

Contribución a la arquitectura sustentable. Fachadas cinéticas para el aprovechamiento de la ventilación e iluminación

Edgar Josué Ramírez García. Universidad Veracruzana. Correo:

zs23011063@estudiantes.uv.mx

Giancarlo Yaved Salazar Rodríguez. Universidad Veracruzana. Correo:

zs23011219@estudiantes.uv.mx

Fecha de recepción: 11/06/2024

Fecha de aceptación: 23/09/2024

<https://doi.org/10.25009/e-rua.v17i07.288>

Caracterización del problema.

Si la arquitectura es una herramienta para transformar las ciudades, su economía, sus dinámicas sociales y su futuro, debemos plantearnos entonces: ¿Es posible hacer frente al cambio climático de la mano con la arquitectura? Por supuesto, y para lograr nuestro cometido la arquitectura sustentable será nuestra aliada, pues mediante el uso de tecnologías más inteligentes, un mayor respeto por los recursos naturales y el paso a las renovables y autosuficientes podrá hacerse frente a esta presión sobre el medio ambiente.

Delimitación

La ciudad desempeña un papel clave en este esfuerzo por establecer una relación más simbiótica entre edificios, territorio y naturaleza. Los edificios son una de las piezas de esta, y si el proyecto está inspirado en los análisis del ciclo de vida, pueden contribuir de forma importante a la sostenibilidad, en este caso, nos centramos en la ventilación e iluminación adecuada del proyecto a fin de lograr un confort lumínico adecuado, aprovechamiento de corrientes de aire y trayectorias solares y adaptabilidad funcional de espacios a fin de contribuir a una arquitectura responsable.

La eficiencia energética en un edificio es un punto clave dentro del tema a desarrollar, pues se calcula que para 2050 el consumo de energía mundial se habrá

duplicado, gran parte de esa energía provendrá de la explotación continuada de combustibles fósiles. Teniendo acceso a proyectos previamente estudiados de forma que se minimice el consumo de energía eléctrica en aparatos lumínicos o de climatización tendremos un gran comienzo para disminuir nuestro impacto en el aumento de temperatura en el planeta, pues si bien, la energía eléctrica constituye un impacto medio su uso es demasiado alto.

Definición

Las fachadas cinéticas son una característica arquitectónica que utiliza elementos móviles o cambiantes en la superficie de un edificio para crear efectos visuales dinámicos y funcionales. Estas fachadas se diseñan de manera que pueden moverse o cambiar de posición para responder a diferentes condiciones ambientales, necesidades de los ocupantes o simplemente para crear una estética visualmente interesante. Estas fachadas se caracterizan por los siguientes conceptos:

Elementos móviles y estética: Las fachadas cinéticas suelen incorporar elementos como lamas, paneles, persianas o incluso vidrios que pueden girar, plegarse o desplazarse. Estas fachadas se utilizan a menudo para crear expresiones artísticas y arquitectónicas únicas. Los movimientos y cambios en la fachada pueden utilizarse para transmitir mensajes o crear una experiencia visual

atractiva e interesante. Estos elementos pueden ser operados manual o automáticamente a través de sensores y sistemas de control, incluso se pretende el uso de inteligencia artificial para mejorar la experiencia del usuario de modo que la IA pueda aprender sobre las preferencias y movimientos del usuario, generando una nueva experiencia sensorial.

Funcionalidad y adaptabilidad: Además de su atractivo estético, las fachadas cinéticas a menudo tienen un propósito funcional. Por ejemplo, pueden ajustarse para controlar la entrada de luz natural, mejorar la eficiencia energética al reducir la ganancia de calor o proporcionar privacidad a los ocupantes. La movilidad de la fachada cinética se puede programar para que los paneles respondan a la estimulación ambiental, así como al tiempo y la forma de ocupación para reforzar el rendimiento. En lugar de tener una relación de confrontación con su entorno externo, los paneles cinéticos de una estructura contemporánea prefieren asociarse con el medio ambiente a través de la gestión del aire y la luz, adaptándose a las condiciones cambiantes del entorno.

Planteamiento

Es entonces cuando, al tomar los objetivos anteriores y juntarlos con la estructura arquitectónica analizada

podemos encaminarnos a un nuevo análisis. Observando las propiedades de fachadas cinéticas de diferentes proyectos es posible deducir que este tipo de estructuras pueden ser de utilidad para combatir la problemática actual: el deterioro ambiental y el cambio climático.

El efecto de una mala proyección urbana en ciudades y análisis de sitio, viento y luz solar insuficientes tienen grandes consecuencias en el impacto energético de un edificio, pues esto contribuye a que se tenga una alta incidencia del sol sobre el espacio y que como consecuencia se tenga un aumento de la temperatura interna y se tenga la tendencia a usar con mayor frecuencia aparatos de ventilación y climatización, que generen un gasto mayor y un uso de energía considerable, y desencadene en una contribución mayor de CO₂ a la atmósfera.

Se necesitará de diversas fuentes de información para la formulación de hipótesis que determinen como puede una fachada cinética ayudar a reducir el impacto ambiental de un edificio, qué efectos tiene sobre la eficiencia de energía, cómo puede actuar como un aislante térmico, cómo puede aprovecharse el movimiento de la fachada para la ventilación de un edificio, y qué se puede aportar a la sustentabilidad; además de fuentes para la observación del comportamiento del fenómeno para su clasificación.

Sin duda alguna estas tecnologías son relativamente nuevas, pero se tiene la certeza de que existe una gran proyección a futuro, pues teniendo un contexto más amplio del fenómeno los análisis de proyectos nuevos serán más acertados y se contribuirá a una arquitectura más responsable y sustentable.

Formulación

Se realizará el análisis, observación y estudio de las fachadas cinéticas de los edificios: Centro de Investigación y Desarrollo CJ de Yazdani-Cannon Design, Torres Al Bahar de Aedas Architects, Instituto Árabe de Jean Nouvel, Kiefer Technic Showroom de Giselbrecht + Partner ZT GmbH, Media-TIC de Cloud9 studio, One Ocean thematic Pavilion de SOMA Lima Architects y el RMIT Design Hub de Sean Godsell, para entenderlos y clasificarlos según la función que cumplan y el contexto donde se encuentran.

Justificación.

Esta investigación se realizó con vistas a explorar un tema relativamente nuevo en temas de diseño en las universidades latinoamericanas. Se prevé que todos los estudiantes o profesionistas arquitectos o ingenieros, dentro y fuera de la Universidad Veracruzana, sean beneficiados con una guía para conocer más acerca de estas tendencias de diseño arquitectónico contemporáneo. Además, al estar informados acerca de las implicaciones que tiene utilizar fachadas cinéticas en la construcción, tengan un conductor para reforzar las acciones climáticas y mejorar el entorno urbano, con el objetivo de cumplir con las agendas de sustentabilidad y desarrollo urbano planteadas por la ONU.

Asimismo, estas propuestas de diseño aplicadas en un futuro dentro del país podrían beneficiar a toda la sociedad, pues aplicando estos principios de diseño en las ciudades contemporáneas mexicanas, estaremos llevando a nuestro país a un nuevo nivel de sustentabilidad, lo cual es sumamente necesario, pues las enormes urbes mexicanas muestran niveles de contaminación insostenibles.

Además, dotamos de una identidad a la arquitectura, dejando de lado



Figura 1. Vista del Centro de Investigación CJ



Figura 2. Mashrabiya de las Torres Al Bahar.

la crisis formalista del modernismo, dando carácter a nuestras ciudades y embelleciéndolas; incluso conectando las nuevas tecnologías con raíces culturales, como el caso de las Torres Al Bahar, en las que el sistema cinético se vio inspirado en los mashrabiya, celosías utilizadas en las fachadas de la arquitectura islámica para contrarrestar la incidencia de luz solar.

Ahor más que nunca es necesario replantear nuestras formas de proyectar y construir. Basta con hacer conciencia dentro de nuestra escuela de arquitectura sobre esta situación, y con esta investigación, dar una motivación a los estudiantes a buscar soluciones creativas y explorar más allá de los métodos tradicionales, pensando en las necesidades de la población y a ser arquitectura del presente y del mañana.

Objetivos.

Objetivo general

Analizar las características tecnológicas de las fachadas cinéticas que contribuyen al aprovechamiento de la ventilación e iluminación dentro de la arquitectura sustentable en el contexto del cambio climático actual y futuro para evidenciar y aplicar en futuros

proyectos arquitectónicos.

Objetivos específicos

1. Analizar las características que definen a la arquitectura cinética para conocer el impacto energético en un edificio.
2. Conocer las capacidades tecnológicas que las fachadas cinéticas actuales presentan para prever nuevas aplicaciones para la mejora de la experiencia del usuario en la funcionalidad del edificio.
3. Observar los distintos tipos de fachadas cinéticas y clasificarlas de acuerdo con su utilidad en los contextos climáticos.
4. Relacionar la funcionalidad con la estética del edificio de acuerdo con el sitio en que se encuentran las estructuras.

Hipótesis.

Al analizar las características tecnológicas de las fachadas cinéticas será posible tener un panorama más amplio clasificando los diferentes tipos de fachadas cinéticas que aprovechan la ventilación e iluminación de forma eficaz. Asimismo, será posible considerar el mejor sistema con base a su utilidad para generar arquitectura sustentable.

Metodología utilizada.

Las estructuras cinéticas pueden ser aplicadas en diferentes elementos constructivos como fachadas o cubiertas, con el fin de controlar condiciones naturales como la iluminación, ventilación o temperatura, además de embellecer el entorno urbano y lograr una mejor integración del edificio en cierto contexto.

Tipos de investigación definida:

Teórica (básica). Se recurrirá a diversas fuentes de información con el fin de recabar datos suficientes para generar nuevos análisis del uso de estructuras cinéticas en fachadas con el fin de mediar la utilidad sustentable y la

estética urbanística,

ayudando a preservar el medio ambiente al mismo tiempo de mejorar la experiencia del usuario dentro de un espacio con esas características.

Descriptiva. Se busca conocer más acerca de los mecanismos que hacen funcionar a este tipo de edificios alrededor del mundo, conocer su aplicación, elaboración y control para así predecir nuevos tipos de estructuras para soluciones de iluminación, ventilación, temperatura, eficiencia energética, etc.

Cualitativa. Es un objetivo recabar datos acerca de los diferentes tipos de estructuras y su ubicación geográfica, con el fin de evaluar las características de las estructuras cinéticas y observar para obtener descripciones acerca de su funcionamiento en diferentes medios.

No experimental. Debido al tiempo de duración del curso y la necesidad de recursos para la experimentación con estas estructuras móviles, el enfoque de nuestra investigación será meramente observador, con el fin de analizar diseños de estructuras y su desempeño en contextos urbanos y sustentables.

Documental. Para el análisis de estas estructuras será necesario recurrir a diversas fuentes de información como libros que expliquen las diferentes aplicaciones del fenómeno, contenido multimedia para la evaluación de movimientos, además de artículos de diferentes editoriales que valoren diversas construcciones que emplean el sistema y presenten información útil para el análisis de su efectividad.

Herramientas de investigación definidas:

La investigación irá de la mano de los métodos de análisis de contenido, estudio de caso y de observación, por lo

que se definirá como una investigación mixta. Nuestras herramientas serán medios documentales, físicos y digitales, para el estudio de diferentes obras arquitectónicas (objetos del estudio de caso) que utilicen a las fachadas cinéticas como tecnología. Se utilizarán medios visuales para la observación del comportamiento de este tipo de estructuras en climas específicos para el estudio del confort lumínico, estética y climatización de edificios, para llegar a su entendimiento y descripción.

Marco teórico.

Arquitectura sustentable.

La arquitectura sustentable, también conocida como arquitectura sostenible o arquitectura verde, se refiere a un enfoque de diseño y construcción de edificios que tiene en cuenta la eficiencia energética, el uso responsable de los recursos naturales, la reducción de impactos ambientales y la creación de espacios saludables y confortables para sus ocupantes. El objetivo principal de la arquitectura sustentable es minimizar el impacto negativo en el medio ambiente y promover la sostenibilidad a lo largo de la vida útil de un edificio. Así, dentro del contexto actual del cambio climático, la arquitectura ha jugado un papel importante en la búsqueda de soluciones amigables para encontrar un equilibrio entre la habitabilidad de los espacios humanos y la naturaleza, dando paso a conceptos como los siguientes:

Sostenibilidad.

Para Edwards (2008) la sostenibilidad para el arquitecto es un concepto complejo, en el que el proyecto sostenible tiene que ver con la reducción del calentamiento global mediante el ahorro energético y el uso de técnicas con el objetivo de crear espacios saludables, viables económicamente y sensibles a las necesidades sociales. Supone respetar los sistemas naturales

y aprender de los procesos ecológicos (p.3).

Es importante mencionar que el cambio climático y la relación directa que tiene con la arquitectura conlleva diversos factores más allá de los ya conocidos (como los residuos de combustibles fósiles y demás) pues también engloba factores sociales, como se menciona:

“Hoy día son numerosos y complejos los problemas que aquejan a la arquitectura en un mundo globalizado, donde la economía y la política tienen mayor peso que las estructuras sociales y culturales” (Estrada, 2011, p.45).

De este modo, podemos encaminarnos ahora a encontrar soluciones que guíen nuestra forma de construir a una arquitectura responsable, y esto puede realizarse con la ayuda de los sistemas tecnológicos que disponemos actualmente, pues como menciona María (2008) que, ante la complejidad y la dispersión, y con ayuda de los sistemas de creación por ordenador, una parte de la arquitectura contemporánea recurre cada vez más a los diagramas. Estos diagramas conceptuales e interpretativos, previos a la elaboración del proyecto, intentan traducir a formas arquitectónicas las fuerzas y realidades iniciales, convirtiéndolas en procesos. Con estos métodos se busca una obra abierta que integre información heterogénea y sea capaz de rectificarse y de evolucionar. Se trata de un nuevo punto que la arquitectura contemporánea adopta para afrontar la complejidad del proyecto; una arquitectura de diagramas que, recuperando métodos de las vanguardias, del racionalismo y del movimiento moderno, quiere integrar la diversidad y lo imprevisible, inventando procesos diagramáticos para cada caso (p.190).

Teniendo tanta complejidad en los problemas que aquejamos en el ámbito de la construcción y el cambio climático es indudable que podemos recurrir a soluciones tecnológicas eficientes apoyándonos de los previos análisis y predicciones que se han realizado en la obra de Brian Edwards y apoyarnos de sistemas computacionales para desarrollar tecnologías que surgen como aportes a la sustentabilidad, las fachadas cinéticas (próximas a definirse), no sin antes desarrollar un punto clave para el desarrollo de estos sistemas.

Gasto energético.

Como podemos relacionar, el consumo de energía eléctrica, las construcciones y el cambio climático se encuentran profundamente conectados, esto respaldado por los siguientes datos de Estupiñán (2020):

Diferentes investigaciones señalan que los edificios son responsables de aproximadamente el 23 % del uso mundial de energía primaria y el 30 % del consumo mundial de electricidad (...) Conviene señalar que en edificaciones con sistemas de calefacción y refrigeración corresponden al 60 % del consumo total de energía (...) las cifras de consumo eléctrico a nivel mundial provenientes de la construcción se encuentran en condiciones alarmantes (p.27).

Así mismo, los datos recopilados por Coellar (2018) muestran que:

Edificios de todo el mundo requieren una gran cantidad de energía para la refrigeración, calefacción e iluminación. La iluminación en edificios de oficinas por sí sola representa alrededor del 20-40% de la energía total utilizada en los edificios (Freewan, 2014). A esto,

si le agregamos el uso inadecuado de las herramientas para diseño y construcción arquitectónica (incorrecta orientación y emplazamiento de las edificaciones), constituye en el desarrollo de los actuales problemas climáticos a los que en la actualidad nos vemos avocados. Para organizar el confort, el grado de contraste que puede permitirse entre distintas partes de un mismo campo visual está sujeto a ciertos límites. El deslumbramiento significa un contraste excesivo, causado normalmente por la introducción de una fuente de luz muy intensa en el campo visual que crea una sensación incómoda y fatigante (Hernández Pezzi, 2012), esto puede controlarse y optimizarse si tomamos conciencia de que la fachada no es nada más un elemento morfológico y decorativo de la edificación, sino es el conector y nexo entre que condiciona la relación usuario – medio ambiente (p.11).

Así mismo, podemos señalar un caso notable como lo es el de Colombia, estudiado por Estupiñán (2020):

En Colombia, según cifras del reporte World Air Conditioner Demand by Region, para el periodo 2013-2018 se registró un aumento del 75 % en la demanda promedio anual correspondiente a 323000 unidades de aire acondicionado para el año 2018 (Japan Refrigeration and Air Conditioning Industry Association [JRAIA], 2019). Lo anterior representa un problema: el incremento del consumo de energía del sector de la construcción. En la región, junto a Chile (con un aumento del 50 %) Colombia es el país con mayor aumento porcentual con respecto a Brasil, Argentina, México o Panamá que presentan consumos constantes o disminuciones con el paso de los

años (p.23).

Es por ello por lo que cobra demasiada importancia optimizar los elementos dependientes que establecen el puente entre el edificio y el uso de la energía, o más bien, la relación entre el edificio y sus elementos externos que se relacionan con el exterior y de los que depende el consumo de energía (como los ciclos de luz-iluminación artificial, el aire y la ventilación-uso de sistemas A/C y su derivación en consumo energético). De aquí parten nuevas propuestas de diseño.

Arquitectura cinética.

Tenemos 3 vistas enriquecedoras acerca de la arquitectura cinética. Primeramente, Lakshmi y Meena (2018) definen:

Las ciudades y pueblos de todo el mundo cuentan con viviendas estáticas, que son el modelo dominante en la sociedad y se basan en el principio de que las viviendas deben ser inmóviles. Sin embargo, la arquitectura cinética se refiere a la idea de cambio con el tiempo. A lo largo de la historia de la arquitectura, hemos estado preocupados por el tratamiento de las fachadas para lograr un impacto visual más agradable para el público. Pero lo que está ampliando sus propios límites en la actualidad es cómo hacer que la fachada sea algo más que un elemento arquitectónico vertical estático.

La arquitectura cinética es una integración de forma y tecnología inspirada en la naturaleza y la complejidad geométrica en los edificios no debe descuidar la necesidad de un mejor rendimiento en eficiencia energética (p.1726).

Asimismo, los edificios suelen estar

influenciados por factores naturales y climáticos, así como por las necesidades cotidianas de las personas, y estos factores no son estáticos, sino dinámicos, cambian con el tiempo. Dado que los edificios son una parte fundamental de la vida, es necesario que se adapten de manera significativa a las cambiantes condiciones climáticas, manteniendo al mismo tiempo su eficiencia energética e incluso mejorándola si es posible, sin dejar de considerar estos parámetros o mejoras. Una de las formas de lograr que los edificios se adapten a las condiciones climáticas cambiantes y a las necesidades humanas actuales es mediante la creación de fachadas dinámicas que puedan ajustarse a las condiciones cambiantes, lo que se conoce como fachada cinética. El concepto de fachada cinética implica el uso de dispositivos que se mueven y cambian su forma, ya sea controlados por un sistema informático interno, activados por sensores o que responden a cambios en las condiciones climáticas (Ahmad y Zafer, 2019).

De la misma manera, menciona Megahead (2020), a través de su investigación, que la aparición de procesos de diseño digital y tecnologías numéricas y robóticas está desafiando la noción convencional de que la arquitectura es estática. Como resultado, las oportunidades para aplicar la arquitectura cinética de manera práctica han aumentado considerablemente a finales del siglo XX. En este contexto, los arquitectos han utilizado sistemas cinéticos para incorporar inteligencia computacional y, de este modo, crear espacios arquitectónicos versátiles y adaptables que satisfagan las cambiantes necesidades y deseos de los usuarios.

Esto quiere decir que la arquitectura cinética deriva del movimiento, pero no solo el movimiento que pueden

llegar a tener sus elementos, si no la razón de cambio y perseverancia a través del tiempo. De esta forma, se tiene como objetivo dar soporte a una arquitectura perdurable y responsable, aprovechando hitos tecnológicos que han surgido a la par de su desarrollo y que sin duda se integre una adaptabilidad climática y estética. Todo esto, cuando forma una unidad, es una herramienta poderosa que aporta y nos enseña nuevas formas de habitar sustentablemente.

Fachadas y sus criterios de diseño.

Para Ahmady Alibaba (2019) "El concepto de fachada cinética se compone en su mayoría de dispositivos que se mueven y cambian de forma mediante control interno de computadora, activación sensorial o cambios debidos a condiciones climáticas cambiantes." (p.3).

Y de acuerdo con Haidari (s.f) esta cinética, en el diseño cinético, se programa para el control y se transforma a través de la interacción. Frens argumenta que la forma, la interacción y la función no pueden ser diseñadas por separado en el diseño de productos interactivos, incluidos los componentes de las fachadas cinéticas. En los procesos de diseño tradicionales, a menudo se consideran la forma y la función juntas; en el diseño cinético, la forma, la función y la interacción deben contribuir desde las primeras etapas hasta la etapa final del proceso de diseño. Esta interconexión debe estar presente de manera detallada (p.3).

Y dando una vista al pasado, Gracias a Sharaidin (2014) sabemos que:

La aplicación de fachadas cinéticas no es un concepto nuevo para reducir la demanda energética de la iluminación y el aire acondicionado de espacios. Según una reciente publicación de la Agencia Internacional de Energía

para la Conservación de la Energía en Edificios y Sistemas Comunitarios (IEA- ECBCS, 2011), las fachadas cinéticas se presentan como "un paso necesario hacia mayores mejoras en la eficiencia energética en entornos construidos" (ECBCS - Anexo 44 - Integración de Elementos con Respuesta Ambiental en Edificios, 2011). Además, esta idea se ha utilizado en la creación de fachadas que pueden responder a condiciones ambientales desde la década de 1920 (p.17).

Los conceptos de fachada cinética han sido identificados por la naturaleza, la tecnología y la arquitectura para crear elementos multifuncionales para resolver problemas de diseño (aplicado ahora en fachadas) mediante una estrategia multidisciplinaria. Además, existen factores multidisciplinarios ya mencionados que influyen en el concepto cinético. Un ejemplo podría ser que la fachada del edificio entero tenga la capacidad de ser actualizada respecto a la evolución de la tecnología solar y pueda llegar a generar electricidad suficiente para hacer funcionar todo el edificio.

Confort de la habitabilidad.

Teniendo estos conceptos desglosados, podemos ahora dar profundidad a la relación que de cierta manera ha hecho a la arquitectura lo que es ahora, la funcionalidad, la estética y el confort que estas pueden incubar.

Funcionalidad y estética.

Principalmente en el trabajo de Morteza et al (2019), encontramos nuestro constructo definido:

Método y software: la mayoría de los estudios aplicaron una encuesta de campo de estudio de caso y análisis de simulación, mientras que la simulación paramétrica se

ha utilizado raramente. Además, los programas de simulación más comunes fueron ENVI-met, TRANSYS e IES-VE.

Clima: el clima cálido y seco ha sido investigado principalmente en comparación con otros climas, específicamente el frío.

Tipo: los edificios tradicionales con patios, que tienen forma cuadrada, se han utilizado con frecuencia en las investigaciones de casos de estudio, mientras que los patios internos semicubiertos y en forma de U se han explorado escasamente.

Parámetros efectivos: la geometría y la orientación se han designado como los parámetros efectivos que influyen en las funciones de modificación del microclima.

Función: la mayoría de las investigaciones abordaron la regulación térmica, el confort térmico, el rendimiento de la iluminación natural, la ventilación natural, la eficiencia energética y los dispositivos de sombreado como las principales funciones de un modificador del microclima. Sin embargo, la migración diaria de los ocupantes para proporcionar confort térmico y visual, como una característica interactiva de la modificación del microclima, no se exploró ni investigó adecuadamente (p. 188).

Es importante también mencionar que la fachada es la piel del edificio, por lo que debe proteger el edificio y a los usuarios. Además, la fachada cinética debe ser adaptable a los cambios en la actividad interior. Los diseñadores de fachadas deben tener en cuenta que la fachada debe reaccionar a los cambios tanto desde el interior como desde el exterior.

Además, no deben olvidar el consumo y la producción de energía. Para asegurarse de que el funcionamiento de una arquitectura de fachada cinética sea efectivo, las disciplinas técnicas deben integrarse en el proceso de diseño. Además, esta integración es esencial para ampliar la presencia de fachadas cinéticas en el entorno construido y, con ello, enriquecer la percepción del diseño y conservar fuentes de energía. (Haidari, s.f., p.9).

Con todo esto, es imposible no relacionar estos factores a una unidad: un edificio cinético. El área de la arquitectura cinética, es decir, la integración del movimiento en el entorno construido, y el impacto que dichos resultados tienen sobre la estética, el diseño y el rendimiento de los edificios pueden ser de gran importancia para el campo de la construcción. Aunque el valor estético del movimiento "virtual" siempre puede ser una fuente de inspiración, su implementación física en edificios y fachadas puede desafiar la naturaleza misma de lo que realmente es la arquitectura, y potenciar el confort de los usuarios al mejorar su experiencia dentro de estos edificios; creando una arquitectura consciente y perdurable a través del tiempo.

Datos y resultados.

Tipos de herramientas para la recolección de datos:

Las herramientas utilizadas fueron motores de búsqueda por internet para encontrar artículos, fotografías, diagramas y planos para clasificar la información en base a los objetivos de la investigación.

Páginas académicas digitales:

- ArchDaily (Revista)
- ResearchGate (Artículos científicos)
- ScienceDirect (Artículos científicos)

Software:

- Google Earth Pro v. 7.3.6.9345
- CRU TS (Climatic Research Unit) v. 4.07

Selección de la información y recolección de los resultados (con base en los objetivos).

Analizar las características que definen a la arquitectura cinética para conocer el impacto energético en un edificio.

Conocer las capacidades tecnológicas que las fachadas cinéticas actuales presentan para prever nuevas aplicaciones para la mejora de la experiencia del usuario en la funcionalidad del edificio.

Este tipo de estructuras, como hemos mencionado en el marco teórico, tienen la capacidad de modificar su geometría para generar juegos de luz, aperturas para ventilar o en su caso cerrarse para evitar la entrada de polvo, arena o nieve.

Establecemos como premisa inicial cuando construimos o diseñamos un espacio interior, que este, deba tener buena calidad y cantidad de iluminación natural, sacando el máximo provecho de la que haya disponible; a más de la selección y ubicación de sistemas artificiales para iluminación interior. El confort visual está directamente relacionado con la calidad de iluminación que exista; una mala iluminación puede producir fatiga visual, dolores de cabeza, irritabilidad, baja producción y rendimiento en las labores diarias. La luz natural, siempre ofrecerá ventajas frente a la iluminación artificial, en escuelas, colegios, hospitales y fábricas, la ausencia de ventanas con vistas al exterior puede tener consecuencias psicológicas negativas; y cuando los espacios interiores necesitan luz artificial, el

Casos de estudio.

| Edificios por analizar | | | |
|-----------------------------------------|------|-------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Obra | Año | Autor(es) | Ubicación |
| Torres Al Bahar | 2012 | Aedas Architects | Al Nahyan - Abu Dhabi - Emiratos Árabes Unidos |
| Centro de Investigación y Desarrollo CJ | 2016 | Yazdani- Cannon Design | Suwon-si, Gyeonggi-do, Corea del Sur |
| Instituto del Mundo Árabe | 1987 | Jean Nouvel | 1, rue des Fossés saint Bernard, Paris, Francia |
| Kiefer Technic Showroom | 2007 | Giselbrecht + Partner ZT GmbH | Bad Gleichenberg, Austria |
| RMIT Design Hub | 2012 | Sean Godsell | RMIT University, Melbourne, Australia |
| Media-TIC | 2009 | Cloud 9 Arquitectos | Carrer de Roc Boronat, 117, 08018 Barcelona, España |
| One Ocean, Thematic Pavilion | 2012 | SOMA Lima Architects | Yeosu-si, Jeollanam-do, South Korea |

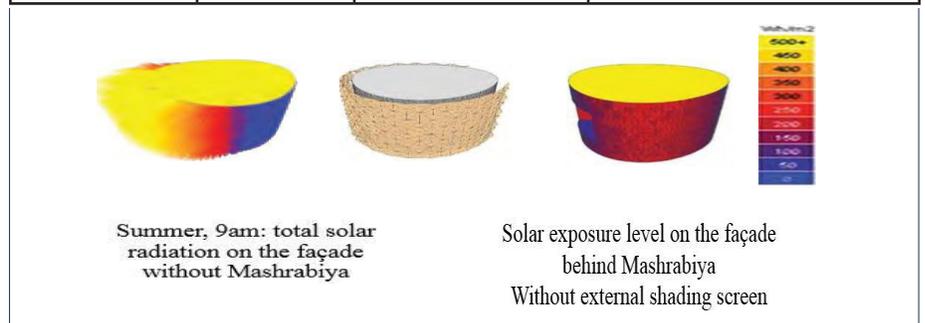


Figura 3. Diagrama de las Torres Al Bahar. El nivel de radiación mostrado en la imagen hace evidente el uso de la fachada cinética como una segunda piel o caparazón. Así, dentro del espacio se crea un microclima agradable.

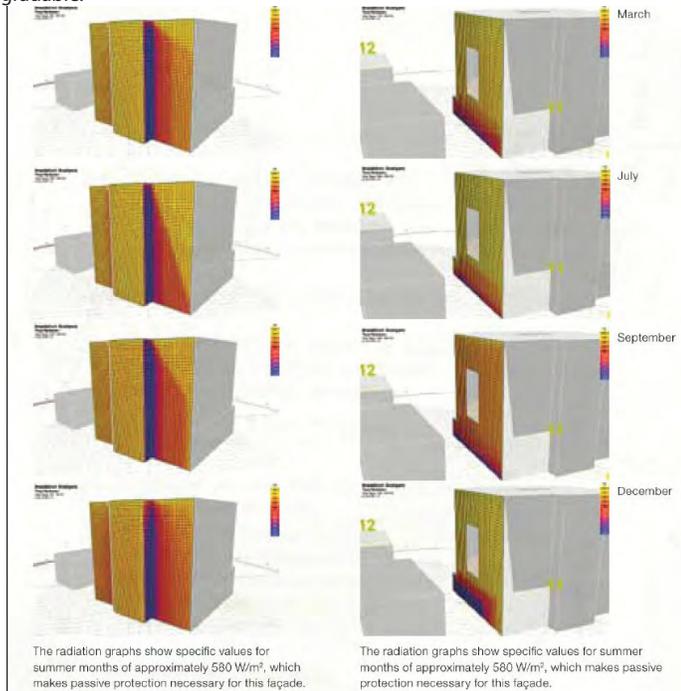


Figura 4. Diagrama del Media-TIC. El nivel de radiación que recibe el edificio en verano es muy elevado, debido al clima de Barcelona.



espectro lumínico de esta luz debe ser lo más parecido al de la luz natural (Hernández Pezzi, 2012).

Asimismo, se muestran los siguientes diagramas de exposición solar de 4 de nuestros casos de estudio.

Observar los distintos tipos de fachadas cinéticas y clasificarlas de acuerdo con su utilidad en los contextos climáticos.

En este punto, clasificaremos nuestros casos de estudio por la forma que adoptan al integrarse al contexto natural, es decir, la geometría que compone a estos sistemas tecnológicos cuando deben adaptarse a las condiciones naturales como el clima.

Relacionar la funcionalidad con la estética del edificio de acuerdo con el sitio en que se encuentran las estructuras.

El análisis climático se realizó con la herramienta CRU TS v. 4.07 (Climatic Research Unit diseñado por University of East Anglia) como complemento a través de Google Earth Pro v. 7.3.6.9345. En ella, se obtuvieron datos de temperatura, rango de temperatura diurna, precipitación y presión de vapor del contexto de los siete edificios analizados en la investigación, para encontrar patrones en el cambio de temperaturas de las zonas.

Reporte de los resultados en relación con los datos.

Con base en los resultados podemos recalcar que, debido al aumento de temperaturas en las últimas 5 décadas por el cambio climático, el uso de fachadas cinéticas se hace indispensable para contribuir a la sustentabilidad con el diseño de edificios pensados en reducir el consumo energético por aire acondicionado y el uso de iluminación artificial como sus principales instalaciones.

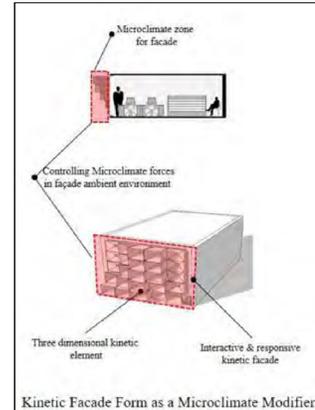


Figura 5 y 6. Detalle del Keifer Technic Showroom. Evita la reflexión de luz solar. Microclima que crea una fachada cinética.

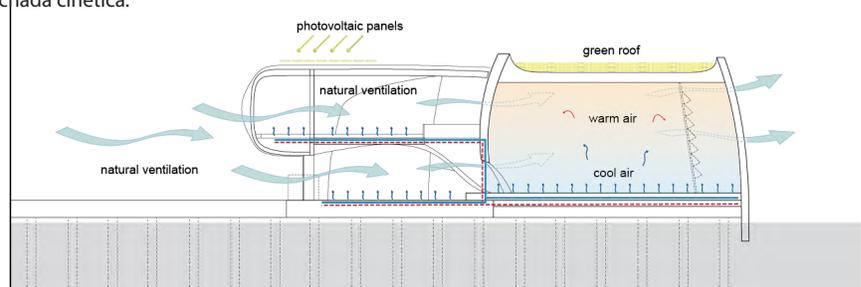
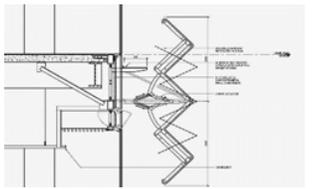
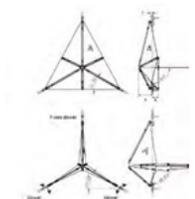
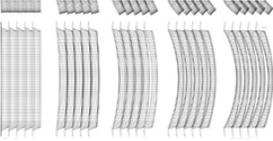
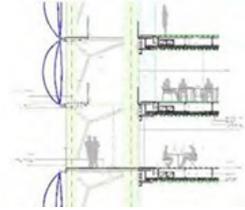


Figura 7. Diagrama del One Ocean, Thematic Pavilion. La fachada cinética se abre para dar paso a la ventilación natural y refrigerar el edificio por medio de ventilación cruzada. También, reserva energía por medio de paneles fotovoltaicos.

| Tipo de sistema | Edificios | Mecanismo |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Doblés |  <p>[Fig. 8] Kiefer Technic Showroom, Austria</p>  <p>[Fig. 9] Centro de Investigación y Desarrollo CJ, Corea del Sur</p> |  <p>[Fig. 10] Los paneles poseen una materialidad diversa, pero siguen el mismo mecanismo de dobles a través de actuadores que mueven los paneles de forma vertical, haciendo que se doblen como una cortina</p> |
| Flor (basado en el mashrabiya islámico) |  <p>[Fig. 11] Torres Al Bahar, Emiratos Árabes Unidos</p> |  <p>[Fig. 12] Se compone de paneles de fibra de carbono semitranslucido que se pliega por medio de un actuador automático que sigue la trayectoria del sol para proteger el edificio de la radiación</p> |

| | | |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Rotativo</p> |  <p>[Fig. 13] RMIT Design Hub, Australia.</p> |  <p>[Fig. 14] Los paneles poseen una materialidad de vidrio, que rota sobre su propio eje dentro de un molde</p> |
| |  <p>[Fig. 15] One Ocean, Thematic Pavilion, Corea del Sur.</p> |  <p>[Fig. 16] En este caso, los paneles son láminas de 9mm de espesor de GFRP, un material nuevo a base de fibras que provee al sistema de elasticidad</p> |
| <p>Obturador (basado en el mashrabiya islámico)</p> |  <p>[Fig. 17] Instituto del Mundo Árabe, Francia</p> |  <p>[Fig. 18] El sistema se compone de hojas de aluminio accionados por un motor que provoca que las hojas se junten y regulen la temperatura del edificio</p> |
| <p>Neumático</p> |  <p>[Fig. 19] Media-TIC, España</p> |  <p>[Fig. 20] Los paneles actúan como almohadas que se inflan de ETFE (etil-tetrafluoretileno) que aprovechan la densidad del aire como filtro solar.</p> |

Conclusiones

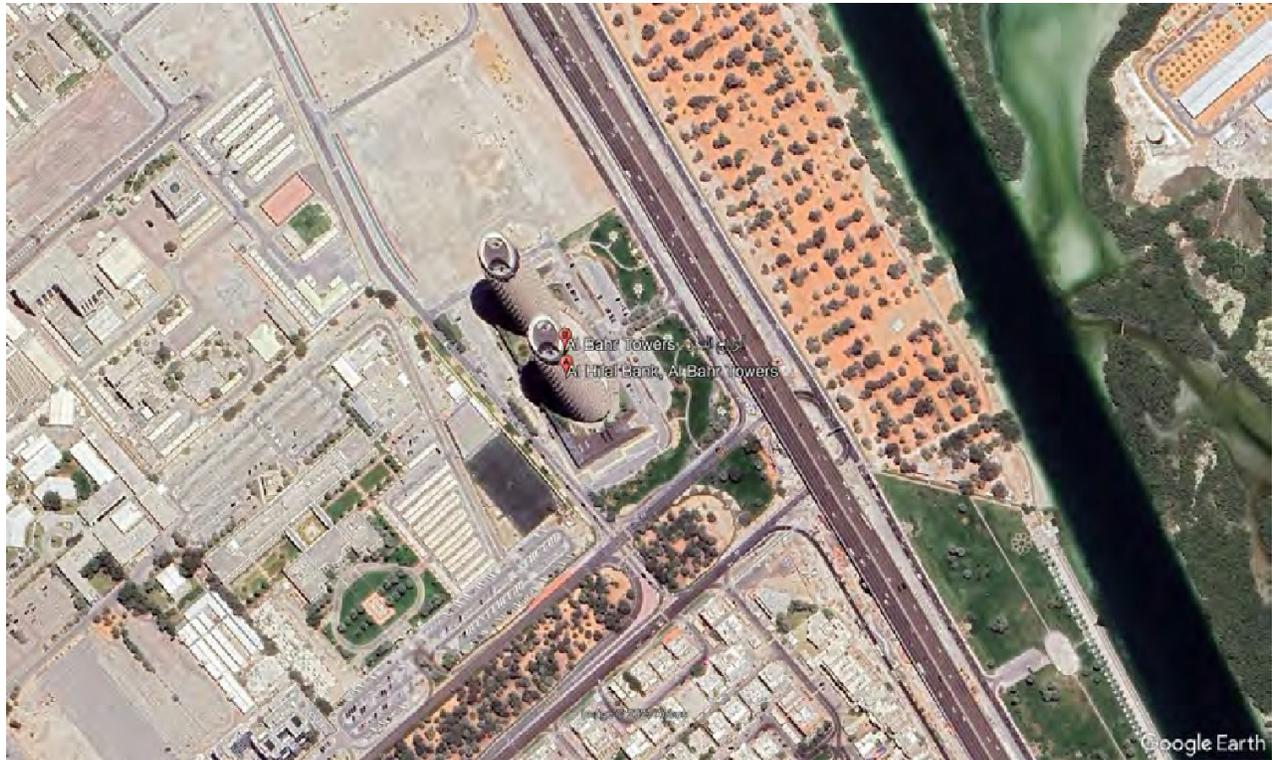
Como se ha podido observar, el aumento de temperaturas mostrado en el análisis de sitio de los casos de estudio muestra la necesidad de implementar fachadas cinéticas como solución a la incidencia solar excesiva que varios de los edificios mostraron tener (especialmente en verano y en contextos desérticos). Al realizar el análisis propuesto se entendió que las fachadas cinéticas actúan como una segunda piel, protegiendo el edificio y generando un microclima interior que resulta en un uso reducido de aire acondicionado, obteniendo un menor consumo de energía eléctrica y aportando a la sustentabilidad tan necesaria dentro del rubro de la construcción. Se encontró también que la funcionalidad del edificio y la estética se encuentran relacionados, aunque la estética del edificio depende de la geometría que se le quiera dotar. Asimismo, se entiende que las fachadas cinéticas trabajan de forma eficiente acorde al contexto en el que se ubican, por lo que no podemos un único sistema para implementar de forma global sin antes analizar las necesidades propias del sitio, tal como cuando se recabó información. Por ello, el trabajo de los arquitectos del presente y del futuro deberá ser metódico, cuidadoso y responsable; buscando innovar estos sistemas para diseñar edificios más conscientes tomando en cuenta elementos como las condiciones solares y el movimiento que deberán tener los elementos cinéticos para el objetivo que se prevea.

Una de las dificultades presentadas al realizar este trabajo fue la poca disponibilidad de información en español comparada con la información en inglés, por lo que se hace la invitación a toda la comunidad estudiantil y académica de la Universidad Veracruzana, así como a otras instituciones académicas de ingeniería

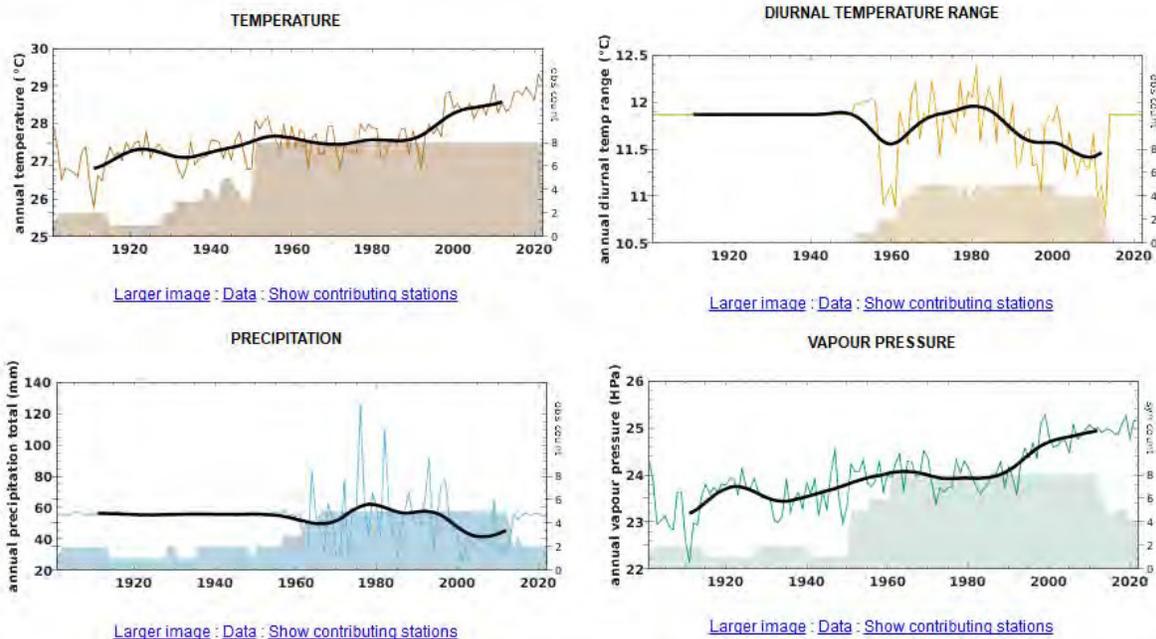
Se ha encontrado también que todos estos sistemas coinciden en la generación de un microclima interno, ventilación que aprovecha corrientes de aire naturales (especialmente en las obras que se encuentran cerca del mar), y que se han desarrollado especialmente para proteger a los edificios del sol, reduciendo su incidencia y su reflexión. Se vuelve clave implementar estos sistemas a mayor escala si queremos

cumplir con los objetivos ambientales de la agenda 2030, pues el consumo de energías convencionales no deja de crecer día tras día; hacer uso de las fachadas cinéticas junto con paneles fotovoltaicos, como se ha visto en uno de nuestros estudios de caso, se vuelve una estrategia también a considerar para beneficio de nuestro planeta.

Torres Al Bahar (24°27'23.76"N, 54°24'3.11"E)



CRU TS 4.07 grid-box data for 24.25 N, 54.25 E

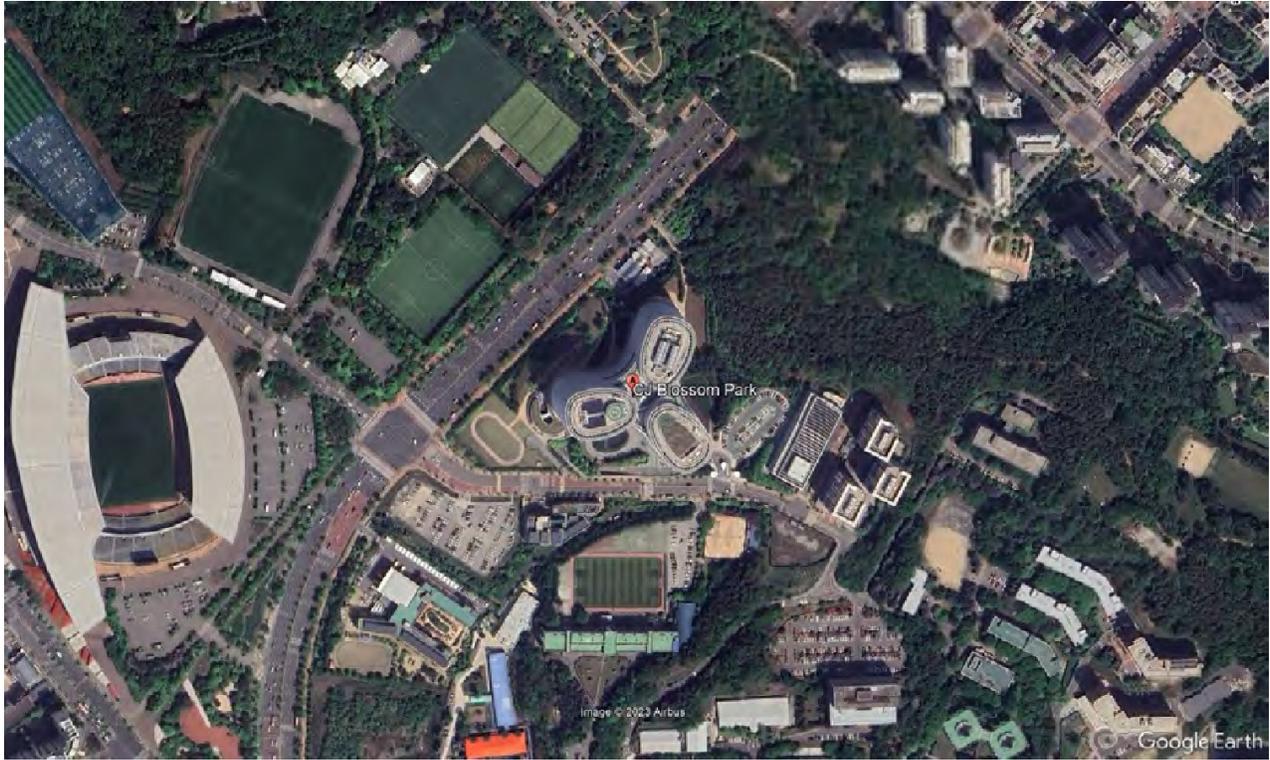


STATION MARKERS

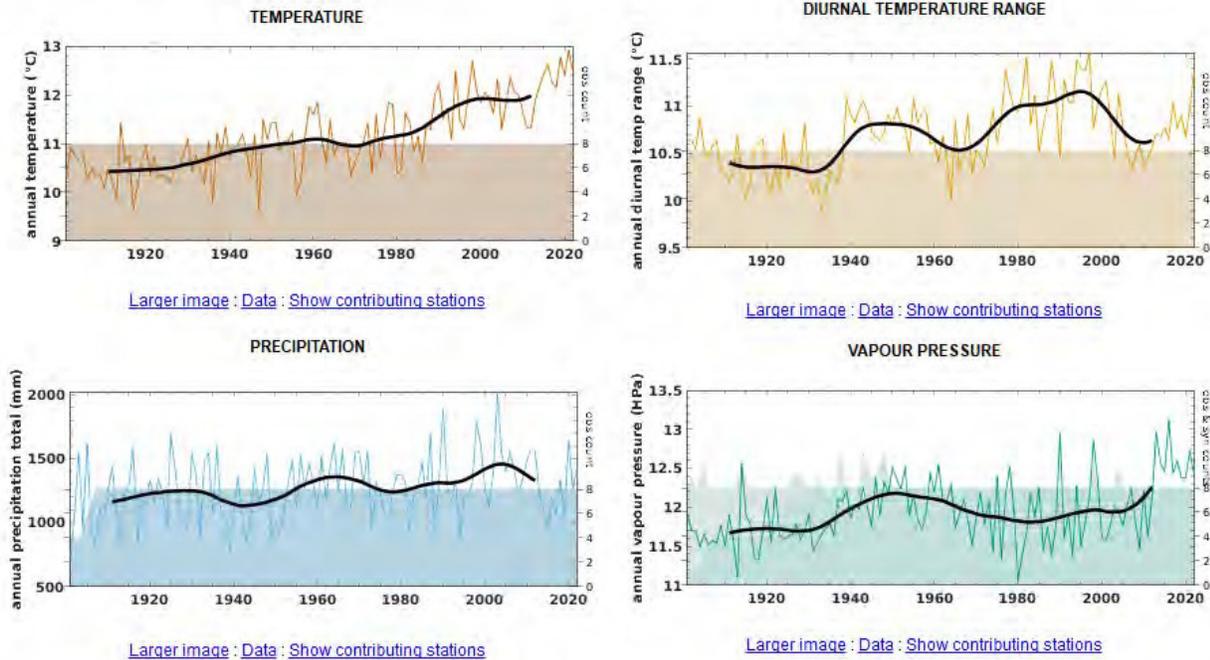
| | | | |
|----------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Temperature current dormant | Precipitation current dormant | Diurnal Temperature Range current dormant | Vapour Pressure current dormant synthetic |
|----------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|

Please cite Harris, I., Osborn, T.J., Jones, P. & Lister, D.H. Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. Sci Data 7, 109 (2020). <https://rdcu.be/b3nUJ>





CRU TS 4.07 grid-box data for 37.25 N, 127.25 E



STATION MARKERS

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------|---------|---------|---------------|---------|---------|---------------------------|---------|---------|-----------------|---------|---------|-----------|
| Temperature | | | Precipitation | | | Diurnal Temperature Range | | | Vapour Pressure | | | |
| | current | dormant | | current | dormant | | current | dormant | | current | dormant | synthetic |

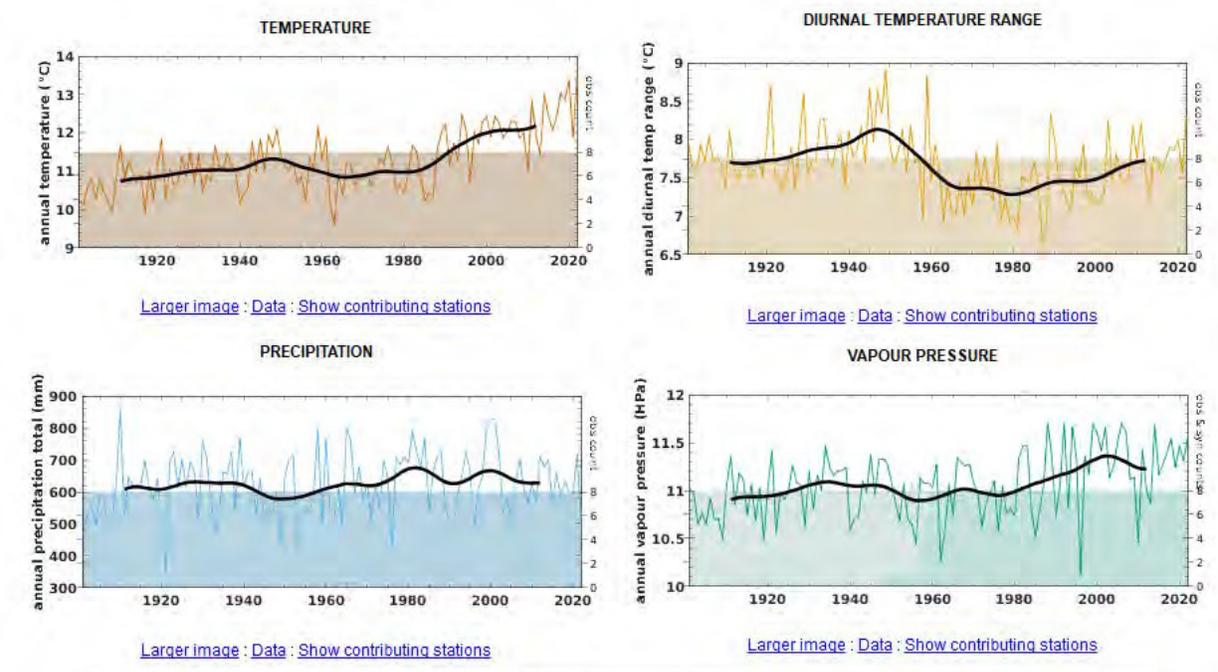
Please cite Harris, I., Osborn, T.J., Jones, P. & Lister, D.H. Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. Sci Data 7, 109 (2020). <https://rdcu.be/b3nUI>



Instituto del Mundo Árabe (48°50'56.13"N, 2°21'26.03"E)



CRU TS 4.07 grid-box data for 48.75 N, 2.25 E



STATION MARKERS

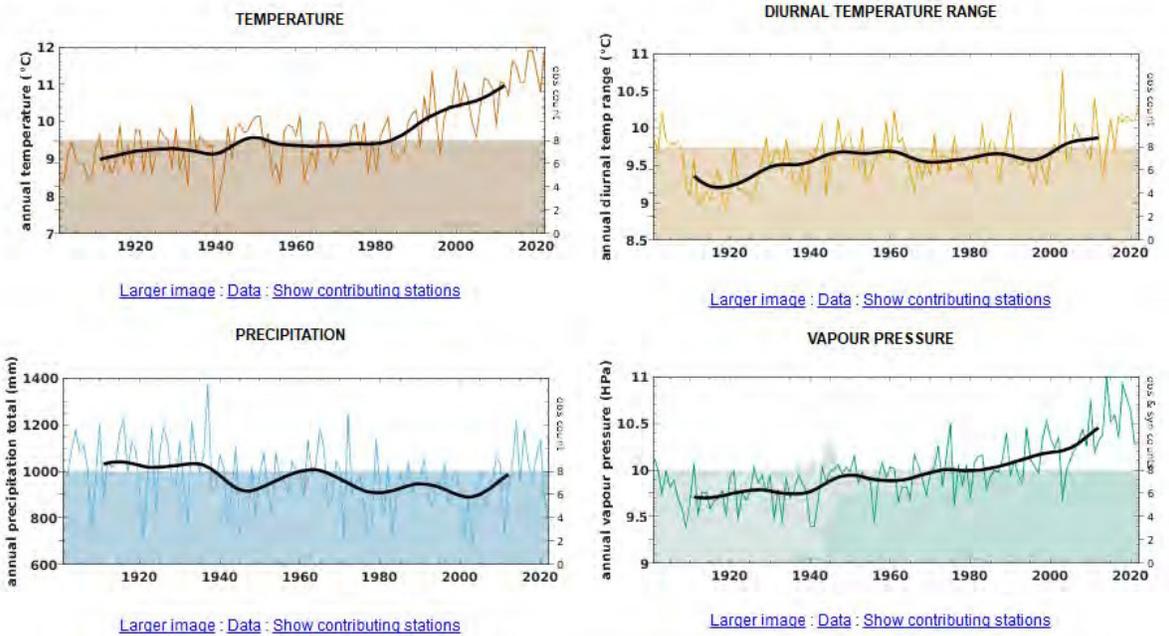
| | | | |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| <p>Temperature</p> <p>current dormant</p> | <p>Precipitation</p> <p>current dormant</p> | <p>Diurnal Temperature Range</p> <p>current dormant</p> | <p>Vapour Pressure</p> <p>current dormant synthetic</p> |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|

Please cite Harris, I., Osborn, T.J., Jones, P. & Lister, D.H. Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. Sci Data 7, 109 (2020). <https://rdcu.be/b3nUJ>





CRU TS 4.07 grid-box data for 46.75 N, 15.75 E



STATION MARKERS

| | | | |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <p>Temperature</p> <p>current dormant</p> | <p>Precipitation</p> <p>current dormant</p> | <p>Diurnal Temperature Range</p> <p>current dormant</p> | <p>Vapour Pressure</p> <p>current dormant synthetic</p> |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|

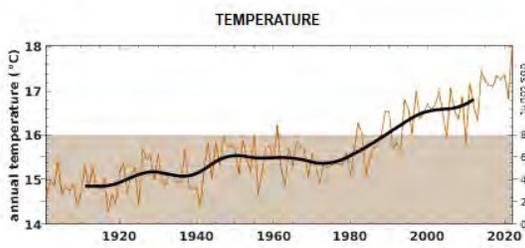
Please cite Harris, I., Osborn, T.J., Jones, P. & Lister, D.H. Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. Sci Data 7, 109 (2020). <https://rdcu.be/b3nUj>



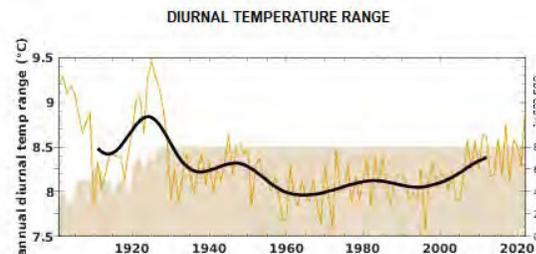
Media-TIC (41°24'8.80"N, 2°11'39.54"E)



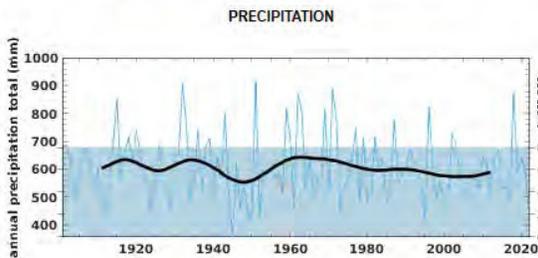
CRU TS 4.07 grid-box data for 41.25 N, 2.25 E



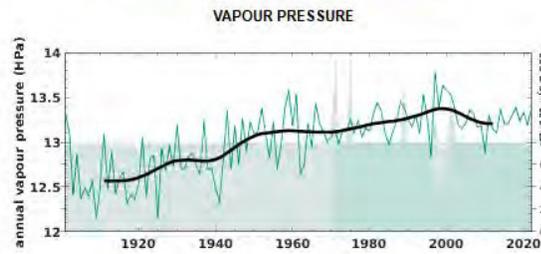
[Larger image](#) : [Data](#) : [Show contributing stations](#)



[Larger image](#) : [Data](#) : [Show contributing stations](#)



[Larger image](#) : [Data](#) : [Show contributing stations](#)



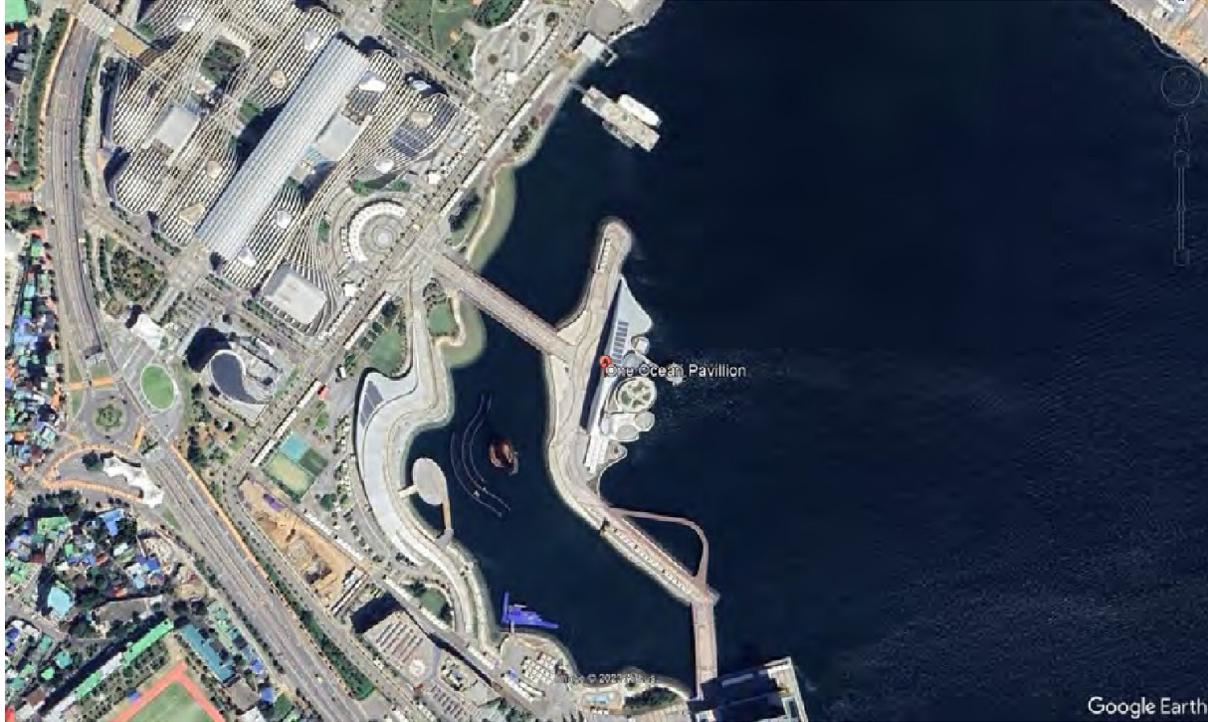
[Larger image](#) : [Data](#) : [Show contributing stations](#)

STATION MARKERS

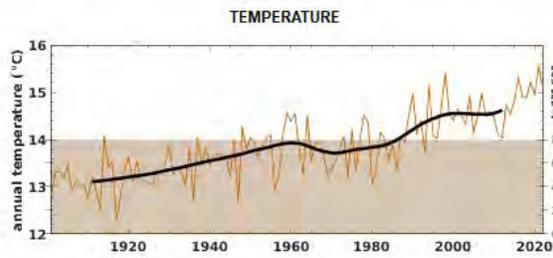
| | | | |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| <p>Temperature</p> <p>current dormant</p> | <p>Precipitation</p> <p>current dormant</p> | <p>Diurnal Temperature Range</p> <p>current dormant</p> | <p>Vapour Pressure</p> <p>current dormant synthetic</p> |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|

Please cite Harris, I., Osborn, T.J., Jones, P. & Lister, D.H. Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. Sci Data 7. 109 (2020). <https://rdcu.be/b3nUJ>

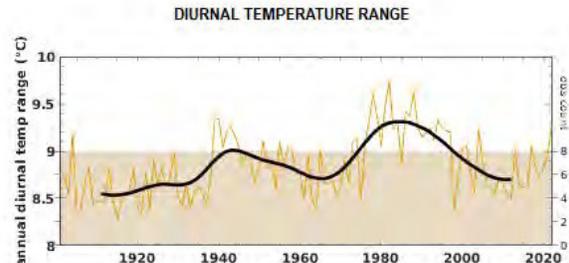




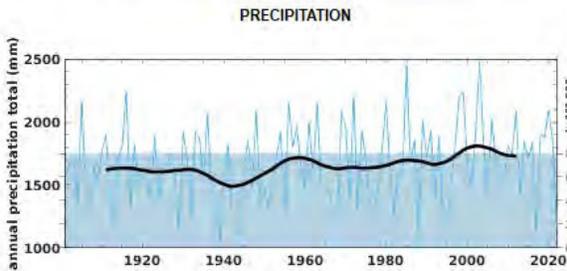
CRU TS 4.07 grid-box data for 34.75 N, 127.75 E



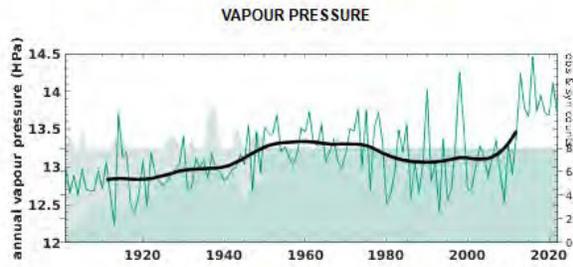
[Larger image](#) : [Data](#) : [Show contributing stations](#)



[Larger image](#) : [Data](#) : [Show contributing stations](#)



[Larger image](#) : [Data](#) : [Show contributing stations](#)



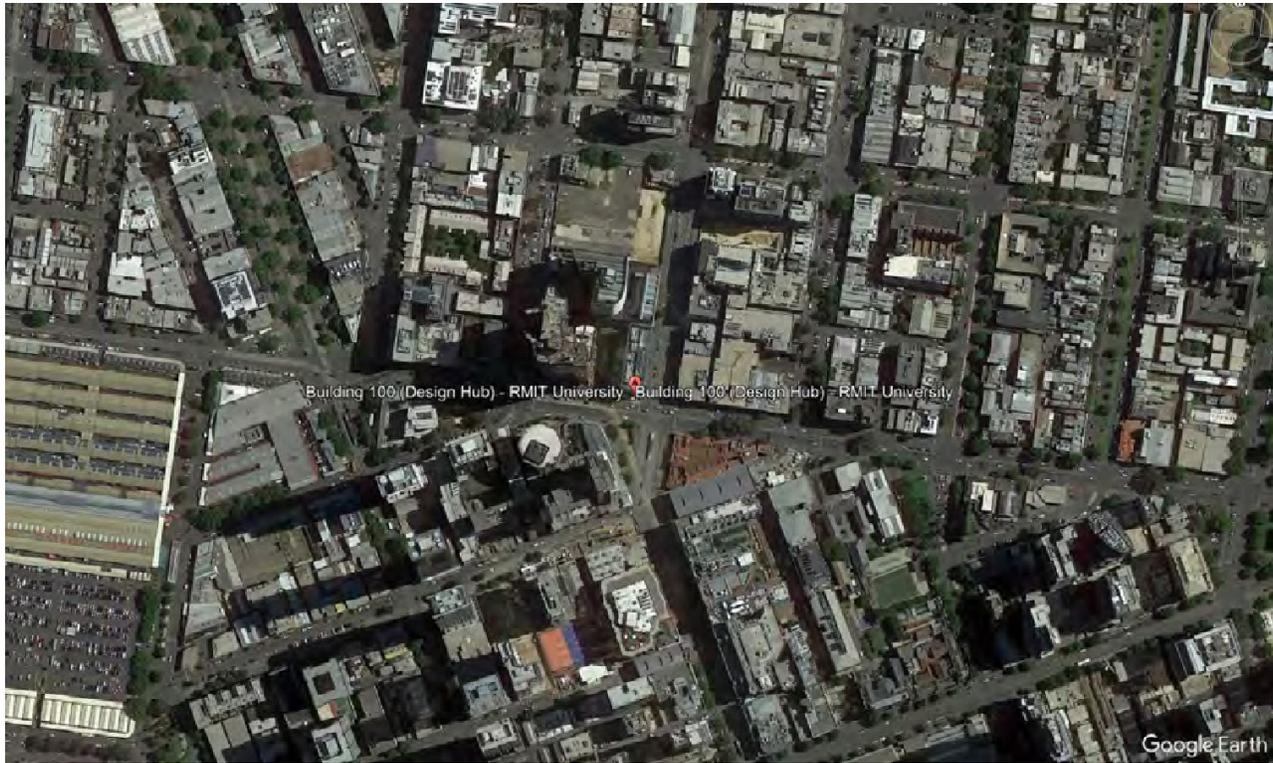
[Larger image](#) : [Data](#) : [Show contributing stations](#)

STATION MARKERS

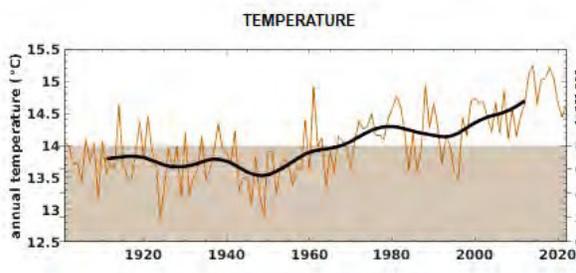
| | | | |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <p>Temperature</p> <p>current dormant</p> | <p>Precipitation</p> <p>current dormant</p> | <p>Diurnal Temperature Range</p> <p>current dormant</p> | <p>Vapour Pressure</p> <p>current dormant synthetic</p> |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|

Please cite Harris, I., Osborn, T.J., Jones, P. & Lister, D.H. Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. Sci Data 7, 109 (2020). <https://rdcu.be/b3nUI>

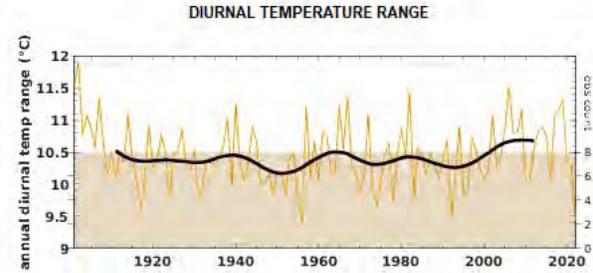
RMIT Design Hub (37°48'22.79"S, 144°57'45.64"E)



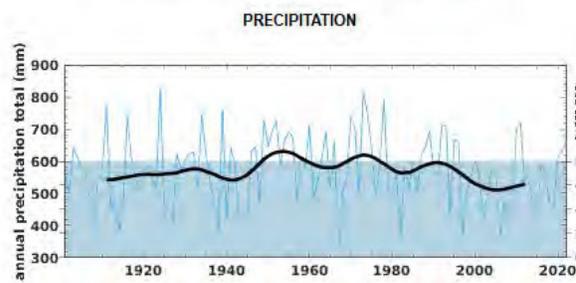
CRU TS 4.07 grid-box data for 37.75 S, 144.75 E



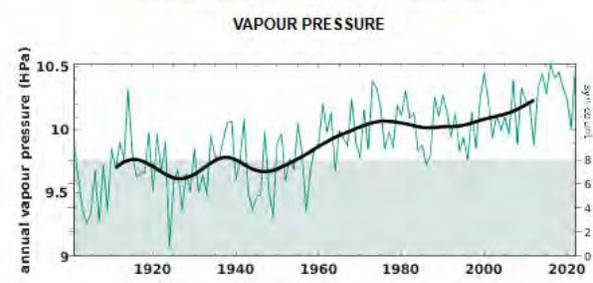
[Larger image](#) : [Data](#) : [Show contributing stations](#)



[Larger image](#) : [Data](#) : [Show contributing stations](#)



[Larger image](#) : [Data](#) : [Show contributing stations](#)



[Larger image](#) : [Data](#) : [Show contributing stations](#)

STATION MARKERS

| | | | |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| <p>Temperature</p> current dormant | <p>Precipitation</p> current dormant | <p>Diurnal Temperature Range</p> current dormant | <p>Vapour Pressure</p> current dormant synthetic |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|

Please cite Harris, I., Osborn, T.J., Jones, P. & Lister, D.H. Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. Sci Data 7, 109 (2020). <https://rdcu.be/b3nU>



y arquitectura, a profundizar en estos temas, a experimentar con nuevas formas y aspirar a nuevas posibilidades de construir, para en algún momento, utilizar un sistema propio y de esta índole en nuestra ciudad, estado o país.

Bibliografía.

Ahmad, J. y Alibaba, H. (2019). KINETIC FAÇADE AS A TOOL FOR ENERGY EFFICIENCY. *International Journal of Engineering Research and Reviews*. 7 (4), 1-7. Recuperado 12 de septiembre de 2023. https://www.researchgate.net/publication/338188733_KINETIC_FACADE_AS_A_TOOL_FOR_ENERGY_EFFICIENCY?enrichId=rgreq-9a802a753494814a5c53f4581562ed9b-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdIOzZmZDE0ODczMztBUzo4NDA2Nm0Nzc1NTQxNzZAMTU3NzQ0MzU4NDc1Ng%3D%3D&el=1_x_2&_esc=publicationCoverPdf

Álvarez J. (2021). *Estudio de nuevas envolventes. La fachada como hardware* [Titulación, Universidad de Valladolid]. Repositorio documental. Recuperado 12 de septiembre de 2023. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/50467>

Coellar, I. R. (2018). *Fachada Cinética: parametrización para optimizar el control lumínico* [tesis de maestría, Universidad de Cuenca]. Repositorio Institucional UCuenca. Recuperado 10 de septiembre de 2023. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/30293>

Edwards, B. (2005). *Guía básica de la sostenibilidad* (2ª ed.). Gustavo Gili.

Estupiñan, J. S. (2020). *Simulación de sistemas de envolventes cinéticas y su relación con el aumento de confort térmico – modelo adaptativo en espacios interiores. Caso Región Caribe, Colombia* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Universidad Nacional. Recuperado 17

de octubre de 2023. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/79190/1052403826.2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Haidari, H. (s.f.). Decisive design aspects for designing a kinetic façade. Aspects influencing the operation. Structural Design, Eindhoven University of Technology, 1-11. Recuperado 17 de octubre de 2023. <http://hasanahaidari.nl/images/Kinetic%20facades%20-%20HHaidari.pdf>

Hosseini, M., Mohammadi, M., Rosemann, A., Schröder, T., y Lichtenberg, J. (2019). A morphological approach for kinetic façade design process to improve visual and thermal comfort: review. *Building and Environment*, 153, 186-204. Recuperado 17 de octubre de 2023. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.02.040>

Lakshmi Ayyappan, K. y Meena Kumari, R. (2018). A review on the application of Kinetic Architecture in Building Facades. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 5 (8), 1726-1743. Recuperado 17 de octubre de 2023. <https://www.irjet.net/archives/V5/I8/IRJET-V5I8298.pdf>

López, E. S. (2020). *Diseño de Torres Corporativas aplicando la Arquitectura Cinética en Fachadas* [tesis de titulación, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio URP. Recuperado 12 de septiembre de 2023. https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/3316/ARQ-T030_73641504_T%20%20%20LÓPEZ%20FONSECA%20EVELYN%20SHARON.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mahmoud, A. H., Elghazi, Y. (2016). Parametric-based designs for kinetic facades to optimize daylight performance: Comparing rotation and translation kinetic motion for hexagonal facade patterns. *Solar Energy*. ISES, 126 (1) 111-127. Recuperado 17 de octubre

de 2023. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2015.12.039>

Maria, J. (2008). *Sistemas Arquitectónicos contemporáneos*. Gustavo Gili.

Megahed, N. A. (2016). Understanding kinetic architecture: typology, classification, and design strategy. *Architectural Engineering and Design Management*, 1-17. Recuperado 17 de octubre de 2023. <https://doi.org/10.1080/17452007.2016.1203676>

Namraota, J. (2021). M21- S- Computational Design Biomimetics- Kinetic Façade. CEPT Portfolio. 1-69. Recuperado 17 de octubre de 2023. https://issuu.com/namraotajain/docs/kinetic_facade_process_journal_namraota_pid20215

Razaz, Z. (2010). Sustainable vision of kinetic architecture. *Journal of Building Appraisal*, (5), 341-356. Recuperado 17 de octubre de 2023. <https://doi.org/10.1057/jba.2010.5>

Sankaewthong, S., Horanont, T., Miyata, K., Karnjana, J., Busayarat, C., y Xie, H. (2022). Using a Biomimicry Approach in the Design of a Kinetic Façade to Regulate the Amount of Daylight Entering a Working Space. *Buildings*, 12 (12) 2-26. Recuperado 17 de octubre de 2023. <https://doi.org/10.3390/buildings12122089>

Sharaidin, K. (2014). *Kinetic Facades: Towards design for Environmental Performance*. Spatial Information Architecture Laboratory (SIAL). School of Architecture and Design. RMIT University. 1-211. Recuperado 17 de octubre de 2023. <https://core.ac.uk/download/pdf/32229184.pdf>

Imágenes

Griffith, T. (2019). CJ Blossom Park, South Korea, by CannonDesign [Fotografía].

- World-Architects. <https://world-architects.com/es/eventos/cocktails-and-conversation-mehrdad-yazdani-and-sam-lubell>
- Grozdanic, L. (s.f.). Al Bahr Towers by AHR [Fotografía]. Architizer. https://architizer-prod.imgix.net/media/1400102826275AI_Bahar_Towers_AEDASARUP.jpg?fit=max&w=1140&q=60&auto=format&auto=compress&cs=strip&h=569
- Lakshmi, K., y Meena, R. (2018). Fig-4: Solar analysis. [Ilustración]. IRJET. <https://www.irjet.net/archives/V5/i8/IRJET-V5I8298.pdf>
- Cloud 9. (2014). Asoleamiento del Media-TIC [Ilustración]. ENRIC RUIZ-GELI. <https://www.ruiz-geli.com/projects/built/media-tic>
- Auvray, A. et al. (s.f.) Diagram communicating how the panels react to the sun & wind, and the effect the sun & wind have on the design. [Ilustración]. More for less; Blogspot. <http://moremorexless.blogspot.com/2017/01/kiefer-technic-showroom-dynamic-facade.html>
- Morteza, S., Mohammadi, M., Rosemann, A., Schröder, T., y Lichtenberg, J. (2019). Kinetic Facade Form as a Microclimate Modifier [Ilustración]. ScienceDirect. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.02.040>
- Transsolar. (2012). [Ilustración de la ventilación del One Ocean Thematic Pavilion]. https://transsolar.com/media/pages/projects/one-ocean-pavillon-expo-2012/79e6a31798-1687437785/graphic_1.png
- Ott, P. (s.f.). Detalle del Kiefer Technic Showroom [Fotografía]. Architonic. <https://www.architonic.com/es/project/ernst-giselbrecht-partner-dynamic-facade-kiefer-technic-showroom/5100449>
- Barrett, C. (s.f.). CJ BLOSSOM PARK [Fotografía]. Yazdani Studio. https://yazdanistudio.com/wp-content/uploads/2016/08/CJ_14-min.jpg
- Martín, D. (2014). Nuevas tecnologías de protección solar: Fachada cinética móvil [Ilustración]. arquitecturayempresa. <https://arquitecturayempresa.es/noticia/nuevas-tecnologias-de-proteccion-solar-fachada-cinetica-movil>
- Deluzarche, C. (2020). Les tours Al Bahar à Abu Dhabi. | Tile Select [Fotografía]. korii. https://korii.slate.fr/sites/default/files/al_bahar_towers_tile_select.jpg
- GRABCAD. [Ilustración del funcionamiento del Masharbiya de las Torres Al Bahar]. Recuperado el 01 de diciembre, 2023, de <https://d2t1xqejof9utc.cloudfront.net/screenshots/pics/75b53728c338ba2805f9d306198d917a/large.jpg>
- Zhang, X (2020). The growth of model | Render [Ilustración]. iaac. <https://www.iaacblog.com/wp-content/uploads/2020/11/render1.jpg>
- Vijaya, K., Lewis, U., y Zhang, X. (2020). Diagram [Ilustración]. iaac. <https://www.iaacblog.com/wp-content/uploads/2020/11/ca193742d0e64f4d5415df4581bd389.png>
- SOMA Lima Architects. (2012). Soma's Thematic Pavilion opens tomorrow! [Fotografía]. ArchDaily. https://images.adsttc.com/media/images/55e6/0f34/f034/d24a/5e00/0019/slides_how_soma_thematicpavilion_kinetic-facade_01.jpg?1441140527
- Lamella façade - movement from closed to 60° opening [Ilustración]. Structurae. Recuperado el 04 de noviembre, 2023, de https://files.structurae.net/files/350high/f007184/s0064321/geschlossen_bis_60_grad_offnung.jpg
- Espacio Lleno Vacío. (2013). Detalle del Instituto del Mundo Árabe [Fotografía]. <https://espaciollenovacio.files.wordpress.com/2013/06/arab-world-institute3.jpg?w=2500&h=>
- Catelo, F. (2017). Les moucharabiehs de l'Institut du monde arabe, Paris - © Fabrice Catelo - IMA [Fotografía]. AMC. https://www.amc-archi.com/mediatheque/9/9/2/000035299_large/les-moucharabiehs-de-l-institut-monde-arabe-paris.jpg
- Ruiz-Geli, E. (2011). Media-ICT building CZFB [Fotografía]. ENRIC RUIZ-GELI. https://lh3.googleusercontent.com/-OKnjZp9Xs5l/Tt9XZSt-pAI/AAAAAAAAAAP8/agl9O03AcSg/s0/08AMedia-ICT_cloud9.jpg
- Ruiz-Geli, E (2015). [Ilustración del corte del Media-TIC y las almohadillas de ETFE]. ENRIC RUIZ-GELI. <https://docplayer.es/1247690-Edificio-media-tic-cloud-9-enric-ruiz-geli.html>
- Software
- Harris, I., Osborn, T.J., Jones, P. et al. (2020). CRU TS-Google Earth Interface (v. 4.07). Windows. Inglaterra: University of East Anglia.
- Jones, M. (2005). Google Earth Pro (v. 7.3.6.9345). Windows. Estados Unidos: Google.