecuar el diseño del módulo a las necesidades de cada aplicación arquitectónica. Hay que tener en cuenta que muchas de las variaciones afectan al rendimiento eléctrico de los módulos. Así, una mayor transparencia implica un menor rendimiento. A su vez, la transparencia afecta al coeficiente de transmisión térmica del módulo y, en definitiva, tiene cierto efecto en el balance energético global del edificio.

Tamaño y forma del módulo: El tamaño de la mayoría de los módulos no suele superar los 80 × 160 centímetros, aunque estas dimensiones pueden reducirse o incrementarse. Existen módulos cuya longitud supera los 2 m². La forma habitual es rectangular, aunque los módulos flexibles de lámina delgada pueden adoptar diferentes curvaturas. La sustitución del vidrio por materiales acrílicos permite obtener formas diversas, incluso en módulos de silicio cristalino.

La estructura constructiva del módulo: La estructura del módulo que permite más posibilidades de integración en la arquitectura es la de doble vidrio, en la que el módulo fotovoltaico es parte de un vidrio laminado. Este vidrio puede sustituirse por otros materiales más ligeros y maleables aunque igualmente transparentes. En determinadas aplicaciones (ventanas, muros cortina o lucernarios) suele interesar que el módulo fotovoltaico presente una baja transmisión térmica. Para ello el laminado fotovoltaico se monta como un doble acristalamiento, en el que el módulo se sitúa siempre en la hoja exterior. El espesor de la cámara estanca intermedia



oscila entre los 12 y los 16 milímetros para minimizar la transmisión térmica. Otra opción de diseño es instalar el laminado fotovoltaico como la hoja exterior de una fachada ventilada en la que la cámara intermedia no sea estanca. En invierno esta cámara puede cerrarse, con lo que se acentúa la ganancia térmica por el efecto invernadero, mientras que en verano se permite el flujo de aire caliente ascendente hasta su salida.

Forma y tamaño de las células: Las células de silicio monocristalino están fabricadas con obleas (finísimas láminas cortadas a partir de un barra cilíndrica de silicio), por lo que pueden mantener una forma circular. El resultado son células casi cuadradas (con las esquinas redondeadas) de unos 10 centímetros de lado. Por su parte, las células de silicio multicristalino son totalmente cuadradas, ya que provienen del corte de bloques de sección también cuadrada. El tamaño de su lado oscila entre 10 y 15 centímetros. Las células cristalinas crecidas directamente en cinta pueden ser rectangulares, como ocurre con las EFG. Por lo que respecta a los módulos de lámina delgada, no procede hablar de forma y tamaño de las células sino del módulo, pues el material activo es prácticamente continuo; estos módulos pueden presentar formas y tamaños muy diversos.

Color de las células y de la cubierta posterior: El color que habitualmente presentan las células puede modificarse mediante la variación del espesor de su capa antirreflectante. La variación de espesor hace que cambie el rango de longitudes de onda reflejadas y, por tanto, el color de la célula, pero también su rendimiento. Por otro lado, el color de la cubierta posterior es muy fácil de cambiar, lo que no afecta significativamente al rendimiento del módulo. Pueden buscarse colores afines o contrastados con los de las células y jugar con el grado de transparencia.

Transparencia del módulo: El hecho de que los módulos fotovoltaicos puedan ser semitransparentes abre muchas posibilidades de integración arquitectónica al mismo tiempo que ratifica su condición de elementos multifuncionales en la edificación. La transmitancia de luz puede ser continua o discontinua, según la tecnología, tal como se detallará a continuación. La transmitancia de luz puede modificar el comportamiento energético del edificio, tanto por permitir el paso de luz natural a su interior, como por afectar al 'factor solar'.

Número de células y su disposición en el módulo: El número de células en un módulo puede reducirse para conseguir una mayor transparencia de dicho módulo. Igualmente, su disposición puede alterarse con fines estéticos. No obstante, hay que tener en cuenta que la supresión de células en un módulo reduce su potencia eléctrica en proporción directa a la reducción del número de células.

2.3 LOS CASOS DE INTEGRACIÓN ARQUITECTÓNICA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.

En este apartado se abordan los antecedentes de integración de energía solar activa desde la perspectiva del proyecto de arquitectura, en un compendio de antecedentes contemporáneos. Con el fin de lograr una integración arquitectónica exitosa de los módulos fotovoltaicos en el entorno del edificio, es esencial abordar el tema desde una perspectiva completa que incluye no solo los aspectos relacionados con la ingeniería de estos sistemas, sino también las exigencias arquitectónicas. En esta tarea, es útil saber que los módulos fotovoltaicos pueden convertirse en elementos constructivos versátiles de la envolvente del edificio, si sus diseños se adaptan a dicho objetivo.



LA BIBLIOTECA POMPEU FABRA DE MATARÓ

Proyecto realizado en el año 1994 y realizado entre los años 1995 y 1998 por el Arquitecto Miquel Brullet y sus colaboradores Xavier Brullet, enginyer TFM, Oscar Aceves, Lluís Sabata, enginyers (Ilustración 2).

Desarrolla un programa funcional habitual de bibliotecas públicas. Los elementos que la caracterizan y diferencian son los paneles fotovoltaicos integrados en la fachada (300m²) y en la cubierta (300m²). Su particularidad es también definida por la instalación de dichos paneles como elementos constructivos.



Ilustración 2. Biblioteca Pompeu Fabra de Mataró

El edificio incorpora un sistema de generación de electricidad y energía térmica, sin afectar las necesidades de una biblioteca pública, buscando un equilibrio optimizado entre los factores de confort, energía, iluminación interior, estética y economía.

Para ello, se realizó una fachada basada en un muro cortina de cámara ventilada con células fotovoltaicas en su interior. El conjunto se integra en un volumen unitario de 31m x 37m en planta, con tres pisos que se comunican internamente a través de una rampa central.

Estos módulos híbridos constituyen una innovación importante del diseño, porque permiten el acabado opaco y semitransparente del edificio; combinando aspectos estéticos con producción de energía. En la fachada, las células fotovoltaicas incorporadas al "plano de vidrio" no tienen incorporadas salientes que generen sombras.

La piel envolvente de la fachada actúa ella misma como amortiguador térmico, resguardando el interior del edificio. En ella se creó una cavidad en la cual el aire se calienta por insolación. En el verano, el aire que fluye de la base, ventila los módulos solares y evita el sobrecalentamiento. En el invierno, el aire caliente es conducido a un piso convencional de calefacción por ventiladores o corrientes libres de convección.

El módulo fotovoltaico-térmico multifuncional está formado por células cuyas conexiones eléctricas están dispuestas entre dos láminas de vidrio. Esto permite realizar revestimientos opacos o semitransparentes que producen electricidad y aire caliente utilizando la tecnología tradicional del "plano de cristal". Su diseño también permite regular la luz incidente en el interior del edificio a través de los paneles fotovoltaicos de la cubierta y de la fachada.

El uso de distintos módulos se define en función de la necesidad de conquistar transparencia, opacidad o carácter a la fachada. Por otro lado, el edificio es modulado de acuerdo con la medida de los paneles fotovoltaicos. Pero el determinismo técnico es relativo y esta es una de las diferencias significativas de esta obra. No se trata de un simple edificio revestido de células fotovoltaicas. Su particularidad reside en la utilización de los paneles fotovoltaicos como elementos constructivos integrados. La tecnología y la arquitectura se pueden entender como



modalidades convergentes. Esto es posible porque el edificio no se transforma en mediador de la tecnología, sino que se convierte en su propio signo.

“MAGIC BOX” (LA CAJA MÁGICA)

La Universidad Politécnica de Madrid participó en el concurso internacional de diseño, construcción y demostración denominada Solar Decathlon, edición 2005. El mismo representa una experiencia multidisciplinar de carácter investigador y educativo (ilustración 3).



Ilustración 3. “MAGIC BOX” (LA CAJA MÁGICA)

El sistema solar fotovoltaico fue la premisa básica de diseño de la vivienda solar autosuficiente. La integración arquitectónica de módulos fotovoltaicos en la cubierta y fachada de la vivienda no sólo constituye uno de los elementos de mayor visibilidad, sino que permite aprovechar su multifuncionalidad -como elementos constructivos y generadores de electricidad-, superando así la tradicional división existente entre la arquitectura bioclimática y el uso de tecnologías solares activas. Para ello, era imprescindible “romper” con la imagen típica de una vivienda solar eléctricamente autosuficiente en la que los captadores (módulos fotovoltaicos) ocupan la totalidad de una cubierta cuyo diseño, por lo general condicionado por la necesidad de captación solar, presenta un único ángulo de inclinación. “Magic Box”, en cambio, dispone de cuatro superficies en las que se integran los módulos fotovoltaicos, lo que representa un reto añadido para el diseño del sistema fotovoltaico, como se explica a continuación. De acuerdo con las pruebas establecidas para el certamen Solar Decathlon, las variables a controlar no se limitan a la temperatura y al grado de humedad relativa interior de la vivienda sino que también es necesario controlar también los flujos y calidad del aire, así como las temperaturas del sistema de agua caliente sanitaria. El sistema de control de la vivienda se completará con todos los elementos de seguridad necesarios: detectores de presencia, de hidrógeno para las baterías, detectores de humo y termovelocimétricos.

CENTRO DE ARTE DE ALCOBENDAS

En el tejido gris de la ciudad, irrumpe el nuevo Centro de Arte de Alcobendas, donde el diálogo con los ciudadanos es la premisa principal. El arquitecto Fernando Parrilla Villafruela proyecta un edificio de formas orgánicas y reminiscencias tecnológicas. Fundador del estudio LAUD (Laboratorio de Arquitectura, Urbanismo y Diseño).



Ilustración 4. CENTRO DE ARTE DE ALCOBENDAS

A modo de ágora contemporánea, los puntos de encuentro son el hilo conductor del proyecto. Superado el concepto de museo como sujeto inmóvil y acabado, el



visitante se convierte en verdadero protagonista al hacer suyo el espacio y definirlo con su uso. Grandes voladizos multiplicados -proyectados y extendidos en conexión con el entorno- conforman el cierre superior, estructura que alberga la entrada principal, entendida como una plaza pública abierta y accesible. El atrio posterior, posee una superficie de 300 m² con muros acristalados y áreas semicubiertas.

Las formas sobredimensionadas y redondeadas de la cubierta y el empleo del color sorprenden al visitante, no únicamente desde el punto de vista formal, sino por un carácter tecnológico y sostenible: paneles transparentes con células fotovoltaicas permiten el paso de la luz, y la colorean, al tiempo que generan electricidad. En el último piso una terraza vegetal que no requiere de mantenimiento específico cubre gran parte de la terraza y techumbre, mejorando así la insonorización e impermeabilización del conjunto.

En la planta soterrada se sitúa la sala de exposiciones. El auditorio se emplaza en el acceso posterior y las plantas superiores alojan salas de estudio, mediatecas, aulas y talleres bañados por la luz natural, en las declinaciones de color que proporcionan los ventanales. Nace un nuevo contenedor de arte para un nuevo modo de entender la divulgación de la cultura.

Es un volumen que se alarga hacia sus lados creando un espacio para el arte en su interior y estructuralmente capaz de sostenerse. Y no es sólo en estas direcciones hacia donde se expande la idea. Bajo los arcos fotovoltaicos, una plaza cubierta invita a visitar las salas expositivas del interior, gracias a la continuidad de materiales, como el basalto de los suelos y la madera de los techos, y a los grandes ventanales que iluminan de forma natural las piezas.

La tecnología y las soluciones creativas se unen en esta fachada fotovoltaica que va cambiando de color en función de la radiación del sol y de la cantidad de luz que se quiera dejar entrar al edificio. En total 580 m² de paneles, más 42 m² instalados en la cubierta, producen 27.600 kW anuales de energía. Más o menos lo que consumen doce hogares españoles al año o, si se prefiere restar, 26 toneladas menos de CO emitidas a la atmósfera. Para regular la iluminación se ha optado por una solución de lo más sencilla y económica: cortinas o lamas orientables de distintos colores, que dan la bienvenida al arcoíris hasta el interior del centro, donde se propagan, incluso, en paredes de los mismos tonos.

3. CONCLUSIONES

Se ha hecho una revisión de las posibilidades de aprovechamiento solar en la arquitectura y el desarrollo de sistemas solares activos y su potencial para reducir las demandas energéticas en edificación. Se han revisado las posibilidades tecnológicas existentes, planteamientos teóricos de posturas que el arquitecto puede adoptar frente a la adopción de estos sistemas tecnológicos, y se reconocen las limitaciones y necesidades para que en el futuro se desplieguen masivamente en integración arquitectónica.

Se concluye que no es posible establecer reglas absolutas acerca de las características técnicas, morfológicas y de adaptabilidad para la instalación de recolección solar activa, más bien deben estar en correspondencia con condiciones puntuales, siendo muy relativo; en ello el papel decisivo del arquitecto es fundamental. El arquitecto debe conocer, aunque de manera básica, las tecnologías disponibles, correlación con demandas, conocimiento de herramientas proyectuales con posibilidades de aplicarse en etapas tempranas de proyecto; además, sería deseable tener accesibilidad a variedad de productos de integración arquitectónica.



Bajo esta perspectiva, se han enumerado aspectos teóricos acerca del concepto de integración solar activa, determinando consideraciones estéticas, técnicas y funcionales. Solamente con la integración desde etapas tempranas de diseño es factible lograr una adaptación coherente en la envolvente que responda a aspectos de disposición espacial, orientación, en concordancia con demandas o criterios de acoplamiento estructural y, finalmente, en relación con consideraciones aspectuales y estéticas. Todas estas consideraciones no son absolutas ni globalizables, porque los parámetros mencionados varían según las realidades locales, constructivas y funcionales, por lo que cada situación exige estudio y soluciones particulares. Los productos tampoco se desempeñan de igual manera en todos los niveles de radiación, las demandas también son determinantes. Este trabajo ha tratado de cubrir las principales condiciones.

Este trabajo propone, a partir del referente niveles de Integración, para sumarse a la discusión actual, una gradación de integración, aunque resaltando que un nivel elevado 4 no significa de manera absoluta un mejor resultado, sobre un Nivel 1; este dependerá del caso y de la implicación del impacto. Aunque desde nuestra perspectiva, la postura que adopte el arquitecto se verá enmarcada en algún nivel, dependiendo de la solución que escoja al integrar colectores en la envolvente.

BIBLIOGRAFÍA

Pilar, M. A. C. (2017). *Casos de integración arquitectónica de sistemas fotovoltaicos*. ARQUISUR, 7(11), 80-93. <https://doi.org/10.14409/ar.v7i11.6678>.

Besser, D., Rodrigues, L. y Bobadilla, A. (2012). *New Chilean Building Regulations and Energy Efficient Housing in Disaster Zones The thermal performance of prefabricated timber-frame dwellings*. PLEA 2012 - 28th Conf. Oppor. Limits Needs Towar. an Environ. Responsable Archit.

Guillén, V., Quesada, F., López, M., Orellana, D., Serrano, A., Mena, V.G. et al. (2014). *Eficiencia energética en edificaciones residenciales*. ESTOA, 63-73.

EREC (2010). *RE-thinking 2050: a 100% renewable energy vision for the European Union*. Bruselas: EREC.

Gook-hwan, H. y Eximbank, K. (2013). *Smart Grid Studies in Ecuador*. Sejong: Knoledge Sharing Program Korea.

IEA (2009). *Cities, Towns & Renewable Energy Cities, Towns*. Paris: IEA/OECD.

Lund, P. (2012). *Large-scale urban renewable electricity schemes - Integration and interfacing aspects*. *Energy Convers. Manag.*, 63, 162-172. doi:10.1016/j.enconman.2012.01.037.

Mikkola, J. y Lund, P.D. (2014). *Models for generating place and time dependent urban energy demand profiles*. *Appl. Energy*, 130, 256-264. doi:10.1016/j.apenergy.2014.05.039.

Kaan, H. y Reijenga, T. (2004). *Photovoltaics in an architectural context*. *Prog. Photovoltaics Res. Appl.*, 12, 395-408. doi: 10.1002/pip.554.

IEA y SHC Task 41 (2012a). *Solar energy systems in architecture, integration criteria and guidelines*. Recuperado de <http://task41.iea-shc.org/data/sites/1/publications/T41DA2-Solar-Energy-Systems-inArchitecture-28March2013.pdf>



Terra Ecología Práctica (2007). *Guía práctica de una instalación de energía solar térmica*. Recuperado de <http://www.terra.org/categorias/articulos/guia-practica-de-una-instalacion-de-energia-solar-termica>.

SUPSI Competence Center (2008). *Paolo VI Audience Chamber*. Canobbio: Swiss BiPV Competence Centre.

Swiss Megasol y SUPSI Competence Center (2011). *Façade elements Megasol Swiss Premium Mono*. Canobbio: Swiss BiPV Competence Centre.

Shade Optisol y SUPSI Competence Center (2011). *Detail sheet Solar shadings*. Cannobio: Swiss BiPV Competence Centre.

Disch, R. (1994). *Rotatable Solar House HELIOTROP®*. Freiburg: Rolf Disch SolarArchitektur.