



**Actualización de Estándares de Sostenibilidad  
Tecnológico de Monterrey**



# ÍNDICE

## A. INTRODUCCIÓN

## B. OBJETIVO Y ALCANCES

## C. ESTRATEGIAS INSTITUCIONALES Y ESTÁNDARES

## D. BIENESTAR HUMANO

1. CALIDAD DE AIRE INTERIOR
2. HVAC Y CONTROL
3. ILUMINACIÓN
4. INSTALACIONES PARA BICICLETAS
5. CAJONES PARA ESTACIONAMIENTO
6. CALIDAD DE AGUA ENTREGADA
7. CONTAMINANTES EN ACABADOS Y ADHESIVOS
8. CONTAMINANTES EN MUEBLES
9. MANEJO DE HUMEDAD

## E. EFICIENCIA Y MEDIO AMBIENTE

10. DISEÑO BIOCLIMÁTICO
11. ENERGÍA RENOVABLE GENERADA EN SITIO
12. CONTRATOS DE ENERGÍA
13. USO REDUCIDO DE ENERGÍA
14. ENVOLVENTE - MURO TECHO Y PISO -
15. MODELOS ENERGÉTICOS Y DE CONFORT
16. AGUA EN INTERIOR
17. AGUA EN EXTERIOR
18. MEDICIÓN DEL AGUA
19. PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
20. AZOTEA DE BAJO IMPACTO
21. SUPERFICIES EXTERIORES PERMEABLES Y REFLEJANTES
22. ILUMINACIÓN EXTERIOR BAJO LA HORIZONTAL
23. GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS: CONSIDERACIONES EN DISEÑO, EN LA CONSTRUCCIÓN Y EN LA OPERACIÓN DEL PROYECTO.
24. REDUCCIÓN DE LA EROSIÓN Y SEDIMENTACIÓN DE SUELOS
25. ANÁLISIS DE COSTO DE VIDA
26. COMISIONAMIENTO
27. COMISIONAMIENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

## INTRODUCCIÓN

El cliente Tecnológico de Monterrey contrata a LEAF, empresa consultora de sostenibilidad, para llevar a cabo las actualizaciones necesarias en sus Estándares de Sostenibilidad 4ETEC y Estándares de Ingeniería para la nueva infraestructura de la institución. El presente documento es una colaboración que demuestra el compromiso del Tecnológico de Monterrey en fortalecer su enfoque hacia la sostenibilidad y adaptar sus estándares a las últimas mejores prácticas y requisitos en el diseño y construcción de nueva infraestructura

## OBJETIVO

Fortalecer los estándares y lineamientos internos actuales en temas de sostenibilidad para los nuevos proyectos de construcción de la Institución a través de una revisión metódica (Due Dillenge) para sustentar información existente, incluir mejores prácticas, nuevas tecnologías y estrategias y la nueva normatividad aplicable.

## ALCANCES

1. Revisión detallada de los siguientes Estándares del Tecnológico de Monterrey para el desarrollo de nueva infraestructura dentro de los Campus:

Estándar de Energía y Medio Ambiente 4ETEC - Versión 20210428

Anexo Clasificación y Gestión de Residuos - Versión 20190930

Estándares de Diseño de Espacios - 07 Elementos Arquitectónicos Versión 20210222 (Enfoque en sección de "Bebedores" y "Contenedores de Residuos")

Estándar de Diseño de Ingeniería - Versión 20230717

2. Encontrar áreas de oportunidad en los lineamientos actuales para fortalecer su estructura y robustecer su contenido aplicable.



3. Identificar y proponer lineamientos y mejores prácticas no consideradas y/o desactualizadas dentro de los estándares y que sumen a la estrategia de ejecución de edificios sostenibles y a las metas del Plan de Sostenibilidad y Cambio Climático al 2025.
4. Las recomendaciones a los documentos deberán ser efectivas en costo-beneficio y en ejecución de acuerdo con el contexto actual del país.
5. Corroborar que los lineamientos propuestos y actuales cumplan con las últimas normativas estatales y federales aplicables. De no cumplir, se espera una propuesta con las nuevas normativas aplicables para proyectos de la construcción.
6. Tomar en cuenta que la institución cuenta con metas de sostenibilidad para el 2025 y ser carbono neutral al 2040, los proyectos de construcción serán una parte fundamental para alcanzarlas. (Ver información precedente)
7. Para la mejor continuidad de dichos estándares será de gran valor para la institución privilegiar los materiales y estrategias de la construcción que representen un menor impacto al medio ambiente (Ej. Menor carbón embebido en los materiales, privilegiar las remodelaciones y adecuaciones de espacios sobre las nuevas construcciones, etc.)
8. La revisión de los documentos descritos fue realizada para identificar áreas de oportunidad y actualizaciones pertinentes a través de sesiones de trabajo con los equipos internos del Tec de Monterrey y trabajo previo de investigación.
9. En el documento se incluyen solamente las categorías y subcategorías que fueron complementadas por esta revisión, si alguna categoría presente en los estándares no se encuentra en este documento es debido a que no hubo mejoras o actualizaciones por realizar y/o identificadas

10. La entrega final de este documento fue solicitada en el formato Word (Docx) con el objetivo de poder facilitar la edición para diseños internos. Esta revisión no incluye el diseño y publicación de los estándares, esto último cae en responsabilidad de los equipos internos del Tec de Monterrey.

## **Estrategias Institucionales del Tec de Monterrey para la infraestructura:**

**A continuación, se muestran las estrategias tomadas en cuenta para el desarrollo de esta revisión, estas premisas ayudaron a guiar el desarrollo de este documento**

En el año 2014 inició en el Tecnológico de Monterrey la búsqueda del espacio educativo que permitiera el mejor aprendizaje para nuestros alumnos en torno al Modelo Educativo TEC21. Durante estos años se han generado gran cantidad de interacciones entre los distintos actores de nuestra institución, derivando hasta el momento en la identificación de 14 vivencias generales que permiten alcanzar el mejor rendimiento académico acompañándolo de una alta calidad de vida estudiantil y laboral dentro de nuestros campus. Estas vivencias confirman la experiencia integral de alumnos, profesores, colaboradores y demás comunidad Tec, por lo que su identificación y entendimiento es base para los planes maestros de los campus.

Con el lanzamiento del Plan Estratégico 2030 se delinea el camino que seguiremos en la Institución en los próximos 10 años, donde el cuarto diferenciador y sus estrategias son fundamentales para la Dirección de Urbanismo e Infraestructura por lo que los estándares son una herramienta para asegurar dichos objetivos. Cuarto diferenciador: Impulsor de la Transformación de Ciudades y Comunidades.

## Estrategias:

1. Promover infraestructura, espacios y condiciones que fomenten la vida digna en comunidad, y fortalezcan las interacciones entre sus miembros: co-diseñar y apoyar en la construcción de comunidades diversas, incluyentes, positivas, interconectadas, que sean atractivas y aspiracionales para vivir, así como en el desarrollo de espacios para su convivencia.
2. Impulsar la sostenibilidad y eficiencia de las ciudades con el uso de recursos compartidos: promover ciudades más eficientes en el uso de energía y recursos que mejoren la calidad de los entornos y pongan a disposición de sus habitantes nuevos espacios y servicios compartidos que inciden en la vida en sociedad y ayuden a optimizar el tiempo de sus habitantes.
3. Integrar centros de inteligencia, investigación, innovación y cultura que impulsen ciudades atractivas y saludables: generar soluciones a los retos y problemas de las ciudades, convirtiendo las ideas en realidad para atraer al mejor capital humano, trabajando en equipo conectando a académicos, emprendedores y expertos en urbanismo y ciudades.
4. Incidir en la transformación de los gobiernos y sociedad civil con base en el emprendimiento público e innovación tecnológica: promover gobiernos digitales que proveen a los ciudadanos de procesos transparentes y eficientes, trabajando de la mano con emprendedores y soluciones tecnológicas enfocadas al sector público.

Para el desarrollo de este documento se tomaron las primicias generales de la estructura de los estándares de la institución, considerando lo siguiente:

1. Los estándares son documentos vivos y en constante evolución que plasman la innovación que recorre la Institución, por lo que todo proveedor participante de proyecto debe diseñar en base a la versión vigente.

2. El diseño de ingenierías del proyecto tiene como principal objetivo asegurar las vivencias y el confort de los usuarios y proteger la integridad de estos, por lo que es importante que las necesidades técnicas (por ejemplo, espacios dedicados a instalaciones eléctricas) sean satisfechas de forma oportuna y armoniosa en el diseño arquitectónico del edificio, sin que pasen a ser excluidas u olvidadas y terminen siendo “castigadas” en espacio y ubicación.

3. El Área de Ingeniería del Tecnológico de Monterrey es la encargada de definir los requisitos y entregables para el diseño de las ingenierías en los proyectos de Infraestructura a nivel nacional, así mismo, son responsables de dar apoyo al proyecto cuando se les sea requerido. A la par, existen áreas de Apoyo Funcionales Centrales con las cuales el área Central de Ingenierías trabaja en equipo para fortalecer a los proyectos, estas áreas de Apoyo Funcionales Centrales tienen participación directa en algunas disciplinas del presente estándar.

4. El Project Manager es el o la colaboradora del Tecnológico de Monterrey que coordina el diseño y/o ejecución de un proyecto de la Dirección de Infraestructura y deberá asegurar el cumplimiento de dichos estándares en los nuevos proyectos.

6. Las siguientes son actividades del equipo de Sostenibilidad:

- I. Generación y actualización de los Estándares de Energía y Medio Ambiente 4ETEC
- II. Trabajar en equipo con otras áreas nacionales para la generación de Estándares.



- III. Apoyar, cuando le sea solicitado, al Project Manager en el proceso de diseño o construcción de un proyecto.
- IV. Específicamente el área de Energía es responsable de centralizar y dar consulta en relación con cualquier tipo de contrato de suministro de energía, comisionamiento y generación en sitio de energía renovable

7. Las siguientes son actividades de los proveedores de diseño y construcción de los nuevos proyectos de infraestructura:

- I. Dar lectura, comprender y cumplir los criterios de diseño y solicitudes de entregables descritos en el presente estándar y en los otros estándares de infraestructura vigentes.
- II. Según se indica en cada disciplina del presente estándar, en el caso de proyectos dentro de un campus, al realizar los levantamientos se debe consultar el equipo de Planta Física del mismo para obtener sus comentarios generales, a través de Project Manager.
- III. Debe dar cumplimiento a los requisitos que señalan las Leyes Federales, Normas Oficiales, normativa estatal y local y/o cualquier otra regulación aplicable al proyecto. En caso de contradicción del presente estándar y cualquier regulación aplicable, se debe preservar lo establecido en la regulación oficial vigente y se debe notificar al Project Manager y al Área Central de Ingeniería.
- IV. Coordinar con sus subcontratistas la correcta interpretación y traducción al idioma que se requiere del presente estándar y de la regulación aplicable.
- V. Realizar cruces de todas las ingenierías para asegurar que no haya empalmes de instalaciones.
- VI. Realizar los cálculos que sean necesarios para su disciplina en el software adecuado y/o en el que se indica en este estándar, sin embargo, al finalizar el proceso de diseño es necesario realizar un modelo tridimensional en Revit.

- VII. Dar lectura, comprender y aplicar en el diseño y construcción de los proyectos los convenios de insumos para construcción del Tecnológico de Monterrey.
- VIII. En la Fase que aplique y cuando el presupuesto esté asignado para construcción, debe asegurarse de mantener el diseño dentro de dicho presupuesto.
- IX. Recabar las firmas necesarias en cada entregable, con apoyo del Project Manager.

8. Específicamente para el Estándar de Energía Medio Ambiente 4ETEC, los siguientes requisitos generales son obligatorios para todos los nuevos proyectos de infraestructura:

- I. El edificio del proyecto debe de declararse libre de humo, cumpliendo en su simbología con la NOM-003-SEGOB-2011, Señales Y Avisos Para Protección Civil. - Colores, Formas Y Símbolos A Utilizar.
- II. Los proyectos de hospital deben cumplir con la NOM-016-SSA3-2012, Que Establece Las Características Mínimas De Infraestructura Y Equipamiento De Hospitales Y Consultorios De Atención Médica Especializada.
- III. Todos los materiales con los que se construye el proyecto han sido fabricados bajo situaciones laborales dignas en cumplimiento con la Ley Federal del Trabajo.
- IV. Debe de cumplir todos los reglamentos locales y federales en materia de edificación y medio ambiente.
- V. Llenar formato Datos Generales para información general del proyecto, haber realizado y validado el checklist de viabilidad y entregado paquete de planos en formato PDF con el respectivo número de identificación asignado según nomenclatura del formato Datos Generales.

# CALIDAD DEL AIRE INTERIOR

## HVAC Y CONTROL (DISEÑO DE INGENIERÍA)

### INTRODUCCIÓN

La función principal del acondicionamiento de aire es mantener, dentro de un espacio determinado, condiciones de confort térmico, o bien las necesarias para los procesos de investigación o fabricación. Para poder conseguir el confort térmico se requiere tener control de las siguientes variables:

- La temperatura de Bulbo seco (TBS).
- La humedad relativa (%HR) o Dew Point (DP).
- La renovación de aire OA, los cambios por Hora ACH
- Las medias filtrantes

Pueden existir condiciones especiales de estas variables requeridas en los espacios, tal es el caso normalmente de laboratorios. En casos especiales las condiciones de dichas variables se deberán dar en cumplimiento a la regulación correspondiente. Para lo anterior se cuenta con estándares que establecen dichos parámetros de diseño:

- ASHRAE 55
- ASHRAE 62.1 /ASHRAE 62.2 -2016
- ASHRAE 90.1-2022
- ASHRAE 52

### NORMATIVA

1. La eficiencia del sistema debe dar cumplimiento con los parámetros establecidos en ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-2019 – Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings.
2. AHRI Standard 550/590 (I-P), Performance Rating of Water-chilling and Heat Pump Water-heating Packages Using the Vapor Compression Cycle.
3. AHRI Standard 551/591 2018 (I-P)
4. Se debe de cumplir con la tabla 6.2.2.1 estándar ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2016 Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, apartado Renovación de Aire; el cual

deberá garantizarse en forma mecánica es decir con un inyector y un extractor para la dilución del volumen de aire indicando en dicha tabla. Se recomienda no utilizar otras áreas para el paso del aire a extraer del espacio diseñado (ó en su defecto considerar la clasificación de aire establecida en la sección 5.16 para priorizar la calidad de aire). Para evitar una referencia de contaminación cruzada.

5. Lineamiento COVID 2021
  - a. Cumplimiento con ASHRAE Standard 62.1-2016 tabla 6.2.2.1 (ver punto 4.).
  - b. Media filtrante mínima requerida en el volumen de aire de recirculación de los espacios siendo MERV 13. A menos que la actividad en el espacio por el tipo de uso requiera una medida filtrante superior, en dicho caso se deberá considerar el valor superior requerido.
6. Las medias filtrantes deben de cumplir las condiciones requeridas del estándar ASHRAE 52.2.
7. Para establecer los valores de diseño para las condiciones ambientales interiores de confort térmico aceptable de los ocupantes de los edificios, se establecerá de acuerdo al estándar ANSI/ASHRAE 55.
8. Los parámetros de ruido máximo deben estar con cumplimiento con ASHRAE Fundamentals Capítulo 7, Valores Generales De Nivel Sonoro De Instalaciones De Aire Acondicionado, con ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1 y Occupational Safety and Health Administration (OSHA).
9. Los parámetros de ruido máximo deben estar con cumplimiento con ASHRAE Fundamentals Capítulo 7, Valores Generales De Nivel Sonoro De Instalaciones De Aire Acondicionado, con ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1 y Occupational Safety and Health Administration (OSHA).
10. De tratarse de un proyecto especial, incluyendo, pero no limitado a Sector Salud, cuartos limpios, laboratorios de investigación, o especiales de pruebas o procesos, donde normalmente se requiere una licencia o certificación emitida por una entidad Gubernamental, el diseño del sistema de HVAC debe dar cumplimiento a la regulación Estatal, Federal (COFEPRIS, SAGARPA, Sector Salud, entre otras) y la sección de ASHRAE correspondiente. Esto aplica especialmente si se requiere una licencia o certificación Estatal o Federal para operar el espacio.

11. ASHRAE Fundamentals y Handbooks.
12. NFPA 90 A, NPFA 90 B
13. NPFA 101
14. Media filtrante en OA MERV 13.

## ESPECIFICACIONES

1. Ductos para sistemas de volumen variable
  - a. Diseño de ductos: El método de diseño (Duct Design) será el de Recuperación de Presión Estática (static regain), en base al Manual CARRIER System Design Manual - Air Distribution, sistema de bajo nivel de caída de presión y prebalanceo de los volúmenes de aire (método static regain).
  - b. El Diseño de Ductos debe estar en cumplimiento con Sheet Metal & Air Conditioning Contractors' National Association (SMACNA).
  - c. Deberá ser considerado en cada salida de aire mecanismos de control manual de aire siendo estas compuertas de balanceo de aire reforzadas modelo Duro Dyne o equivalentes en calidad.
  - d. Se deben considerar derivaciones calculadas, no se permiten tomas en "T" (o tipo zapato) en el ducto.
  - e. No se permiten tapas ciegas al final del ducto.
  - f. Deben asegurarse derivaciones con "Y" verdadera.
  - g. No se permite diseñar la soportería de tal manera que dañe la integridad de los ductos, ejemplo: cerchas pijadas. Se debe considerar soportes tipo columpio con unicanal.
  - h. Si el ducto es rectangular de baja velocidad, su aislamiento deberá ser de fibra de vidrio con foil de aluminio.
  - i. Si el ducto es rectangular de alta velocidad, deberá ser bridado con sello de butilo y aislamiento interior de calidad Duct Liner o superior.
  - j. Si el ducto es redondo tipo espiro, deberá ser liso a menos que exista una intención de look and feel arquitectónico que requiera otro acabado.

- k. El aislamiento para ductos redondos será interior, de calidad Duct Liner o superior. No es necesario aislamiento exterior.
  - l. No se permite el uso de ducto flexible. Deberá considerarse ducto rígido o semirrígido (sin exceder 1.5 metros como uso de salida terminal a difusor o rejilla) aislado con fibra de vidrio con foil de aluminio de 1 ½". Si el ducto es aparente, debe ser rígido y tendrá que llevar el aislamiento interior.
  - m. Se debe considerar que el diseño de ductos tenga los pasos y los espacios necesarios en coordinación con la arquitectura, estructura y otras disciplinas para evitar estrangulamientos de dichos ductos provocando pérdidas de flujo y caídas de presión.
  - n. Todas las salidas de aire deben contar con compuertas de balanceo reforzadas Durodyne (equivalente o superior en calidad).
  - o. La velocidad de diseño será en el rango de 1,800 a 2,000 ft/min pudiéndose incrementar si se comprometen las velocidades de los ramales finales (que sean muy bajas). Como máximo en el rango de 2,500 ft/min a 2,800 ft/min como velocidad de diseño inicial.
2. Ductos para sistemas de volumen constante
- a. Se deben de cumplir todos los puntos del apartado anterior además de los siguientes.
  - b. Ductos deben ser diseñados con grapa y zeta y en las uniones.
  - c. Deberán contar con aislamiento exterior fibra de vidrio de 1 ½" de espesor con foil de aluminio para exterior.
  - d. Las velocidades de diseño son de 1,200 ft/min, siendo una excepción cuando sea un sistema fan&coil con menos de 3 salidas.
3. Bombas de distribución de agua (helada o caliente)
- a. Se prefiere el uso de bombas In Line (Acoplamiento Directo) en eficiencias iguales o superiores al 85%, con sellos en base a vitón y no nitrilo.
  - b. Bombas carcasa bipartida se deben de especificar a partir de 7,500 GPM.
  - c. Se debe de considerar variador de frecuencia en todos los casos.

4. Tuberías de agua de distribución distrital (servicio centralizado de agua helada y/o caliente)
  - a. Parámetros de diseño (implica sistema terciario con intercambiadores de calor).
    - i. Temperatura de agua helada: 42-54 °F,  $\Delta T$  de 12°F (a menos que el estudio de eficiencia permita factible un delta mayor).
    - ii. Temperatura de diseño para calefacción: 120-140°F,  $\Delta T$  de 20°F
  - b. Debe ser galvanizada con costura y de formato Victaulic en diámetros iguales o mayores a 2 1/2". El formato Victaulic es que cuentan con su ranura las tuberías en conformidad con las medidas de los acoplamientos Victaulic.
  - c. La tubería igual o menor a 2" debe ser galvanizada roscada con costura, cumpliendo con las cédulas de los espesores de los diámetros requeridos (norma ASTM- Manual de Carrier de piping design).
  - d. El aislamiento en medias cañas de poliestireno de alta densidad, traslapadas con barrera de vapor HI mastic, manta de poliéster y chaqueta de aluminio (troquelada) calibre 26 con remache pop.
  - e. No se permite el uso de válvulas marca URREA. Válvulas que se pueden usar: Walworth Valve, Worcester, Crane, equivalente o superior en calidad.
  - f. Deberán considerarse juntas de dilatación térmica en cada tramo recto y cada cambio de dirección.
  - g. Deberán considerarse elementos de eliminación de aire en puntas de distribución.
  - h. En caso de que exista un sistema de distribución existente con otros materiales se deberán evaluar las opciones para compatibilidad de la construcción nueva y conexión a dicho sistema existente.
  
5. Tuberías de agua helada y caliente para HVAC distribución local (edificios)
  - a. Debe ser galvanizada con costura y de formato Victaulic en diámetros iguales o mayores a 2 1/2". El formato Victaulic es que cuentan con su ranura las tuberías en conformidad con las medidas de los acoplamientos Victaulic.

- b. La tubería igual o menor a 2" debe ser galvanizada roscada con costura, cumpliendo con las cédulas de los espesores de los diámetros requeridos (norma ASTM- Manual de Carrier de piping design).
  - c. El aislamiento en medias cañas de poliestireno de alta densidad, traslapadas con barrera de vapor HI mastic, manta de poliéster y chaqueta de aluminio calibre 26 con remache pop.
  - d. No se permite el uso de válvulas marca URREA. Válvulas que se pueden usar: Walworth Valve, Worcester, Crane, equivalente o superior en calidad.
6. Tuberías de refrigerante
- a. La tubería de refrigerante para sistemas tal y como expansión directa, sistemas VRF, por ejemplo, deberán considerar tubería rígida.
  - b. Los derivadores deberán cumplir con la distancia mínima de 30 cm antes del cambio o salida al siguiente equipo.
  - c. La tubería refrigerante para Sistema VRF debe ser ACR (barrido en nitrógeno), para garantizar el eliminar la humedad residual en la tubería a instalar (en el proceso de instalación de tubería se deberá correr con nitrógeno cuando se esté realizando la soldadura de la misma).
  - d. El aislamiento de la tubería de refrigerante debe ser el siguiente: si está al exterior debe ser AEROFOAM XLPE N CLAD (equivalente o superior, ver composición para asegurar calidad); si va al interior el aislamiento debe ser AEROFOAM XLPE TUBE (equivalente o superior, ver composición para asegurar calidad). Espuma de poliolefina reticulada de celda cerrada que controla la condensación, tiene alta eficiencia térmica y absorción de sonido; compuesto de espuma, lámina de aluminio y respaldo autoadhesivo, acabado tipo aluminio como protección mecánica.
  - e. En el exterior el aislamiento debe tener cubierta de aluminio como protección mecánica y cubierta impermeabilizante contra intemperie.

## 7. Refrigerantes

- a. Los refrigerantes utilizados para los sistemas de calibre comercial tal como un sistema VRF, deberán ser de bajo impacto de GWP y emisiones.
8. Rejillas y difusores
    - a. La rejilla y el difusor deberán tener especificación en función del tipo de uso del espacio, según la normativa aplicable al mismo.  
Ejemplos: acabado inoxidable en laboratorios que por el tipo de proceso así lo requieran, grado médico para espacios de cuidado de la salud. Coordinarse con el área de Diseño de Arquitectura y especificar el color según la intención de diseño arquitectónico.
    - b. La selección de rejillas y difusores deberá considerar el estándar o normativa que indique el nivel de ruido máximo a perseguir en el espacio de acuerdo al NCA escala A.
  9. Equipos terminales
    - a. La media filtrante mínima requerida para el volumen de aire de recirculación de los espacios es MERV 13; por lo que las unidades terminales o equipos de HVAC en los espacios deberán considerar la caída de presión que implica esta medida filtrante. Los equipos deberán estar diseñados con filtros MERV 13. Cuando la actividad en el espacio por el tipo de uso requiera una medida filtrante superior se deberá considerar dicho valor superior.
    - b. La selección del equipo deberá considerar el estándar o normativa que indique el nivel de ruido máximo a perseguir en el espacio de acuerdo al NCA escala A.
  10. Enfriadores de agua
    - a. Los enfriadores de agua deberán cumplir con certificación AHRI (ver referencia en sección de Normativa).
    - b. Deberán ser seleccionadas (capacidad, tipo de tecnología, etc.) en función del desempeño para las demandas proyectadas a satisfacer Se deben de considerar las cargas parciales para la condición mínima de trabajo del equipo.

- c. La eficiencia deberá estar por encima de las especificaciones en ASHRAE 90.1-2010, tablas 6.8.1-1 a 6.8.1-20, según la capacidad y tipo de equipo de frío.
  - d. Deben considerar cajas marinas en el condensador, como mínimo. Pueden ser en ambos componentes.
  - e. Deben considerar variador de frecuencia.
  - f. Debe considerar la corrida de desempeño con y sin AHRI relief. (sin relief se refiere a temperatura constante en la torre de enfriamiento, 85 °F).
  - g. Integración de control directo al sistema del Campus.
11. Torres de enfriamiento
- a. Deben estar certificadas por el Cooling Tower Institute (CTI).
  - b. Se debe realizar un estudio de calidad de agua para encontrar parámetros de dureza de calcio, sílice, magnesio entre otros, y así determinar si se requiere utilizar suavizador.
  - c. Deben ser de fibra de vidrio y con rodete para un bajo nivel de ruido.
  - d. Respaldado bajo el estándar CTI 152 el cual especifica una vida útil para torres de FRP de 30 a 35 años.
  - e. Transmisión en abanicos de acoplamiento directo, cumplimiento estándar CTI, ASHRAE 90.1-2019.
  - f. Temperatura de agua de torre 85-95 °F,  $\Delta T$  de 10°F
12. Equipos de ventilación
- a. Todos los equipos de ventilación (Extractores, inyectores) deben estar certificados por el Air Movement And Control Association International, INC. (AMCA).
13. Calentadores de agua
- a. Los calentadores de agua para sistemas de calefacción deben ser de bajo nivel de NOX y SOX con eficiencias iguales o superiores a 95%. Para el tema de integración de control para equipos de calefacción en el caso de calentadores de agua, considerando lo dicho en el punto de sistemas de control, se tendrá que

buscar su integración directa a este; ejemplo calentador AERCO a sistema de control METASYS, AERCO cuenta con su integrador directo siendo este el PROTO NODE.

- b. Adicionalmente, la eficiencia de los calentadores según su tipología y capacidad deben cumplir el nivel de eficiencia mínima requerida según ASHRAE 90.1-2019, sección 7.4.

#### 14. Compuertas cortafuegos

- a. Se deben incluir compuertas estáticas donde existan aperturas o particiones de ductos en muros con resistencia de 2 horas o mayor.
- b. Se deben incluir compuertas estáticas en aperturas de habitaciones.
- c. Fuera de estos 2 puntos, el cumplimiento con NFPA 90 A, 90 B debe evaluarse en función de las necesidades del proyecto y decidir los elementos a cumplir.

#### 15. Espacios arquitectónicos

- a. Cuartos de máquinas de HVAC
  - i. Se debe considerar un cuarto de máquinas o de servicio para albergar los equipos principales, tales como manejadoras o equipos que requieran un espacio dedicado por sus dimensiones y requerimientos.
  - ii. Los cuartos de máquinas deberán ser dimensionados para albergar los equipos con sus respectivas distancias de seguridad, operación, mantenimiento y servicio. Éstas se establecen por parte del fabricante.
  - iii. Se recomienda considerar los espacios de cuartos de máquinas en ubicaciones aisladas de los espacios de experiencia de usuarios.
  - iv. En caso de no contar con un cuarto de máquinas y los equipos se colocan en áreas de usuarios expuestos, se deberá realizar un estudio acústico para garantizar la experiencia (en de confort tema acústico) del espacio. Esto es en referencia a OSHAS y a la sección de acústica de este Estándar de Diseño de Ingenierías.

- b. Sanitarios

- i. No deben estar climatizados, deben de contar solamente con extracción, considerando como base los ratios de la tabla 6.5 del estándar ASHRAE 62.1-2016. (Considerando su respectivo balance de aire y su respectiva toma de aire).
    - ii. Colocar rejillas para balancear el aire.
  - c. Cuartos de residuos
    - i. En caso de contar con contenedores refrigerados, se debe incluir únicamente extracción.
    - ii. En caso de no contar con contenedores refrigerados, se debe climatizar el espacio y diseñar su sistema de extracción.
    - iii. En ambos casos, la extracción debe estar en base a los ratios de la tabla 6.5 del estándar ASHRAE 62.1-2016. Colocar rejillas para balancear el aire.
  - d. Cuartos eléctricos
    - i. No se climatizan, sólo se debe incluir extracción. (a menos que exista un requerimiento específico de enfriamiento por algún equipo especial).
    - ii. Colocar rejillas para balancear el aire.
  - e. IDF's (Sites)
    - i. Deben contar con sistema de HVAC independiente del sistema central y Solo Frío el cual debe ser robusto (SEER de 21 o mayor).
    - ii. Considerar cualquier requerimiento especial por parte del equipo de TI para los IDF's a construir. Tales requerimientos especiales pueden ser control de humedad, temperatura de bulbo seco, respaldos, entre otros.
  - f. Áreas de cocina
    - i. El área de preparación de alimentos (barra caliente) no debe ser climatizada, se debe utilizar un sistema adiabático (inclusive en cocinas abiertas) para cumplir con los cambios de aire en las campanas.
    - ii. Referirse al Estándar de espacios de concesiones.

## 16. Control de HVAC

- a. En el caso de que el campus cuente ya con un sistema de HVAC y Control distrital centralizado; se evaluará la capacidad de este para el nuevo proyecto analizando de crecimiento del mismo en cuanto a capacidad y versiones.

- b. Para generar la filosofía optimizada de un sistema de control distrital se debe utilizar el COP<sub>10</sub> de Johnson Control.
- c. Si se determinó la mejor opción como VRF para el proyecto a través del estudio de factibilidad, existe ya una marca del sistema VRF de convenio con Área de Abasto Estratégico. El sistema de control será centralizado (BMS en el edificio) de la misma marca.
- d. Se recomienda considerar los controles descritos en la sección 6.4.3 del estándar ANSI/ASHRAE/IES 90.1-2019, los que apliquen al proyecto y al sistema diseñado.

## DISEÑO CONCEPTUAL/ESQUEMÁTICO

1. Levantamiento de instalaciones existentes: HVAC Y CONTROL del Campus y/o edificio incluyendo:
  - Distribución de equipos
  - Trayectorias y diámetros de tuberías
  - Trayectorias y dimensiones de ductos
  - Tipos y modelos de equipos (cálculo o estimación de capacidades en caso de no contar con información en los equipos, por tema de legibilidad o daños)
  - Marcas de equipos
  - Estudio de capacidad del sistema actual y su condición de vida útil
  - Temperaturas de agua fría y caliente
2. Análisis De Factibilidad: Debe realizarse un análisis con soportes de comparativas de eficiencias, costos de inversión inicial, costos operativos de energía, mantenimiento y su interacción con la arquitectura de los edificios; de igual manera sustentando con recuperaciones de inversión.
3. Cargas térmicas: Se entregará un estudio de cargas térmicas utilizando el software TRACER PLUS de TRANE (versión más reciente), el HAP de CARRIER; para determinar capacidades del sistema del HVAC (enfriamiento, calefacción, control de humedad, renovación de aire, medias filtrantes, presiones estáticas requeridas

en el espacio) para llegar al confort y normatividad requerida del área, en función de su uso (cumpliendo con normas del ASHRAE, estatales y federales)

## DESARROLLO DEL DISEÑO

- Bases de diseño
- Memoria descriptiva del sistema
- Selección de los equipos y corridas del fabricante del sistema de HVAC y Control. Entregar PDF con el resultado de las interacciones en el software, este resultado debe reflejar la eficiencia y características de los equipos (curvas de operación y desempeño).
- Tabla de equipos con especificación.
- Diseño de ductos: guía mecánica, memoria de cálculo y planos.
- Diseño de tuberías: guía mecánica, memoria de cálculo y planos.
- Diseño del sistema de control: tablas de equipos y planos con canalización y cableado y topología de control.
- Plano con cortes, elevaciones y detalles de la instalación de los elementos del sistema.
- Modelación tridimensional realizada en plataforma Autodesk Revit de acuerdo al requerimiento del proyecto.
- Catálogo de conceptos a detalle.

## PRUEBAS, BITÁCORA DE INSTALACIÓN, ARRANQUE Y ENTREGA

Las siguientes pruebas deben de realizarse por el proveedor instalador en presencia/coordinación con el responsable de Comisionamiento. Una vez que las pruebas son satisfactorias informar al especialista de Ingenierías Central. El especialista de Ingeniería puede también formar parte del proceso de la realización de pruebas.

1. Balanceo de distribución de agua y aire.
2. Ajuste del total del sistema para proveer las cantidades de diseño.

3. Mediciones eléctricas.
4. Desempeño de eficiencia de los equipos y el sistema en general.
5. Verificación del sistema de control automático y su secuencia de operación.
6. Medición de sonido y vibración.
7. Aseguramiento de técnicas y normatividad en la instalación otra actualización.

## ILUMINACIÓN (DISEÑO DE INGENIERÍA)

### REQUISITOS

1. En los espacios internos de trabajo (oficinas, aulas) se debe cumplir con una uniformidad de 3:1 (nivel promedio/min), que no sean decorativos.
2. En áreas deportivas se debe cumplir con una uniformidad de 5:1.
3. Niveles de iluminación, la densidad de potencia por área DPEA y el control debe de cumplir con lo especificado en la siguiente tabla y con lo especificado en el Estándar de Diseño de Espacios y en el Estándar de Energía y Medio Ambiente.

| ESPACIO   |  | DPEA MÁXIMO (w/ft2) | LUX PROMEDIO | TIPO DE CONTROL                                  | ESPACIO   |                                | DPEA MÁXIMO (w/ft2) | LUX PROMEDIO | TIPO DE CONTROL |
|-----------|--|---------------------|--------------|--|-----------|--------------------------------|---------------------|--------------|-----------------|
| Educativo | Educativo Modelo TEC 21                    | 1.1                 | 500          | ON/OFF, Sensor de ocupación de vacancia, escenas | Borde     | Caseta                         | 1.39                | 500          | ON/OFF          |
|           | Learning Commons                           | 1.1                 | 500          | ON/OFF, Sensor de ocupación de vacancia, escenas |           | Banqueta                       | 1.1                 | 20           | ON/OFF          |
|           | Auditorio                                  | 1                   | 500          | ON/OFF   |           | Cruce en esquinas              | 1.1                 | 20           | ON/OFF          |
|           | Talleres                                   | 1.1                 | 1000         | ON/OFF, Atenuación Manual, Escenas               | Cafeteria | Área de cocina                 | 0.9                 | 300-400      | ON/OFF          |
|           | Laboratorio s mesas de trabajo             | 1.21                | 1000         | ON/OFF, Atenuación Manual                        |           | Área de venta de comida        | 0.9                 | 300-350      | ON/OFF          |
|           | Laboratorio en áreas que no sean las mesas | 1.21                | 300          | ON/OFF, Atenuación Manual                        |           | Área de comedor en el interior | 0.9                 | 300-350      | ON/OFF          |
|           | Usos múltiples                             | 1.1                 | 500          | ON/OFF, Atenuación Manual, Escenas               |           | Área de comedor al aire libre  | 0.9                 | 300-350      | ON/OFF          |

| ESPACIO                |   | DPEA MÁXIMO (w/ft2) | LUX PROMEDIO | TIPO DE CONTROL                    | ESPACIO             |                 | DPEA MÁXIMO (w/ft2) | LUX PROMEDIO  | TIPO DE CONTROL   |
|------------------------|---|---------------------|--------------|------------------------------------|---------------------|-----------------|---------------------|---|---|
| Colaboradores de apoyo | Áreas abiertas  | 1.1                 | 500          | ON/OFF                             | Ceddie              | Ceddie          | 1.1                 | 500   | ON/OFF  |
|                        | Help Desk   | 0.9                 | 150          | ON/OFF                             | Centro Estudiantil  | Áreas abiertas  | 1.1                 | 500   | ON/OFF, Sensor de ocupación de vacancia, escenas                    |
| Arte                   | Espacios en el exterior, tipo cheers bar, terrazas, Talleres / Salones de Baile, artes plásticas. | 1.39                | 500          | ON/OFF, Atenuación Manual, Escenas |                     | Auditorio       | Auditorio           | 1   | 500   |
|                        | Auditorio   | 1                   | 500          | ON/OFF, escenas                    | Atletismo y Deporte | Canchas         | 1.39                | De entrenamiento y juegos internos 300<br>De juegos oficiales 1000 lux. | ON/OFF  |
|                        | Taquillas   | 1                   | 100          | ON/OFF                             |                     | Salas de Pesas  | 1.1                 | 500   | ON/OFF  |
|                        | Teatro  |                     |              |                                    |                     | Área de dormir  | 1.1                 | 300   | On/OFF, Atenuación Manual   |
|                        | Camerinos   | 1.39                | 200          | Sensor de ocupación de vacancia.   | Residencias         | Escritorio      | 1.1                 | 300   | On/OFF, Atenuación Manual   |
|                        | Ensayo y maquillaje   | 1.39                | 500          | Sensor de ocupación de vacancia.   |                     | Cocineta        | 1.1                 | 300   | Sensor de ocupación de vacancia                                     |
|                        | Sala antes y después de presentación  | 1.39                | 100          | ON/OFF                             | Salas de juntas     | Salas de juntas | 1.1                 | 300   | ON/OFF, Sensor de ocupación de vacancia, Atenuación Manual, Escenas |
|                        | Sala durante presentación   | 1.39                | 2            | ON/OFF                             | Nap Room            | Nap Room        | 1.1                 | 300   | ON/OFF  |

| ESPACIO         |                           | DPEA MÁXIMO (w/ft2) | LUX PROMEDIO | TIPO DE CONTROL                          | ESPACIO                                   |   | DPEA MÁXIMO (w/ft2) | LUX PROMEDIO                             | TIPO DE CONTROL                          |
|-----------------|---------------------------|---------------------|--------------|--|---|---|---------------------|--|--|
| Kids Zone       | Kids Zone                 | 1.1                 | 500          | ON/OFF                                   |   | Banquetas                                 | 1.1                 | 50                                       | ON/OFF                                   |
| Punto blanco    | Punto blanco              | 1.1                 | 300          | ON/OFF, Atenuación Manual, Escenas.      | Pasillos y andadores                      | Andadores al aire libre dentro del campus | 0.69                | 50                                       | ON/OFF, Atenuación Automática.           |
| Lavado de tasas | Área para lavar las tasas | 1.1                 | 300          | ON/OFF                                   |   | Pasillos de servicio al aire libre        | 0.69                | 50                                       | ON/OFF.                                  |
| Escaleras       | Escaleras por el exterior | 0.69                | 100          | ON/OFF                                   |   | Pasillos de servicio dentro de un espacio | 0.66                | 150                                      | ON/OFF, Sensor de ocupación de vacancia. |
|                 | Escaleras en el interior  | 0.69                | 100          | ON/OFF, Sensor de ocupación de vacancia. | Pasillos de tránsito dentro de un espacio | 0.66                                      | 150                 | ON/OFF, Sensor de ocupación de vacancia. |  |
|                 | Escaleras de emergencia   | 0.69                | 100          | ON/OFF, Sensor de ocupación de vacancia. | Bodegas en general                        | Bodegas en general                        | 0.7                 | 100                                      | Sensor de ocupación de vacancia.         |
|                 |                           |                     |              | Servicios                                | Sanitarios                                | 0.7                                       | 100                 | Sensor de ocupación de vacancia.         |  |

| ESPACIO | DPEA MÁXIMO (W/ft2) | LUX PROMEDIO | TIPO DE CONTROL |
|---------|---------------------|--------------|-----------------|
|---------|---------------------|--------------|-----------------|

|                                 |      |         |                             |
|---------------------------------|------|---------|-----------------------------|
| Área de estacionamiento cerrado | 0.16 | 300-500 | ON/OFF, sensor de presencia |
|---------------------------------|------|---------|-----------------------------|

4. Se deben utilizar las luminarias que se tienen en convenio con Abastecimiento Estratégico (revisar el catálogo actualizado). En caso de proponer una luminaria que no se encuentre en convenio, esta debe de cumplir con los requisitos de la siguiente tabla; el equipo de Ingeniería Central puede validar o no dicha propuesta fuera de convenio.

| Especificaciones     | Requisito                  |  |
|----------------------|----------------------------|--|
| Watts                | Watts                      |  |
| Lumens               | Salida de Lumens           | Menciona rango de salida de Lumens   |
| Eficacia             | Eficacia (LPW)             | Luminarias de interior mínimo 80 LPW, estacionamientos y canchas deportivas 100 LPW        |
| Cri                  | CRI                        | Luminarias en interior mínimo 80 y en exterior mínimo 50                                   |
| Control              | Tipo de Control            | 0 a 10 V   |
| Voltaje/Drive        | Voltaje en Drive           | Multivoltaje 90 a 277 Volts AC   |
| Temp Color           | Temperatura de Color       | Menciona Temp de color deseada   |
| Vida Media           | Vida Media (h)             |  |
| Ip                   | IP                         |  |
| Mtto Lumens          | Mantenimiento de Lumens    | L80@ 50,000hrs   |
| Certificaciones      | Certificaciones            | Se requieren los siguientes estándares o certificaciones LM63, LM79, LM80 y TM21, UL, NOM. |
| Garantía             | 10 años                    |  |
| Imagen De Referencia |                            |  |
| Propuesta de valor   | Precio y análisis de valor |  |
| Descripcion Tecnica  |                            |  |
| Comentarios          |                            |  |

5. Considerar también la inclusión de controles/sensores de luz/día (daylight); Cuando el área de iluminación lateral primaria combinada en un espacio cerrado sea igual o superior a 23 m<sup>2</sup>, las lámparas de iluminación general en el área de iluminación lateral primaria deberán estar controladas por separado por al menos un fotocontrol multinivel (ver imagen referencial). Además, cuando el área total de luz natural bajo los tragaluces más el área total de luz natural debajo de los monitores de techo en un espacio cerrado exceda los 84 m<sup>2</sup>, las lámparas de iluminación general en el área de luz natural deberán ser controladas por separado mediante al menos un foto-control multinivel. Estos foto-controles deberán tener las siguientes características:

- a. El sensor de luz del foto-control deberá estar alejado del lugar donde se realizan los ajustes de calibración;

- b. Los ajustes de calibración deberán ser fácilmente accesibles; y
- c. El fotocontrol multinivel reducirá la iluminación eléctrica en respuesta a la luz natural disponible con al menos un paso de control que esté entre el 50% y el 70% de la potencia de iluminación de diseño y otro paso de control que no sea mayor al 35% (incluido el apagado) de la potencia de diseño.

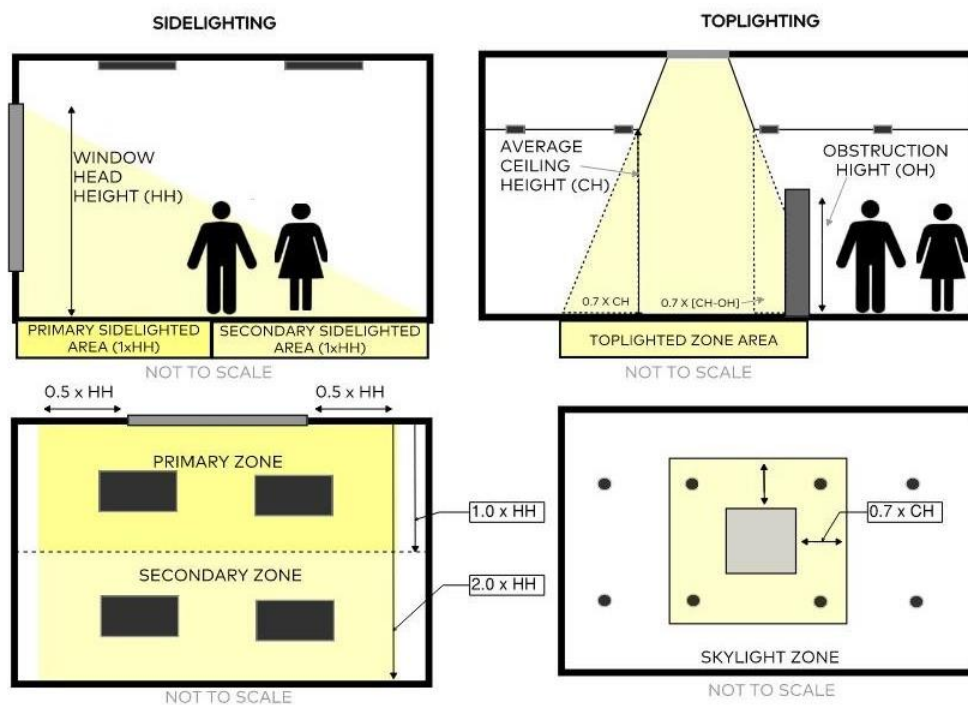


Imagen referencial. Web vxvsolutions

## ENTREGABLES

1. Elaboración de una memoria conceptual en PDF que incluya:
  - i. La intención del diseño del espacio.
  - ii. Descripción conceptual del sistema.
  - iii. Propuestas de tipo de luminarias.
  - iv. Propuestas de control de iluminación
2. Definición de las tipologías, proyección de la cantidad y ubicación de luminarias en el proyecto, propuesto en base a la arquitectura del espacio. Plano .DWG y PDF.

3. Elaboración de una memoria técnica descriptiva del proyecto.
4. Utilizando el software AGI32 se debe entregar un estudio lumínico, el cual debe abarcar todos los espacios de proyecto; el estudio debe presentar visualizaciones a través del método punto a punto, escala de grises, escala de colores.

## ESFUERZOS ADICIONALES

1. Implementar luminarias eficientes, con más del 30% por debajo del DPA máximo establecido en las tablas.

# INSTALACIONES PARA BICICLETAS

## REQUISITOS

### CANTIDAD DE ESTACIONAMIENTOS PARA BICICLETAS

1. Diseñar o ubicar el proyecto de tal manera que haya una entrada operativa o almacenamiento de bicicletas a menos de **30 metros** (100 pies) **a pie de cualquier entrada principal del edificio**.
2. Se debe incluir almacenamiento para bicicletas a corto plazo para al menos el **2,5%** de todos los **visitantes en las horas pico**. No podrá haber menos de cuatro espacios de estacionamiento por edificio.
3. Se debe incluir almacenamiento para bicicletas a largo plazo para al menos el **5%** de todos los **ocupantes habituales** del edificio. No podrá haber menos de cuatro espacios de estacionamiento por edificio además de los espacios de corto plazo.
4. Se debe contar con la infraestructura de rampas y pasajes que permitan el desplazamiento desde el acceso al predio hasta los racks
5. El estacionamiento debe tener al menos dos puntos de apoyo para la bicicleta para evitar que esta caiga, y permitir que el propietario asegure tanto el marco como una o ambas ruedas con un candado. El estacionamiento debe estar anclado firmemente y ser resistente a cortes, oxidación, doblado y otras deformaciones

### VESTUARIOS

- Se debe de contar con al menos 01 regadera en el sitio, con instalaciones de vestuarios, para los primeros 100 ocupantes habituales del edificio, y al menos 01 regadera adicional por cada 150 ocupantes habituales más que haya. En el cálculo de ocupantes debe de contemplarse tanto el aforo total de personal que labora en el edificio como también el aforo total de estudiantes. Adicional, deberá respetar lo establecido en el Estándar de Diseño.

- Si el espacio para duchas y vestuarios es limitado, a todos los ocupantes se les puede ofrecer acceso gratuito a instalaciones de duchas ubicadas en otro sector del proyecto (por ejemplo: las duchas de un gimnasio que se encuentre dentro de los límites del proyecto).

## ENTREGABLES

Utilizando el formato base, integrar la siguiente información:

1. Descripción conceptual de la intención, puede incluir texto e imágenes.
2. Croquis con señalización de ubicación en planta y ficha especificando mobiliario.

## ESFUERZOS ADICIONALES

2. Proporcionar en el sitio kit de herramientas básicas de mantenimiento de bicicletas, incluidas bombas de neumáticos, kits de parches y llaves hexagonales.
3. Ofrecer un programa de asistencia a bicicletas en rutas ciclistas para los empleados.

## CAJONES DE ESTACIONAMIENTO VEHICULAR

### REQUISITOS

#### ESPACIOS DE ESTACIONAMIENTO

1. De ser posible, el proyecto no debe demandar construir cajones de estacionamiento.
2. El número de cajones de estacionamiento debe ser como máximo aquel designado como mínimo necesario en los reglamentos de construcción de la ciudad donde se localice el proyecto.
3. Se deben incluir cajones especiales para:
  - a. Personas con discapacidad (la cantidad/proporción establecida en la normativa local).
  - b. Mujeres embarazadas (1% del total de cajones).
4. Asignar el **5%** de todos los espacios de estacionamiento del proyecto a estacionamiento preferencial para vehículos verdes (\*). Identificar dichos espacios claramente, y restringir su uso únicamente a vehículos verdes (\*).
5. Distribuir los espacios de estacionamiento preferencial de manera proporcional entre las diferentes secciones del estacionamiento (por ejemplo: entre estacionamiento a corto plazo y a largo plazo).

*(\*) **Vehículos Verdes:** Aquellos vehículos que logran obtener una puntuación verde mínima de 45 en la guía anual de clasificación de vehículos del American Council for an Energy Efficient Economy (ACEEE) o equivalente local.*

#### RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Proporcionar recarga de combustible alternativo en el sitio

1. Se recomienda instalar equipo de suministro de vehículos eléctricos (Electric Vehicle Supply Equipment - EVSE) en el **5%** de todos los espacios de estacionamiento utilizados por el proyecto o al menos dos espacios, lo que sea mayor.

2. Identificar claramente y reservar estos espacios para uso exclusivo de vehículos eléctricos enchufables.

El equipamiento de EVSE debe:

- Proporcionar capacidad de carga de Nivel 2 (208 – 240 voltios) o mayor para cada espacio.
- Cumplir con los estándares regionales o locales relevantes sobre conectores eléctricos, como la SAE Surface Vehicle Recommended Practice J1772, la SAE Electric Vehicle Conductive Charge Coupler o el IEC 62196 de la Comisión Electrotécnica Internacional
- Estar en red o conectado a Internet, y poder participar en un programa de respuesta a la demanda o de tarifas según horario de uso con el fin de fomentar las cargas fuera de las horas pico.

## ENTREGABLES

Utilizando el formato base, integrar la siguiente información:

1. Descripción conceptual del estacionamiento.
2. Descripción de la implementación incorporando los requisitos municipales de cajones de estacionamiento.
3. Planos arquitectónicos con señalización, especificación cantidad y proporción de superficie de cajones.

## CALIDAD DEL AGUA ENTREGADA

### REQUISITOS

1. Toda agua para consumo humano debe proveerse con una calidad que esté en cumplimiento con la NOM-127-SSA1-2021 "Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua".
2. Se prohíbe la instalación de garrafones de agua en el proyecto.
3. El diseño del proyecto debe incluir bebederos y/o dispensadores de agua para los usuarios del proyecto.
4. Se debe cumplir la especificación del tipo de bebedero y sus características de ubicación e instalación según lo que se indique en el "Estándar de Diseño de Espacios".

### ENTREGABLES

Utilizando el formato base, integrar la siguiente información:

1. Descripción conceptual de las actividades a llevar a cabo para alcanzar la correcta calidad del agua.
2. Descripción de la implementación de sistema de filtrado de agua.
3. Caracterización del agua proveída para consumo humano realizada por un laboratorio certificado.
4. Plano con ubicación de bebederos y/o dispensadores.

### ESFUERZOS ADICIONALES

En caso se desee lograr la Certificación WELL V2 se deberán realizar las siguientes actividades para cumplir con las Precondiciones (medidas obligatorias de la Certificación WELL):

#### 1. INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA

*Verificar lo siguiente mediante prueba de rendimiento a realizar **previo a la utilización del edificio construido/implementado.***

El agua entregada al proyecto y destinada al contacto humano (por ejemplo, beber, cocinar y lavar platos, lavarse las manos, ducharse y/o bañarse) cumple con los siguientes umbrales:

1. La turbidez es menor o igual a 1,0 NTU, FTU o FNU (turbidez nefelométrica, turbidez de formazina o unidades nefelométricas de formacina, respectivamente).
2. No se detectan coliformes en ninguna muestra de 100 ml.

## 2. CUMPLIR CON LOS UMBRALES QUÍMICOS

*Verificar lo siguiente mediante prueba de rendimiento a realizar **previo a la utilización del edificio construido/implementado.***

Los dispensadores de agua potable proporcionan agua que cumple con los siguientes parámetros:

1. Aluminio  $\leq 0.2$  mg/L. *(igual a nueva NOM-127-SSA1-2021)*
2. Arsénico  $\leq 0,01$  mg/L. *(inferior a nueva NOM-127-SSA1-2021)*
3. Cadmio  $\leq 0,003$  mg/L. *(inferior a nueva NOM-127-SSA1-2021)*
4. Cloruro  $\leq 250$  mg/L. *(inferior a nueva NOM-127-SSA1-2021)*
5. Cromo (total)  $\leq 0,05$  mg/L. *(igual a nueva NOM-127-SSA1-2021)*
6. Cobre  $\leq 1$  mg/L. *(inferior a nueva NOM-127-SSA1-2021)*
7. Fluoruro  $\leq 1,5$  mg/L. *(igual a nueva NOM-127-SSA1-2021)*
8. Plomo  $\leq 0,01$  mg/L. *(igual a nueva NOM-127-SSA1-2021)*
9. Hierro  $\leq 0,3$  mg/L. *(igual a nueva NOM-127-SSA1-2021)*
10. Manganeso  $\leq 0,05$  mg/L. *(inferior a nueva NOM-127-SSA1-2021)*
11. Mercurio (total)  $\leq 0,006$  mg/L. *(igual a nueva NOM-127-SSA1-2021)*
12. Níquel  $\leq 0,07$  mg/L. *(igual a nueva NOM-127-SSA1-2021)*
13. Nitrato  $\leq 50$  mg/L como Nitrato (11 mg/L como Nitrógeno). *(igual a nueva NOM-127-SSA1-2021)*
14. Nitrito  $\leq 3$  mg/L como Nitrito (0,9 mg/L como Nitrógeno). *(igual a nueva NOM-127-SSA1-2021).*
15. Plata de 0.05 a 0,1 mg/L. *(igual a nueva NOM-127-SSA1-2021)*
16. Sodio  $\leq 270$  mg/L. *(inferior a nueva NOM-127-SSA1-2021)*
17. Sulfato  $\leq 250$  mg/L. *(inferior a nueva NOM-127-SSA1-2021)*
18. Zinc  $\leq 5$  mg/L. *(inferior a nueva NOM-127-SSA1-2021)*

19. Sólidos Disueltos Totales (SDT)  $\leq$  500 mg/L.
20. Cloro total  $\leq$  5 mg/L. (*inferior a nueva NOM-127-SSA1-2021*)
21. Cloro residual (Cloro libre) de 0.2 a 1.25 mg/L. (*inferior a nueva NOM-127-SSA1-2021*)
22. La concentración de trihalometanos totales (TTHM, suma de dibromoclorometano, bromodiclorometano, cloroformo y bromoformo) es de 0,08 mg/L o menos. (*inferior a nueva NOM-127-SSA1-2021*)
23. La concentración de ácidos haloacéticos (HAA<sub>5</sub>, suma de los ácidos cloroacético, dicloroacético, tricloroacético, bromoacético y dibromoacético) es de 0,06 mg/L o menos. (*inferior a nueva NOM-127-SSA1-2021*)

### 3. CUMPLIR CON LOS UMBRALES PARA PRODUCTOS ORGÁNICOS Y PESTICIDAS

*Verificar lo siguiente mediante prueba de rendimiento a realizar previo a la utilización del edificio construido/implementado.*

- a. Las pruebas en dispensadores de agua potable demuestran el cumplimiento de los pesticidas siguientes:
  1. Aldrin y Dieldrin (combinados): 0,00003 mg/L o menos.
  2. Atrazina: 0,1 mg/L o menos.
  3. Carbofurano: 0,007 mg/L o menos.
  4. Clordano: 0,0002 mg/L o menos.
  5. Ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D): 0,03 mg/L o menos.
  6. Diclorodifeniltricloroetano (DDT) y metabolitos: 0,001 mg/L o menos.
  7. Lindano: 0,002 mg/L o menos.
  8. Pentaclorofenol (PCP): 0,009 mg/L o menos.
- b. Las pruebas en dispensadores de agua potable demuestran el cumplimiento de los contaminantes orgánicos siguientes:
  1. Benceno: 0,01 mg/L.
  2. Benzo[a]pireno: 0,0007 mg/L.

3. Tetracloruro de carbono: 0,004 mg/L.
4. 1,2-Dicloroetano: 0,03 mg/L.
5. Tetracloroetano (Tetracloroetileno): 0,04 mg/L.
6. Tolueno: 0,7 mg/L.
7. Tricloroetano (Tricloroetileno): 0,02 mg/L.
8. 2,4,6-Triclorofenol: 0,2 mg/L.
9. Cloruro de vinilo: 0,0003 mg/L.
10. Xilenos (o-, m- y p-): 0,5 mg/L.

#### 4. MONITOREAR LA CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA

*Verificar lo siguiente mediante pruebas de rendimiento a realizar de forma intermitente posterior al inicio de utilización del edificio construido/implementado.*

- a. Los siguientes parámetros del agua se analizan a intervalos no inferiores a una vez al año:
  1. Turbiedad.
  2. pH.
  3. Cloro residual (libre).
  4. Coliformes totales, sólo si el cloro residual está por debajo de los límites de detección.
  5. Cualquier otro parámetro del agua que se encuentre al 80% o por encima de su umbral enumerado en los puntos principales 1, 2 y/o 3 de este capítulo). Las pruebas se realizan sólo en los lugares donde se encontró que los parámetros estaban al 80% o por encima de su umbral y las pruebas se llevan a cabo al menos una vez al año hasta que la muestra esté por debajo del 80% del umbral.
- b. El número y ubicación de los puntos de muestreo para el monitoreo continuo cumple con los requisitos descritos en la Guía de Verificación del Desempeño de la Certificación WELL V2. Para el pH, utilice los lugares de muestreo y la frecuencia establecida para el cloro residual.

## 5. IMPLEMENTAR PLAN DE MANEJO DE LEGIONELLA

Elaborar un plan de *Gestión de Legionella* que cumple con los siguientes requisitos:

- a. Aborda sistemas de agua caliente, torres de enfriamiento, fuentes decorativas y cualquier otro dispositivo o espacio bajo control del proyecto donde el agua se recircula y sea aerosolizada.
- b. Incluir los elementos enumeran a continuación:
  1. Determinación de roles para la gestión de Legionella en el edificio, distinguiendo aquellos bajo control de proyecto de aquellos que pueden ser responsabilidad de la dirección del edificio u otras partes.
  2. Inventario de sistemas de agua y diagramas de flujo de procesos de los sistemas dentro de los límites del proyecto.
  3. Análisis de peligros de los activos hídricos dentro de los límites del proyecto. Si el proyecto no opera el sistema de suministro de agua caliente del edificio (por ejemplo, calderas, calentadores, bombas y/o elevadores de agua caliente), entonces se incluye una explicación de las políticas de manejo de Legionella en todo el edificio (si las hay) y cómo influyen en el riesgo.
  4. Una lista de acciones de monitoreo para variables relevantes (por ejemplo: temperatura o cloro residual), límites de desempeño asociados con estas variables y acciones correctivas cuando las variables excedan dichos límites.
  5. Una lista de puntos de control críticos (lugares donde se aplican acciones para mantener las variables relevantes enumeradas en (4) dentro de los límites de desempeño) dentro de los límites del proyecto.
  6. Procedimientos de verificación y validación para evaluar la idoneidad y adecuada implementación del plan de manejo. Se incluye un cronograma de muestreo de Legionella si los

proyectos tienen control operativo sobre torres de enfriamiento y spas.

7. Protocolos para documentar los resultados de las actividades de monitoreo y acciones correctivas. Si se planifica un muestreo para Legionella , se incluyen los resultados.

## CONTAMINANTES EN ACABADOS Y ADHESIVOS

### REQUISITOS

Las pinturas, revestimientos, adhesivos y selladores recién instalados de aplicación húmeda cumplen con los umbrales y con las regulaciones de COVs establecidos en las siguientes normas (según sea el caso):

- Norma SCAQMD 1168 (Adhesivos y Selladores, 2017).
- GB 33372-2020 (Adhesivos).
- 2019 CARB SCM para Recubrimientos Arquitectónicos.
- Etiqueta ecológica UE para pinturas y barnices de interior y exterior.
- HJ 2537-2014 (Pinturas).

A continuación, se listan los materiales más utilizados. Referir a los estándares mencionados previamente para cualquier otro material de aplicación húmeda que no se liste en estas tablas:

**Tabla 1. Contenido máximo permisible de COV para adhesivos en aplicaciones arquitectónicas.**

| Aplicaciones Arquitectónicas        | Límite de COV g/litro |
|-------------------------------------|-----------------------|
| Adhesivos para alfombra interior    | 50                    |
| Adhesivos para alfombra exterior    | 150                   |
| Adhesivo para piso de madera        | 100                   |
| Adhesivo para piso cerámico         | 65                    |
| Adhesivo para zoclo                 | 50                    |
| Adhesivo multipropósito             | 70                    |
| Adhesivo para estructura de cristal | 100                   |
| Adhesivo para muro falso            | 50                    |

**Tabla 2. Contenido máximo permisible de COV para pinturas y esmaltes.**

| Tipo de pintura / esmalte                 | Límite de COV g/litro |
|---|-----------------------|
| Látex para hierro galvanizado y zincalume | 20                    |
| Sellador para interior                    | 55                    |
| Primera capa para madera                  | 45                    |
| Interior acabado brillante                | 70                    |
| Interior acabado semi-brillante           | 70                    |
| Interior acabado de bajo brillo           | 60                    |
| Interior acabado mate lavable             | 60                    |
| Interior acabado mate techo               | 50                    |
| Exterior acabado brillante                | 70                    |
| Exterior acabado semi-brillante           | 65                    |
| Exterior acabado mate                     | 60                    |
| Exterior acabado de bajo brillo           | 55                    |
| Interior aplicaciones metálicas           | 420                   |
| Exterior aplicaciones metálicas           | 420                   |

**Tabla 3. Contenido máximo permisible de COV en adhesivos para instalaciones.**

| Aplicaciones en Adhesivos                    | Límite de COV g/litro |
|--|-----------------------|
| Adhesivo para PVC                            | 510                   |
| Adhesivo para CPVC                           | 490                   |
| Adhesivo para ABS                            | 400                   |
| Adhesivo para soldadura plástica             | 350                   |
| Adhesivo para plástico                       | 650                   |
| Adhesivo de contacto                         | 80                    |
| Adhesivo para elemento de madera estructural | 140                   |

## ENTREGABLES

Utilizando el formato base, integrar la siguiente información:

1. Descripción conceptual de la intención, puede incluir texto e imágenes.
2. Listado de acabados y aplicaciones especiales presentes en el proyecto.
3. Fichas técnicas de los productos. Preferentemente, las fichas técnicas presentadas deben contar con el sello de alguna certificación que avale la emisión permitida de VOC, de no contar con ella, la ficha técnica será revisada y validada por especialistas de la oficina central de infraestructura.

## REQUISITOS

1. Especificar muebles cuyos datos de emisión de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV ó VOC por sus siglas en inglés) cumplan con lo especificado en ANSI/BIFMA Standard Method M7.1–2011 (R2021) y con los valores especificados en ANSI/BIFMA e3-2014 Furniture Sustainability Standard, Secciones 7.6.1, 7.6.2 y 7.6.3 (Muebles).
  2. En lo posible elegir muebles que NO contengan textiles (es decir, telas, incluidos los tapizados) ni plástico.
  3. De elegir muebles que SI contenga textiles y/o plástico, que los mismos contengan 100 ppm (0,01 %) en peso o menos de los siguientes compuestos y clases químicas (\*):
    - a. Retardantes de llama halogenados (HFR).
    - b. Sustancias perfluoroalquiladas y polifluoroalquiladas (PFAS).
    - c. Dirigir.
    - d. Cadmio.
    - e. Mercurio.
- (\*) Para evaluar el cumplimiento de un producto, todas las piezas de cada una de las dos categorías de materiales (textiles, plásticos) se agrupan y cada categoría de material se evalúa de forma independiente con respecto al umbral de 100 ppm.
4. Todos los productos eléctricos y electrónicos cumplen con las restricciones de RoHS.
  5. Los productos para pisos contienen 100 ppm (0,01%) en peso o menos de lo siguiente:
    - a. Retardantes de llama halogenados (HFR).
    - b. Sustancias perfluoroalquiladas y polifluoroalquiladas (PFAS).
    - c. Ortoftalatos.
  6. Los productos de aislamiento, incluido el aislamiento térmico y acústico en paredes, techos, conductos, tubos y tuberías, contienen 100 ppm (0,01%) en peso o menos de retardantes de llama halogenados (HFR).

7. Los paneles de techo y pared contienen 100 ppm (0,01%) en peso o menos de lo siguiente:
  - a. Retardantes de llama halogenados (HFR).
  - b. Ortoftalatos.
8. Las tuberías y accesorios destinados a la distribución y entrega de agua potable contienen 100 ppm (0,01%) en peso o menos de ortoftalatos.

## ENTREGABLES

Utilizando el formato base, integrar la siguiente información:

1. Descripción conceptual de la intención, puede incluir texto e imágenes.
2. Croquis con distribución de muebles especificando en tabla los tipos y cantidad en cada uno.
3. Tabla que indique los factores de emisión del mobiliario y cómo éstos se encuentran dentro de los límites máximos permitidos.
4. Fichas técnicas de los productos. Las fichas técnicas deberán de presentar el sello de alguna certificación que avale la emisión permitida de VOC.

## MANEJO DE LA HUMEDAD

### REQUISITOS

Utilizando como guía el documento U.S. EPA's Moisture Control Guidance for Building Design, Construction and Maintenance, describir los siguientes aspectos del edificio:

#### a. Control de Agua.

Describir, en cada punto donde aplique en el edificio, el manejo de agua en exteriores, en envolvente e interiores incluyendo lo siguiente:

1. Manejo de agua de lluvia o nieve. Envolvente.
2. Manejo de agua del subsuelo, escurrimiento y/o de riego. Cimentación, muros en contacto.
3. Manejo del agua que entra al edificio mediante instalaciones. Ducteria.
4. Manejo de materiales porosos durante construcción.

#### b. Control de Condensación.

Describir el manejo del ambiente interior que se ha dado para evitar la condensación incluyendo la especificación pertinente en el equipo de HVAC con especial atención en áreas húmedas como baños, sótanos y almacenes.

#### c. Materiales

En superficies susceptibles a la humedad, describir las propiedades anti-hongo y la estrategia de selección de materiales lo mitiguen. y de absorción de los materiales en áreas susceptibles a la humedad.

### ENTREGABLES

Utilizando el formato base, integrar la siguiente información:

1. Descripción de las posibles actividades conceptuales.
2. Descripción de las actividades para evitar la humedad dentro del edificio. Incluir fotografías.

## ESFUERZOS ADICIONALES

Se recomienda incorporar las siguientes prácticas una vez que el edificio se encuentre en funcionamiento:

1. Colocar lámparas ultravioleta en las unidades centrales de tratamiento de aire para irradiar las superficies de los serpentines de refrigeración y las bandejas de drenaje/condensación.
2. De no poder colocar lámparas ultravioleta, realizar inspecciones trimestrales a los equipos de HVAC (especialmente a los serpentines de enfriamiento), con el propósito de detectar el crecimiento de moho. De ser necesario, limpiarlos.
3. Realizar inspecciones anuales en todos los sectores críticos y/o sensibles a la humedad, con el propósito de detectar: signos de daños por agua (decoloración, generación de moho en techos, paredes y/o pisos, entre otros).

# DISEÑO BIOCLIMÁTICO

## REQUISITOS

Un diseño arquitectónico basado en principios bioclimáticos permite al edificio convivir activamente con el medio ambiente, incorporando técnicas pasivas o activas, lo cual resulta en confort interior alcanzado con menor o uso nulo de sistemas mecánicos de acondicionamiento de aire. La modelación energética del edificio permite visualizar el rendimiento que el edificio tendrá en su operación a partir de la selección del sistema de construcción y sus tecnologías.

1. El diseño del edificio cumple con principios bioclimáticos, evitando el uso de sistemas de acondicionamiento de aire o reduciendo en gran medida su uso.

2. El equipo de proyecto debe realizar antes de iniciar el diseño, los siguientes estudios:

- Análisis de asoleamiento según orientación.
- El clima regional, el clima local y el clima que rodea el edificio (microclima).
- Temperatura.
- Humedad relativa.
- Radiación solar.
- Albedo.
- Análisis de Viento.

3. Incorporar técnicas bioclimáticas, sistemas pasivos y activos que minimicen el uso de energía según la localización climática y según los resultados de los estudios del punto

2. Algunas técnicas que se pueden implementar en el diseño bioclimático para enfriar espacios en verano son (Manzano et al, 2015):

- Superficies opacas que controlan la incidencia solar directa. Ejemplo: marquesinas, toldos, doble techo, doble fachada, muros.
- Vegetación que impida la radiación solar.

- Superficies móviles que durante el día impidan la radiación solar y que durante la noche permitan la pérdida de calor hacia la atmósfera.

Esta técnica aplica para todos los elementos exteriores del edificio, tales como techos, muros y patios.

- Vegetación y cuerpos de agua en el interior (enfriamiento por evaporación).
- Rociar agua en interior
- Enfriamiento por convección, donde el diseño genera circulación de aire que arrastra el calor: Ventilación cruzada y Ventilación superior tipo chimenea.
- Abertura en parte superior de muros.
- Torre de ventilación.
- Patio interior
- Con el objetivo de calentar el espacio interior/invierno:
- Captura de radiación solar a través de aberturas.
- Captura de calor a través de suelos naturales.
- Estanque de agua descubierto en azotea.
- Galería de cristal
- Invernadero de cristal
- Muro trombe
- Abertura en la azotea con capucha de cristal.
- Captura de calor a través de radiadores solares.
- Superficies móviles que durante el día atrapan la radiación solar y que durante la noche impidan la pérdida de calor hacia la atmósfera.
- Esta técnica aplica para todos los elementos exteriores del edificio, tales como techos, muros y patios.
- Con el objetivo de humidificar:
- Incluir vegetación cercana o en patios.
- Fuentes y cuerpos de agua cercanos ya sea en exterior, interior o por debajo del edificio.

## ENTREGABLES

1. Reporte de las condiciones del sitio: clima, temperatura, humedad relativa, radiación, albedo, velocidad y dirección del viento.
2. Reporte de análisis de asoleamiento volumétrico.
3. Descripción conceptual de las intenciones de utilización de estrategias bioclimáticas.
4. Resumen de desempeño energético y memoria de modelación energética. Realizar el Modelo energético en cumplimiento con los requisitos del presente estándar sección Modelos Energéticos y de Confort.
5. Resumen de análisis bioclimático y documento técnico con croquis, fotografías o renders que muestran el análisis bioclimático y cada uno de sus estudios definidos en el punto 2 de este requisito.
6. Narrativa de los sistemas pasivos y activos implementados, según punto 3 del requisito.
7. Comprobar, a través de una memoria que integre el contenido de los puntos 1 al 4, que el diseño del edificio corresponde a una serie de decisiones con enfoque bioclimático que generan un edificio eficiente y con reducido o nulo impacto para el medio ambiente. Incluir una descripción de los beneficios de las técnicas bioclimáticas utilizadas ante las condiciones del ambiente natural y comprobarlo con el uso del Modelo Energético del Proyecto.

#### Análisis de Asoleamiento:

Se debe tener como resultado al menos 3 días muestra del año, con sus respectivas horas de asoleamiento, en al menos 2 estaciones del año (verano e invierno). Además, se solicita que se calcule el valor G con un vidrio según la norma europea UNE-EN 13363-1:2006 y se especifiquen los valores de transmisión total, reflexión solar y absorción solar tanto para interior como para exterior de acuerdo al Estándar ASHRAE 90.1 v. 2022.

#### Análisis de viento:

Los resultados deben contener variables, gráficos y videos, demostrando que el espacio está siendo correctamente ventilado; se solicita que se demuestre que el movimiento de aire en el interior para las condiciones menos favorables. La velocidad del viento en

el interior debe tomar en consideración humedad, temperatura y calidad del aire. Los resultados se solicitan en al menos 2 estaciones del año (verano e invierno).

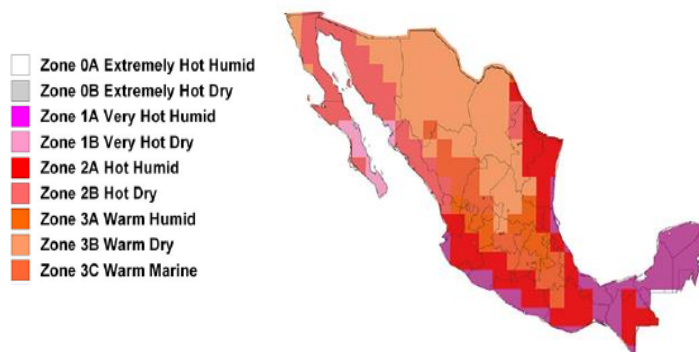
Cantidad de horas dentro del rango confort por espacio (basado en el estándar ASHRAE 55 PMV), el rango de confort especificado por el proyecto debe considerar 3 variantes: temperatura, humedad y velocidad del viento. En las conclusiones el diseñador determina si se cumple o no el confort especificado.

## ESFUERZOS ADICIONALES

Se recomienda incorporar las siguientes estrategias bioclimáticas dado a que durante el proceso de diseño se contará con análisis climáticos:

Para poder brindar recomendaciones bioclimáticas que tiene una ciudad, es necesario clasificarla según la zona climática a la que pertenece. Actualmente hay muchas clasificaciones climáticas las cuales normalmente se subdividen en zonas de acuerdo con la latitud y altitud geográfica de determinado lugar.

Dado a que es probable que los proyectos que se realizan en el TEC puedan ser certificados LEED, mencionaremos como referencia la clasificación climática que el estándar ASHRAE 169 ha desarrollado con la intención de brindar una variedad de información climática para ser utilizada en el diseño, planificación y dimensionamiento de edificios, sistemas y equipos energéticos



## Mapa de zona climática de México según ASHRAE 169

Esta clasificación se basa en 8 zonas y subtipos dentro de ellas, tomando en consideración el nivel de humedad (húmedo a seco), lo cual permite determinar el confort tanto en zonas cálidas como zonas frías. Esta clasificación permite conocer las condiciones exteriores que son las primeras que debemos entender para saber hasta donde es posible, de manera natural o pasiva, climatizar un edificio, apoyándonos en el ASHRAE 90.1 para determinar ciertos criterios en la envolvente y en el estándar ASHRAE 55 para determinar el nivel de confort adaptativo de las personas en determinada ciudad.

Según el mapa de zonas climáticas para México se puede determinar que hay 4 tipos de zonas climáticas cada una con sus subtipos derivados.

Tomando en cuenta el estándar ASHRAE 169 – 2013 y el ASHRAE 90.1 – 2019 hemos podido identificar que en la TABLA A-6 “International Stations and Climate Zones”, México cuenta información y clasificación climática de al menos 28 de los 32 estados que conforman la república mexicana.

Asimismo, según el documento “Plan de Sostenibilidad 2025”, el TEC se encuentra en 26 ciudades de la república mexicana.



Plan de Sostenibilidad 2025 – Fuente: TEC

Por tanto, entrelazando la información obtenida en el estándar ASHRAE 169-2013 y la información del Plan de Sostenibilidad 2025, hemos elaborado la siguiente tabla donde se aprecia que tipo de clasificación climática tiene cada ciudad donde hay un campus TEC existente y la clasificación climática de otros estados donde aún no hay una sede física.

| ESTADOS MEXICANOS     | ASHRAE ZONA CLIMATICA |                                       | CAMPUS TEC              |
|-----------------------|-----------------------|---------------------------------------|-------------------------|
| Aguascalientes        | 3C                    | Warm Marine                           | Aguascalientes          |
| Baja California Norte | 2B - 3B               | Hot Dry - Warm Dry                    |                         |
| Baja California Sur   |                       |                                       |                         |
| Campeche              | 1B - 0A               | Very Hot Humid - Extremely Hot Humid  |                         |
| Chiapas               | 3C - 0A - 1A          | Warm Marine - Extremely Hot Humid - V | Chiapas                 |
| Chihuahua             |                       |                                       | Ciudad Juarez           |
| Ciudad de México      | 3A                    | Warm Humid                            | CDMX - Santa Fe         |
| Coahuila              | 1B - 3B - 2B          | Very Hot Dry - Warm Dry - Hot Dry     | Laguna - Saltillo       |
| Colima                | 0A                    | Extremely Hot Humid                   |                         |
| Durango               | 3B                    | Warm Dry                              |                         |
| Estado de México      | 3A                    | Warm Humid                            | Edo de México - Toluca  |
| Guanajuato            | 3A - 2A               | Warm Humid - Hot Humid                | Irapuato - León         |
| Guerrero              | 0A                    | Extremely Hot Humid                   |                         |
| Hidalgo               | 3B                    | Warm Dry                              | Hidalgo                 |
| Jalisco               | 3A - 1A               | Warm Humid - Very Hot Humid           | Guadalajara             |
| Michoacán             | 3C                    | Warm Marine                           | Morelia                 |
| Morelos               |                       |                                       | Cuernavaca              |
| Nayarit               | 2A                    | Hot Humid                             |                         |
| Nuevo León            | 2B                    | Hot Dry                               | Monterrey               |
| Oaxaca                | 2A                    | Hot Humid                             |                         |
| Puebla                | 3A                    | Warm Humid                            | Puebla                  |
| Querétaro             | 3B                    | Warm Dry                              | Queretaro               |
| Quintana Roo          | 1A - 0A               | Very Hot Humid - Extremely Hot Humid  |                         |
| San Luis Potosí       | 3B                    | Warm Dry                              | San Luis de Potosí      |
| Sinaloa               | 1B                    | Very Hot Dry                          | Sinaloa                 |
| Sonora                | 1B                    | Very Hot Dry                          | Ciudad Obregon - Sonora |
| Tabasco               |                       |                                       |                         |
| Tamaulipas            | 1A                    | Very Hot Humid                        | Tampico                 |
| Tlaxcala              | 3A                    | Warm Humid                            |                         |
| Veracruz              | 1A - 3A - 2B          | Very Hot Humid - Warm Humid - Hot Dry | Central de Veracruz     |
| Yucatán               | 0A - 1B               | Extremely Hot Humid - Very Hot Dry    |                         |
| Zacatecas             | 3C                    | Warm Marine                           | Zacatecas               |

Tabla de clasificación climática según ASHRAE y ciudades con Campus TEC

Esta clasificación aporta a determinar el tipo de clima que tiene cada estado para poder recomendar estrategias bioclimáticas y a su vez para que el modelado energético tenga en cuenta las condiciones climáticas del lugar donde se desarrolla la edificación.

Dicho esto, se recomienda utilizar el software (open source) "Climate Consultant" para poder determinar las estrategias bioclimáticas para el confort adaptativo del usuario tomando en cuenta el estándar ASHRAE 55.

A continuación, se detalla la definición de las estrategias de diseño que cuenta el software Climate Consultant:

### Protección solar en ventanas

Esta estrategia tiene como objetivo evitar el sobrecalentamiento de la edificación en los meses más calurosos del año.

El diseño y ubicación de dispositivos que controlen el ingreso de la radiación solar en determinadas horas en los meses de verano favorecerá al ahorro energético dado a que se evita la instalación de equipos de aire acondicionado.

Es importante recalcar que los elementos que sobresalgan de las ventanas solo deberán limitar la ganancia solar, mas no evitar el ingreso de luz y ventilación, asimismo, de acuerdo con la orientación se deberá diseñar diferentes tipos de protecciones solares a fin de que se adapten a las circunstancias de cada fachada.

### Alta masa térmica

La masa térmica, también llamada inercia térmica, consiste en la capacidad de ciertos materiales constructivos para almacenar y conservar calor (energía calorífica) y cuando las condiciones sean propicias poder liberarlo paulatinamente permitiendo un menor uso de sistemas mecánicos de calefacción y/o refrigeración.

La intención es poder obtener temperaturas estables a lo largo del día, por lo que la idea es aprovechar las diferencias de temperatura entre el edificio y el exterior con el propósito de compensarlas.

Las características para tener en cuenta a la hora de escoger un material con alta inercia térmica son: el calor específico, la masa y la densidad.

### Alta masa térmica con disipación nocturna

Va de la mano con la estrategia anterior, en este punto se evalúa la masa térmica y la ventilación nocturna. Para ello se deberá tener estrategias de aperturas de ventanas para

disipar el calor mediante la ventilación extractiva nocturna: ventilación cruzada, ventilación tipo chimenea u otra estrategia de ventilación.

#### Enfriamiento evaporativo directo

El enfriamiento evaporativo es un proceso de enfriamiento y humidificación a través del enfriamiento del aire por medio de la evaporación del agua.

Esta estrategia es óptima en zonas cálidas y secas, debido a que el agua al pasar de un estado líquido a gaseoso toma la energía del aire disminuyendo la temperatura del espacio.

Es una estrategia pasiva que no consume energía y se aplica en arquitectura desde tiempos antiguos.

#### Enfriamiento evaporativo incrementado

Va de la mano con la estrategia anterior, sin embargo, en este caso se utilizan equipos enfriadores evaporativos que además de disminuir la temperatura, también limpian, purifican, oxigenan y humidifican el aire refrescando el ambiente.

Es una estrategia activa, cuyos equipos que por lo general no tienen un gran consumo energético.

#### Ventilación natural

La ventilación es el intercambio de aire de un espacio eliminando de esta forma el aire viciado o con exceso de vapor de agua, lo cual asegura la calidad y salubridad de aire ambiental interior. Este intercambio puede darse de tres maneras: por ventilación natural, por infiltración, por ventilación convectiva y por ventilación forzada.

- La ventilación natural busca promover la renovación y el movimiento del aire interior, a través de los vanos: puertas, ventanas, etc. El viento constituye un recurso natural, renovable e inagotable por lo que conocer su orientación y fuerza es importante para diseñar una edificación, dado a que se pueden tener estrategias de solo renovación de aire, ventilación cruzada y hasta direccionar el viento por

medio de elementos arquitectónicos o con vegetación en beneficio de los ambientes interiores.

Uno de los sistemas más utilizado y eficientes es la ventilación cruzada, este es un sistema de renovación del aire por el cual se disponen las aberturas del edificio en lado opuestos, favoreciendo el ingreso y la extracción del aire de manera natural, estas corrientes de aire se producen gracias a las diferencias de presión existentes.

- La infiltración se refiere al intercambio de aire que se da de manera no controlada y no intencional a través de aberturas, fisuras o ranuras de la edificación.
- La ventilación convectiva se explica según el fenómeno del efecto chimenea. Se trata de un tipo de ventilación basada en las diferencias de temperatura de las masas de aire existentes en el interior de una edificación (aire caliente y el aire frío), conocido como estratificación térmica. El aire caliente, al ser menos denso, asciende y se acumula en las partes más altas de las estancias, mientras que el aire frío, de mayor densidad, tiende a concentrarse en las partes más bajas. Por ello, cuanto más alto sea el techo, mayor será el potencial de estratificación.

#### Ventilación forzada

Continuando con la estrategia anterior, la ventilación forzada es aquella que utiliza sistemas mecánicos para lograr el intercambio de aire. Desde luego este tipo de ventilación es sobre el cual se tiene más control, tanto en el flujo de intercambio de aire, su distribución y acondicionamiento artificial. Sin embargo es el menos recomendable desde el punto de vista de la salud, bienestar y confort de los ocupantes, así como por su alto consumo energético.

#### Ganancias internas

Es la capacidad de aprovechar el calor generado al interior de una edificación, generado por el funcionamiento de equipos eléctricos, mecánicos o de combustión y de la presencia de personas que habitan al interior de este.

La efectividad de esta estrategia se encuentra directamente relacionada a la hermeticidad del cerramiento de los espacios y a la capacidad de aislamiento y/o inercia térmica de los materiales constructivos. Asimismo, no es recomendable diseñar volúmenes interiores de grandes dimensiones dado a que ello disipa los efectos de la ganancia interna en el espacio, además de generar una mayor estratificación del aire.

#### Ganancias solares en elementos ligeros

Los sistemas de ganancias solares directas son aquellos que permiten el ingreso de la radiación solar a los espacios habitables mediante superficies acristaladas por medio de ventanas, invernaderos adosados y/o patios.

Esta estrategia debe usarse adecuadamente para obtener ganancias solares en invierno (relacionado con la orientación).

#### Ganancias solares en elementos de alta masa

Los sistemas de ganancia solar indirecta incluyen elementos de alta masa térmica, como por el ejemplo la utilización del muro trombe. Esta estrategia es de gran importancia ya que si se utiliza correctamente se puede reducir gran cantidad de utilización de energía en un espacio, ya sea porque deja ingresar el calor o porque lo evita.

#### Protección al viento

Esta estrategia se basa en evitar el ingreso del viento exterior, el cual puede influir de forma determinante en las condiciones térmicas del interior de una edificación.

Tener en cuenta que esto se puede dar por medio de la ventilación, infiltración o por conducción de los materiales. Es por ello que la hermeticidad como el aislamiento de la envolvente es una estrategia óptima. Asimismo, el tamaño adecuado o reducido de las ventanas, el tipo de sistema y cristal a utilizar, la presencia de esclusas en las puertas principales además de una correcta orientación de la edificación en función a los vientos dominantes será importante para la toma de partido arquitectónico.

Como protección al viento también es válido usar barreras de vegetación, enterrar o semienterrar la edificación y tener una forma compacta ayudan a

exponer una menor cantidad de superficie hacia el exterior, evitando que el viento influya en una ganancia o pérdida mayor de calor.

### Humidificación

La humidificación tiene como fin proporcionar humedad al ambiente a servir, el cual se produce mediante el aprovechamiento del aire (evaporación) y los vientos procedentes de las superficies húmedas tales como agua o vegetación.

### Deshumidificación

La deshumidificación tiene como función reducir la humedad del aire de la habitación. Reduciendo la sensación de calor en verano y de frío en invierno mediante los aparatos de deshumidificación que cuentan con depósitos donde se acumula el agua condensada del ambiente.

### Refrigeración

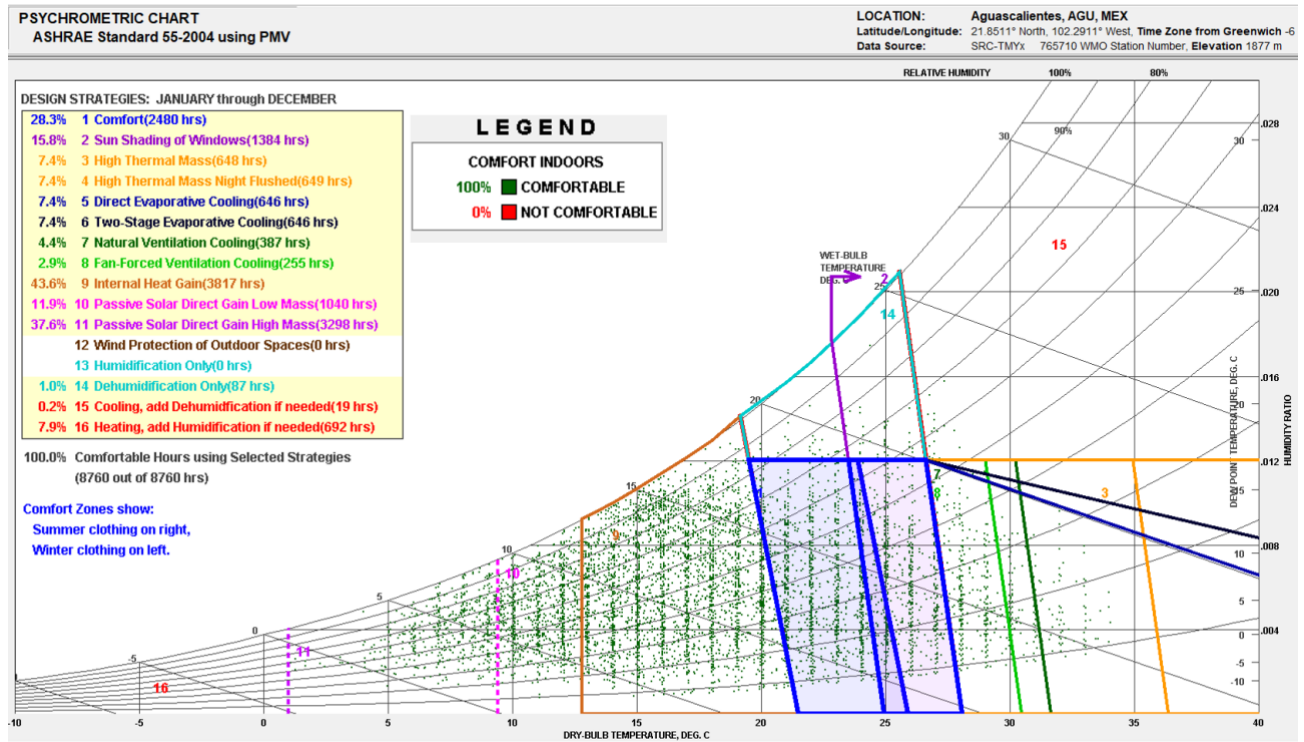
La refrigeración es el proceso por medio del cual se consigue una disminución de la temperatura de fluidos o cuerpos en general.

### Calefacción

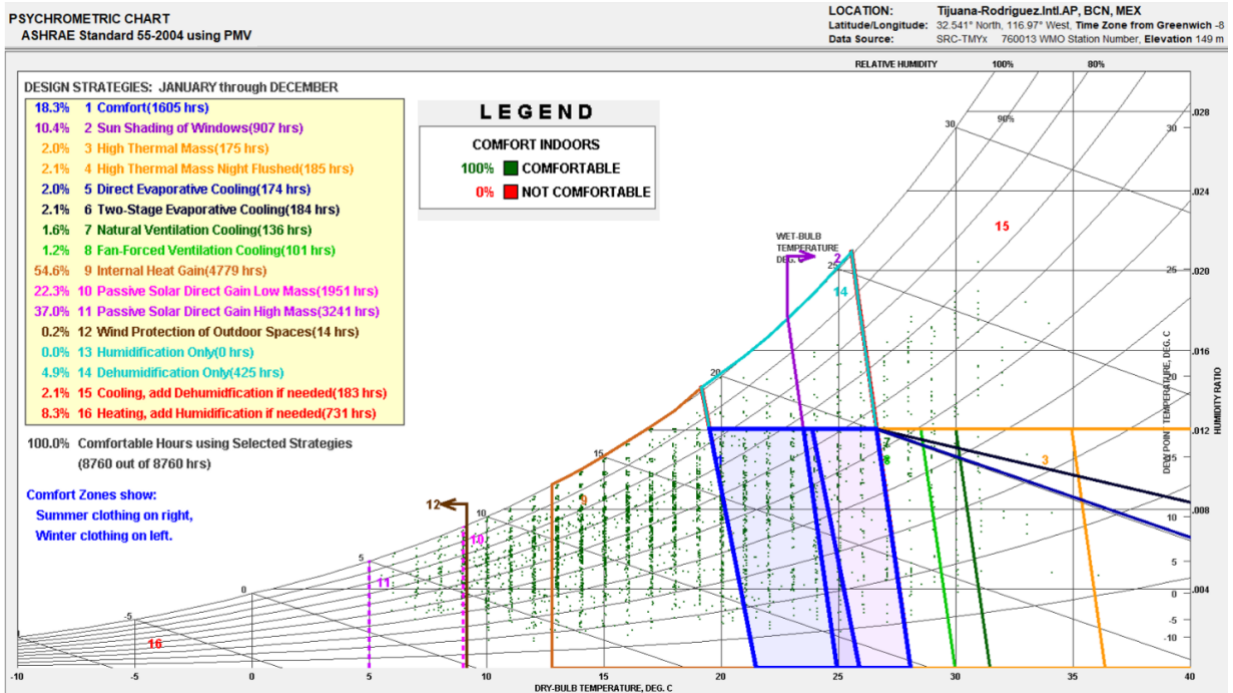
Proporcionan una temperatura agradable y uniforme que mantiene la temperatura del espacio donde sea instalado.

A continuación se presentan los diagramas psicrométricos de una ciudad representativa para cada estado mexicano, donde se puede apreciar las horas al año donde según el tipo de clima se requerirá mayor atención a ciertas estrategias de diseño según los porcentajes que muestra cada gráfica.

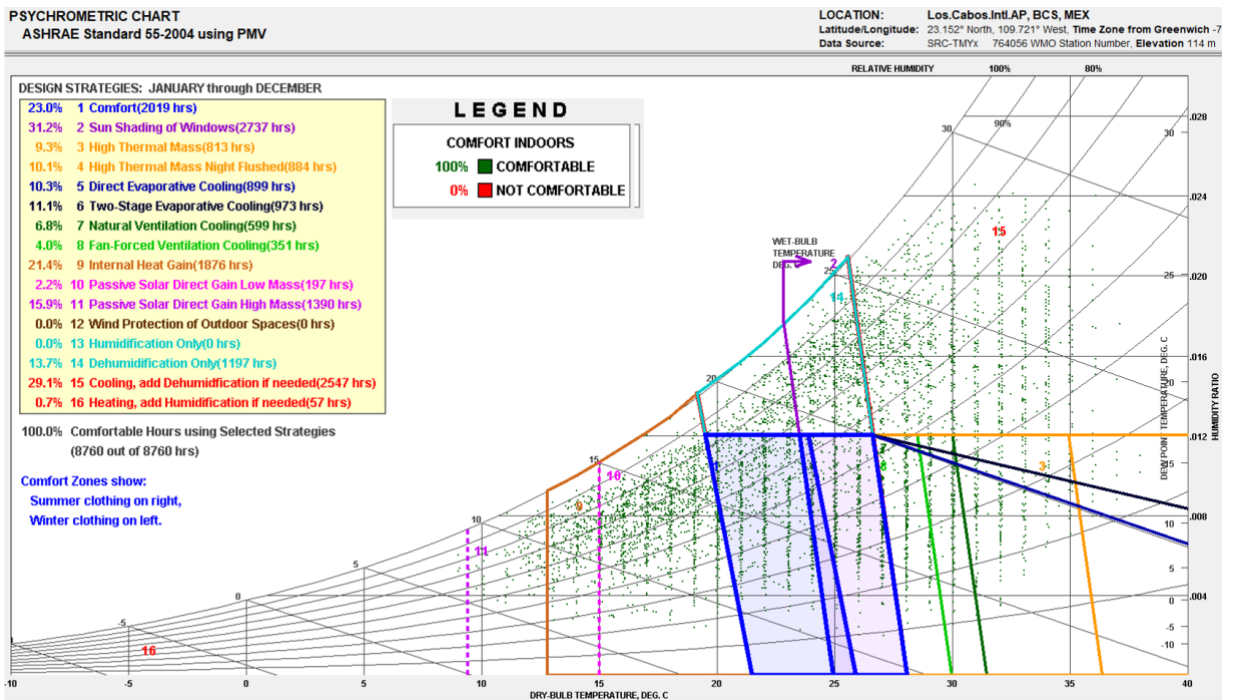
## 1. Aguascalientes (Estado Aguascalientes)



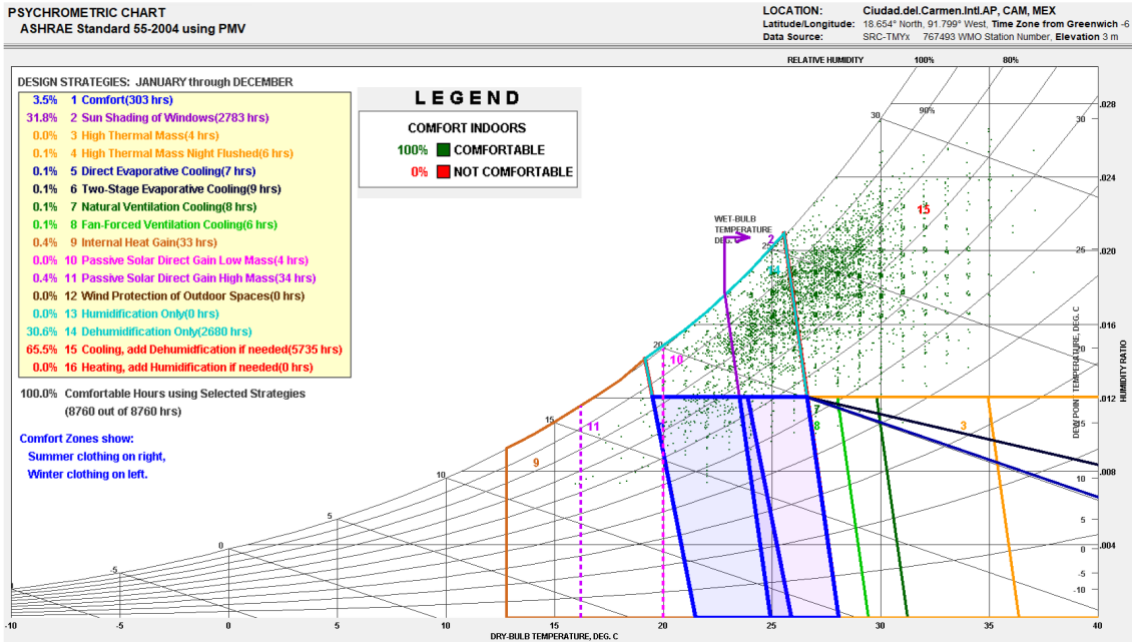
## 2. Tijuana (Estado Baja California)



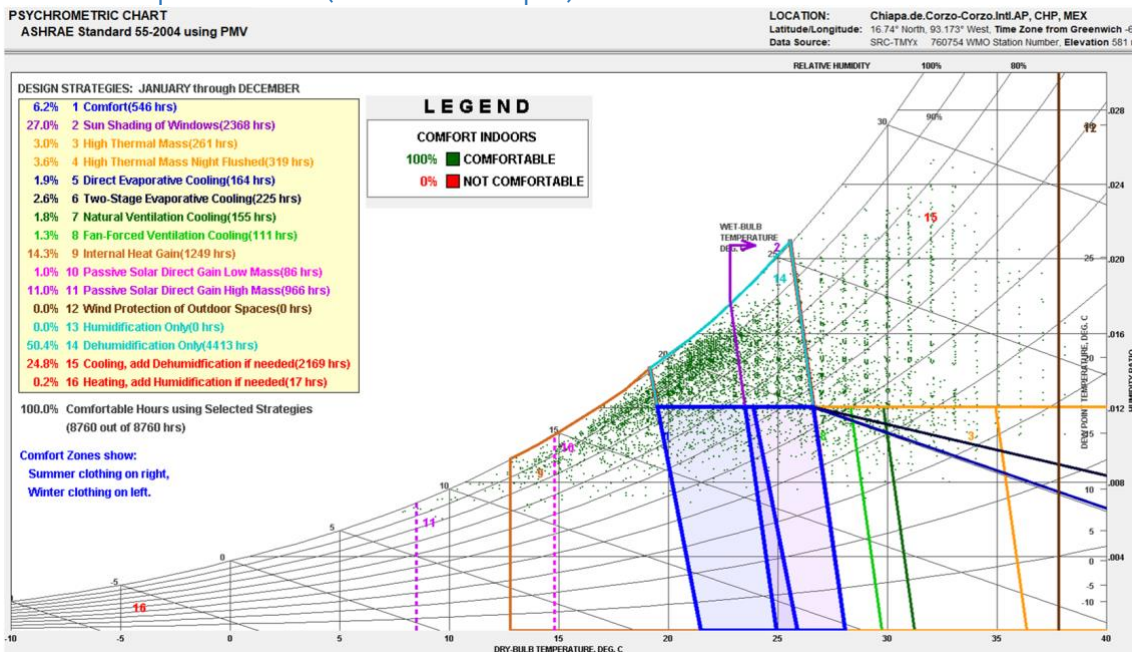
## 3. Los Cabos (Estado Baja California Sur)



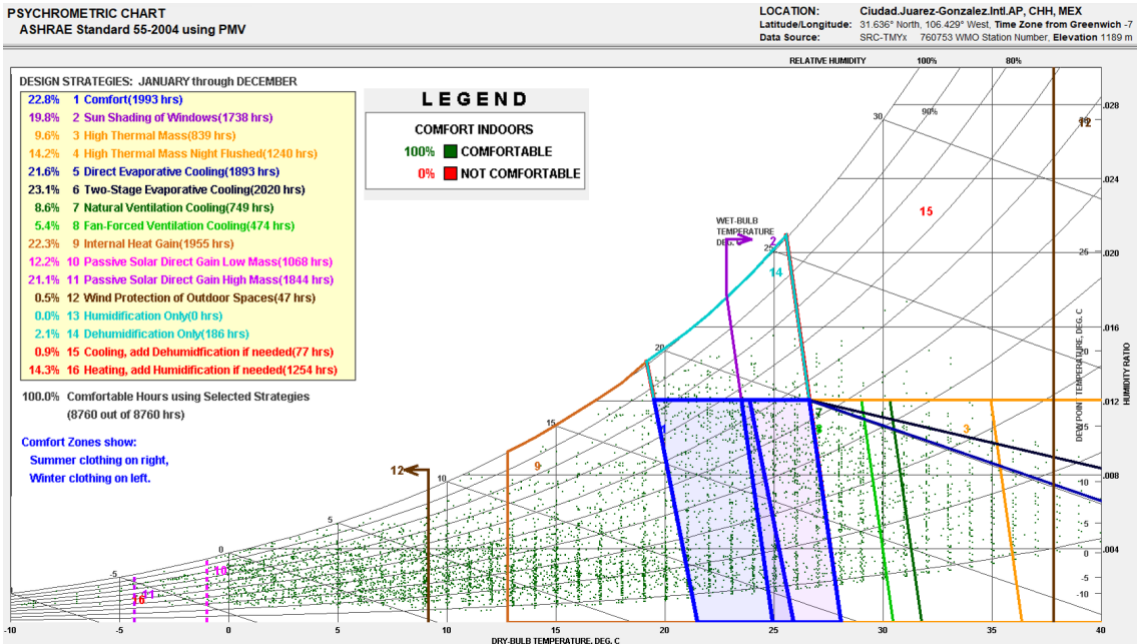
## 4. Ciudad del Carmen (Estado Campeche)



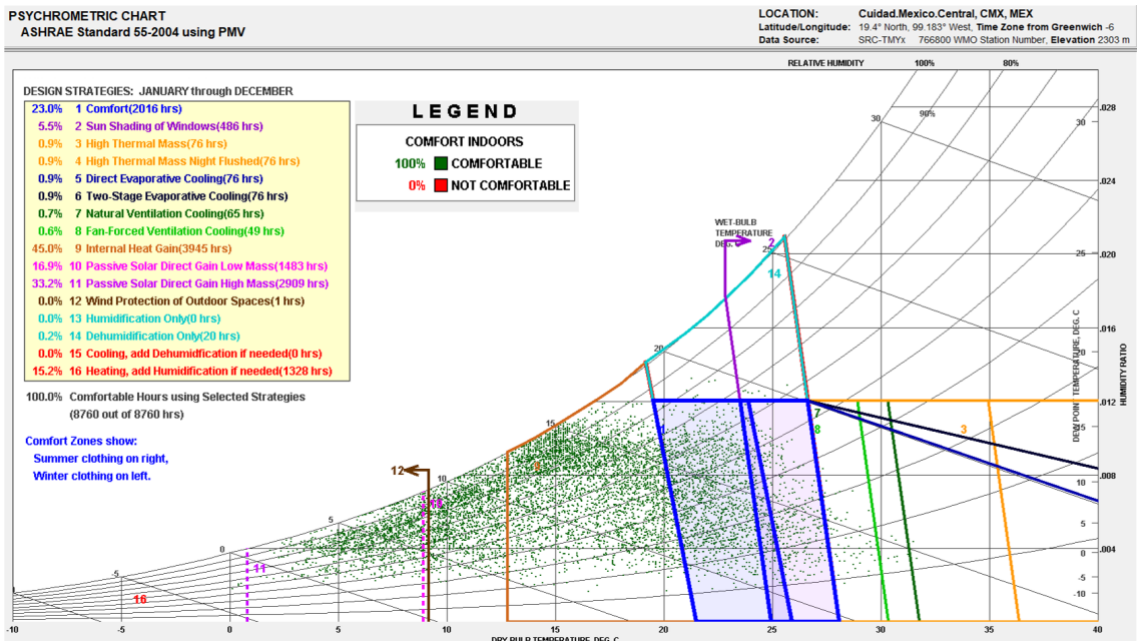
## 5. Chiapas de Corzo (Estado de Chiapas)



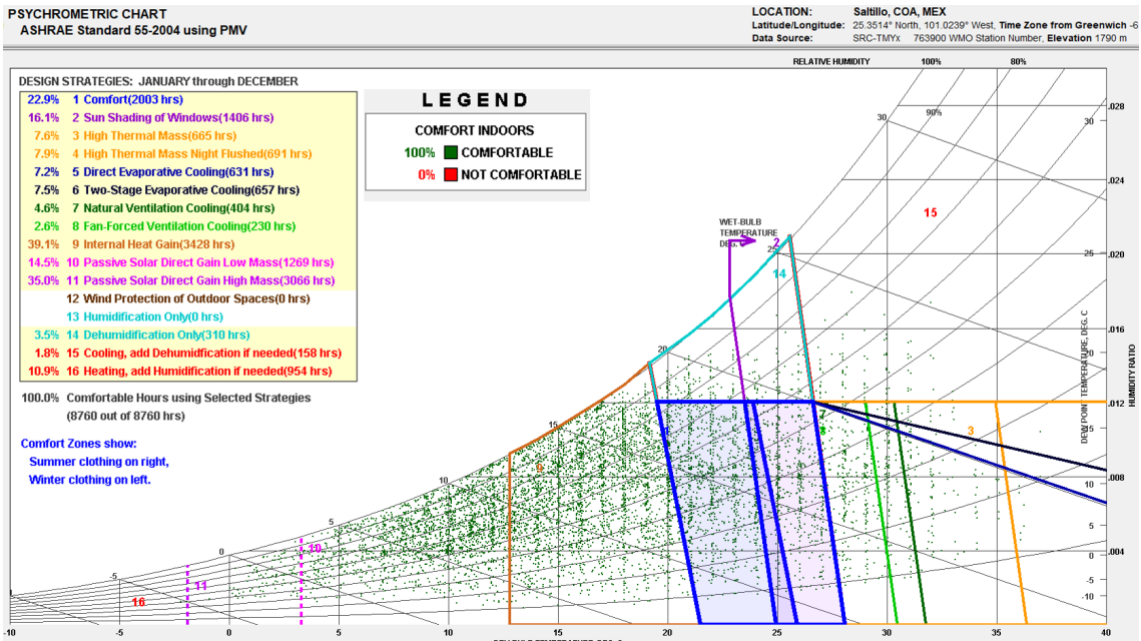
## 6. Ciudad Juárez (Estado de Chihuahua)



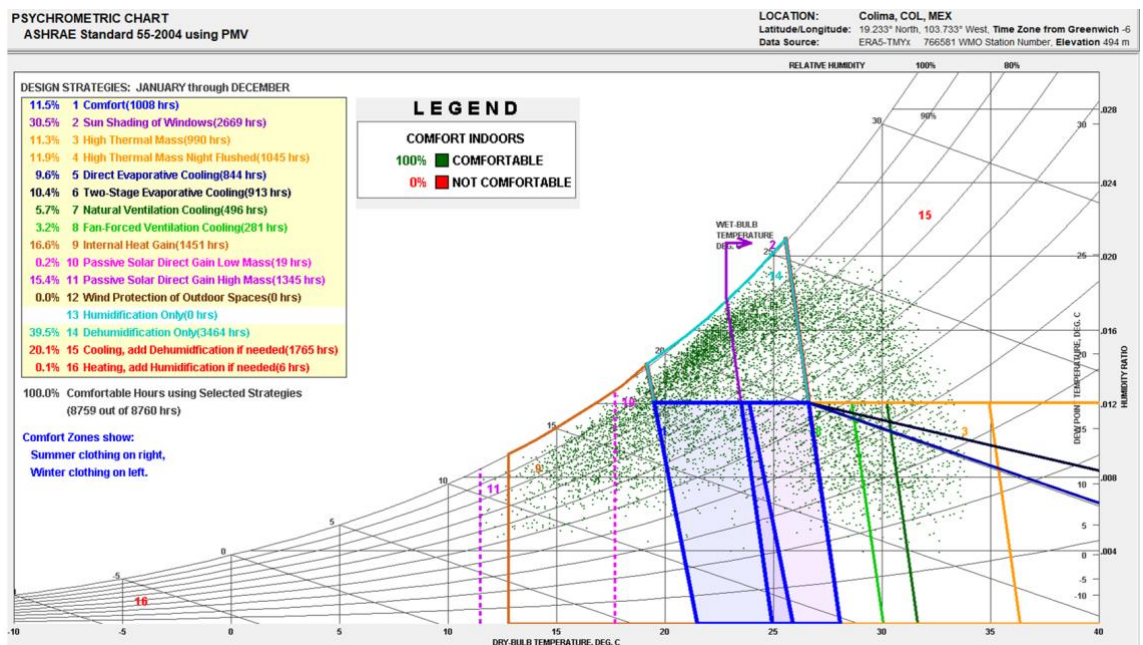
## 7. Ciudad de México



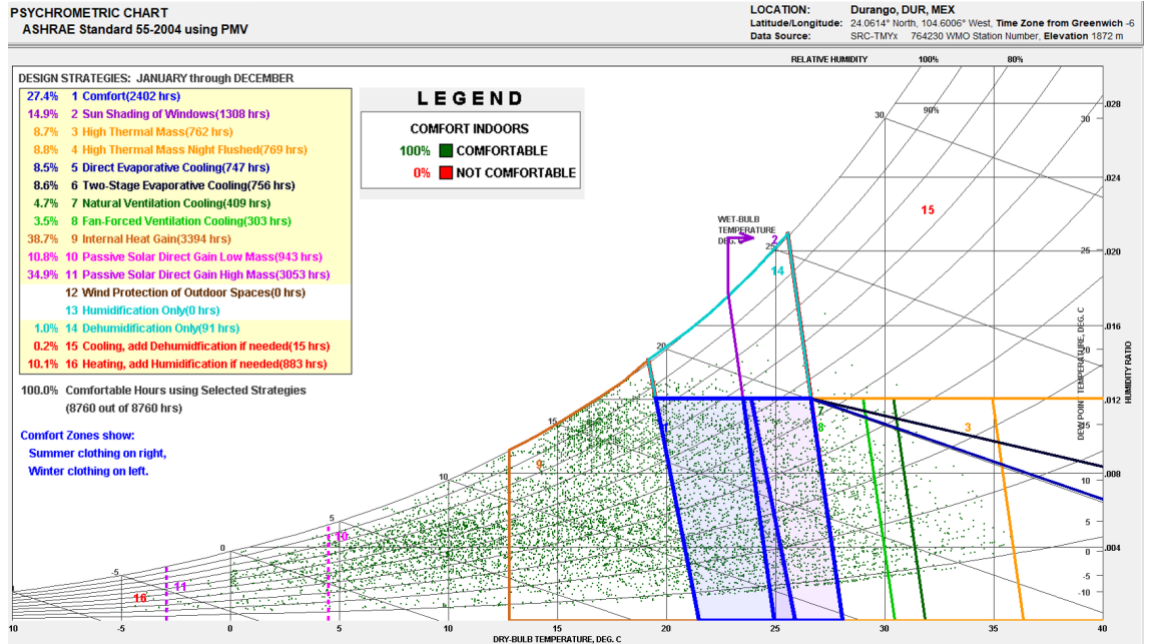
## 8. Saltillo (Estado de Coahuila)



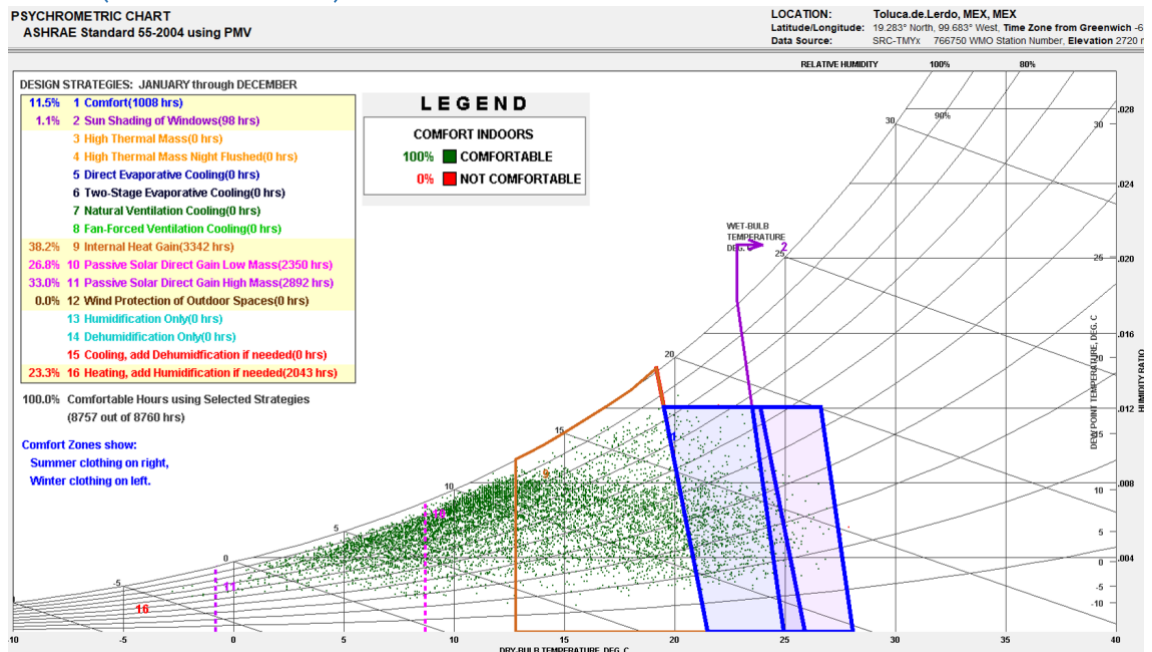
## 9. Colima (Estado de Colima)



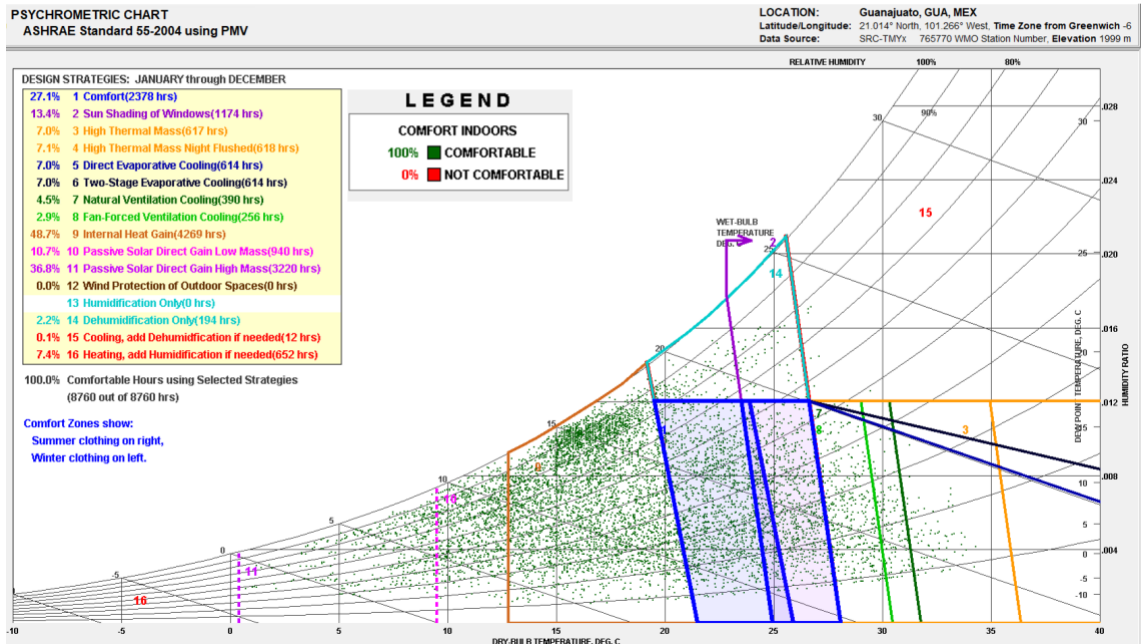
## 10. Durango (estado de Durango)



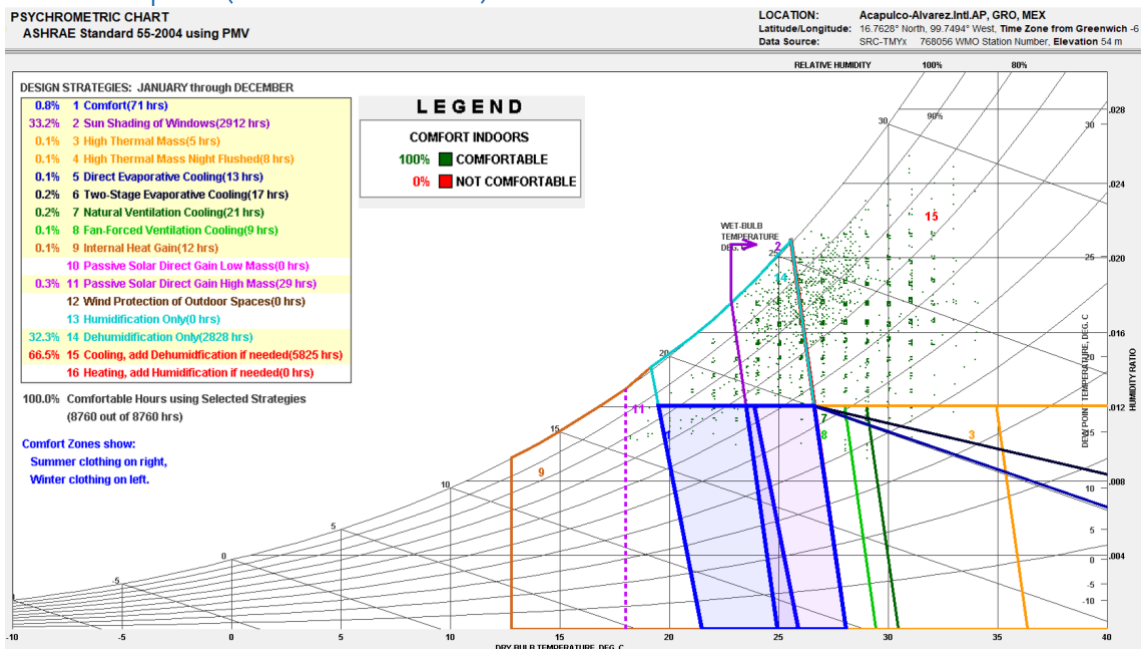
## 11. Toluca (Estado de México)



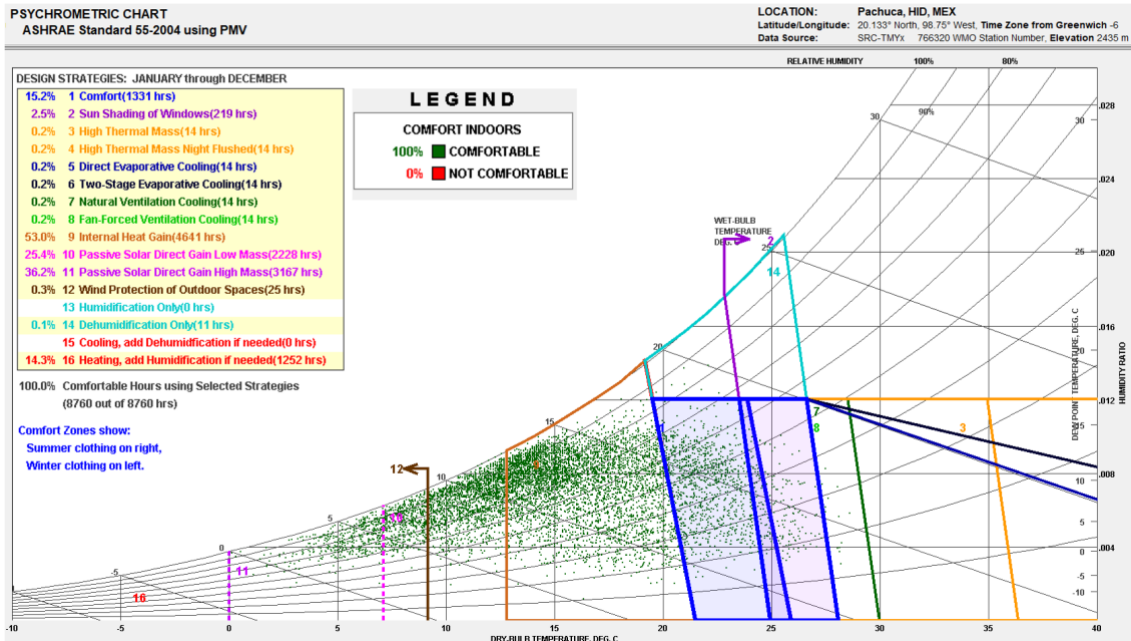
## 12. Guanajuato (Estado de Guanajuato)



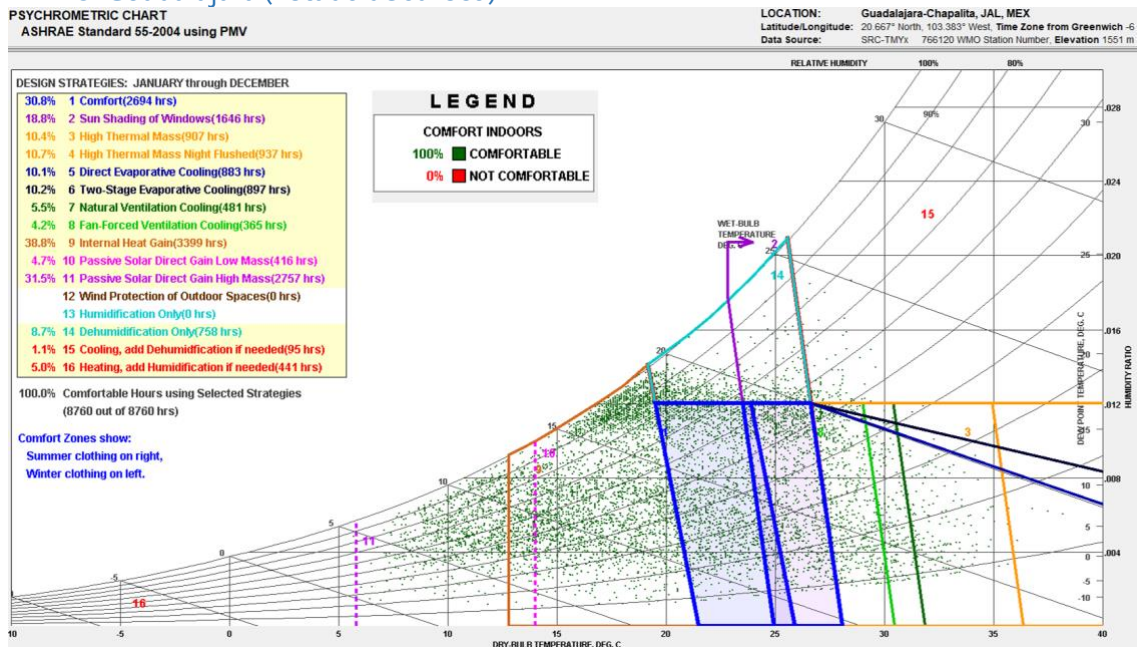
### 13. Acapulco (Estado de Guerrero)



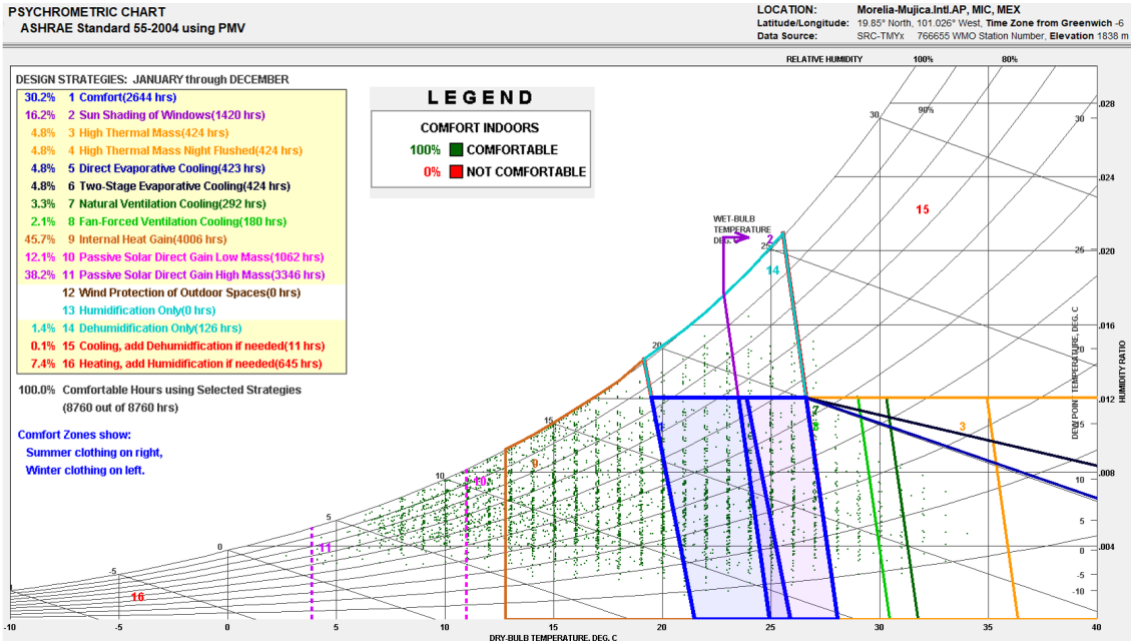
### 14. Pachuca (Estado de Hidalgo)



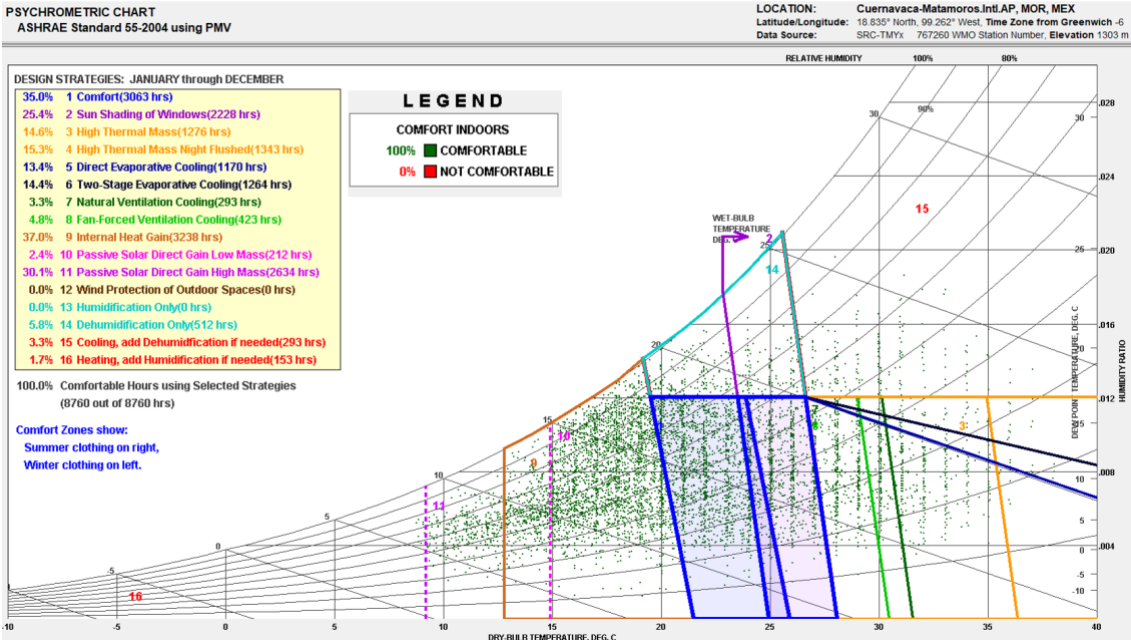
## 15. Guadalajara (Estado de Jalisco)



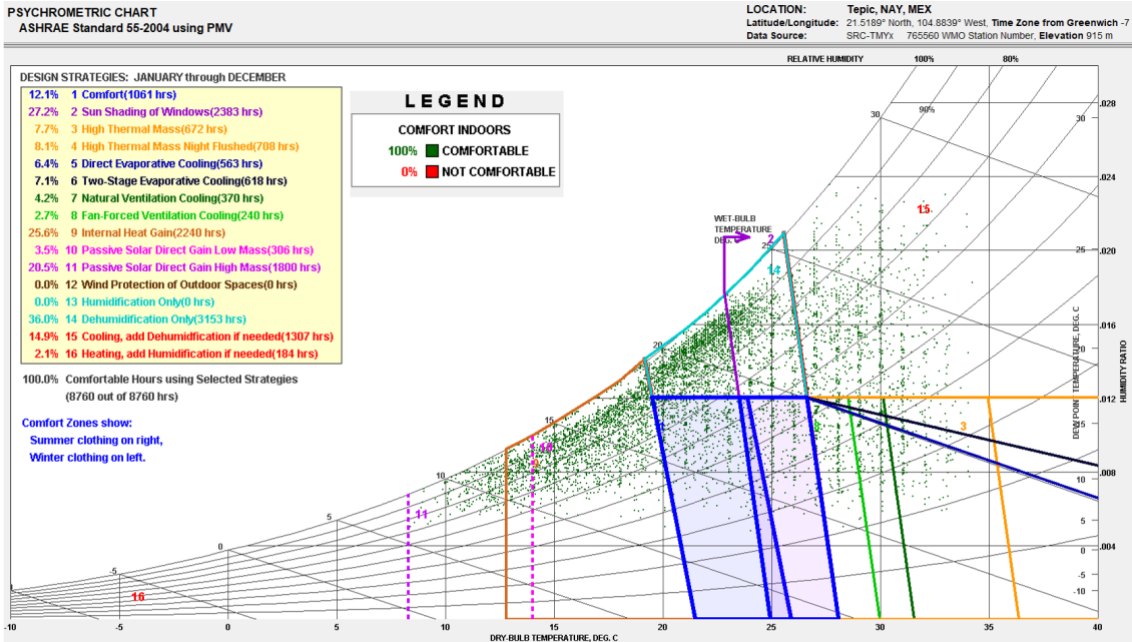
## 16. Morelia (Estado de Michoacán)



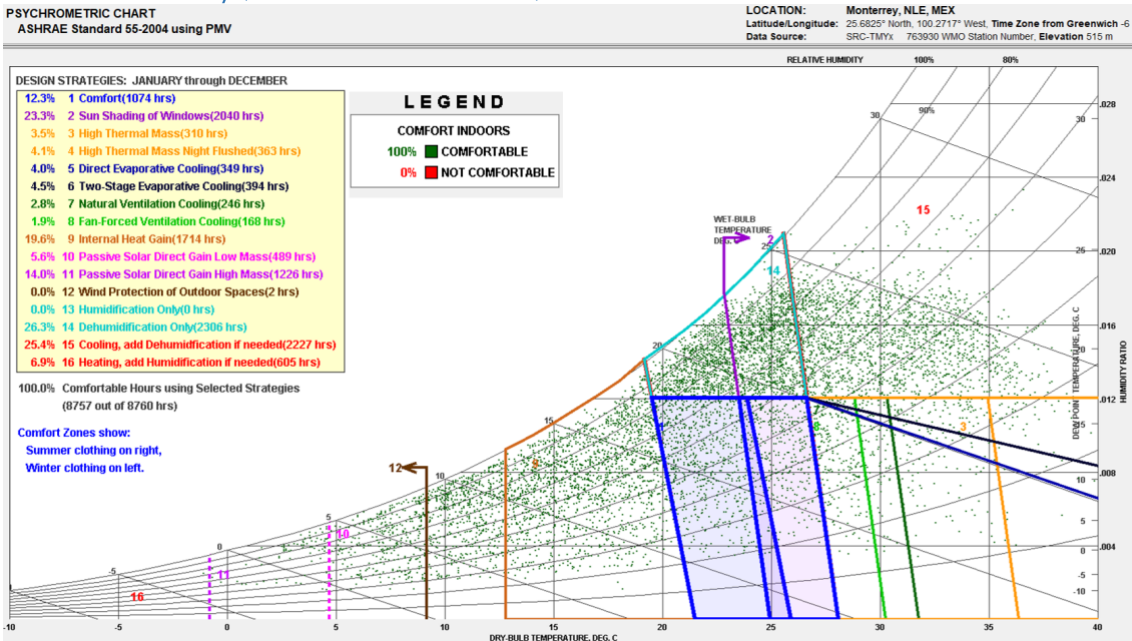
## 17. Cuernavaca (Estado de Morelia)



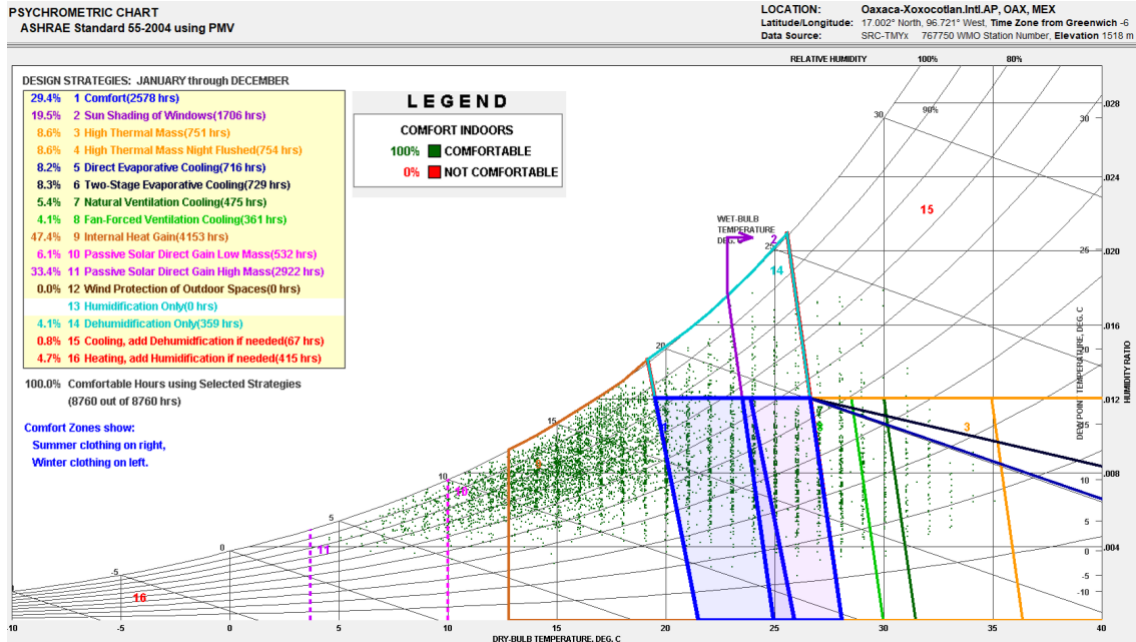
## 18. Tepic (Estado de Nayarit)



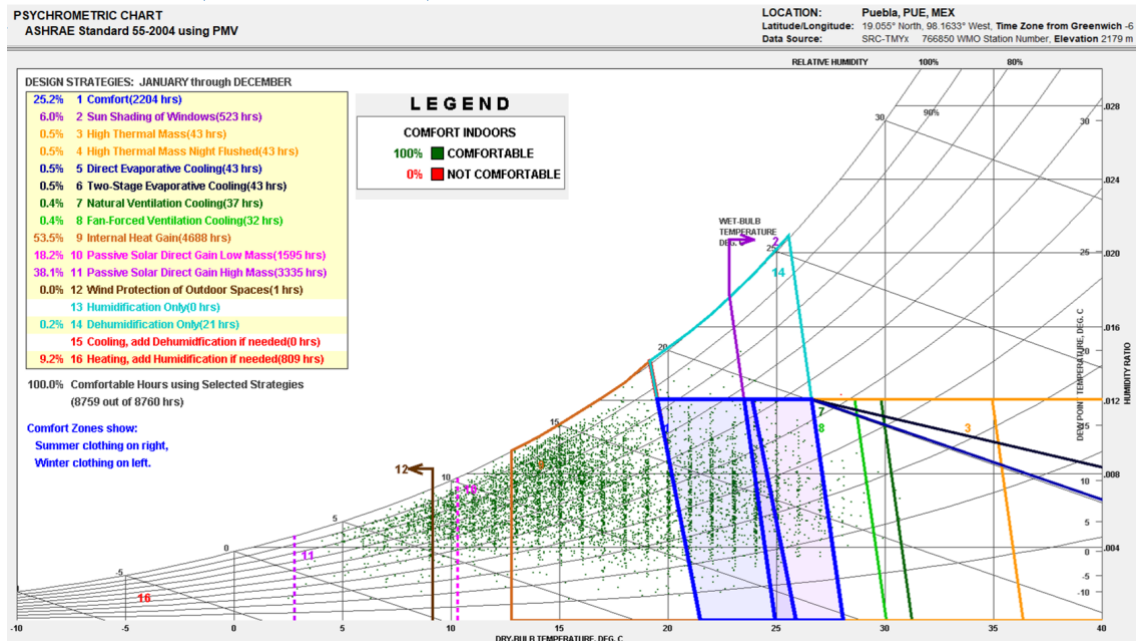
## 19. Monterrey (Estado de Nuevo León)



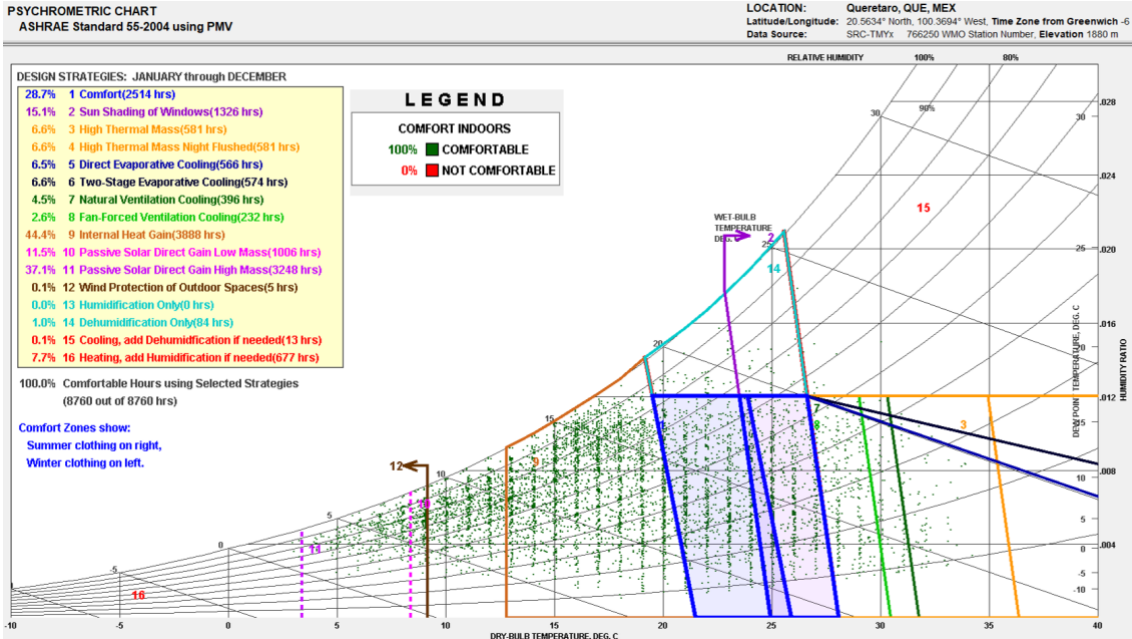
## 20. Oaxaca (Estado de Oaxaca)



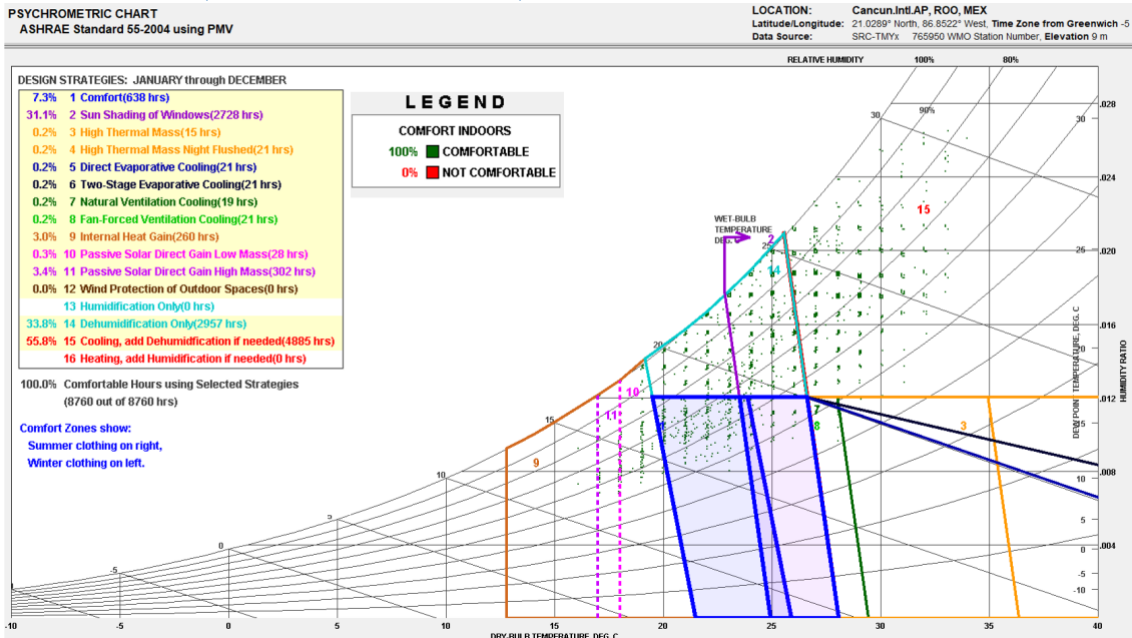
## 21. Puebla (Estado de Puebla)



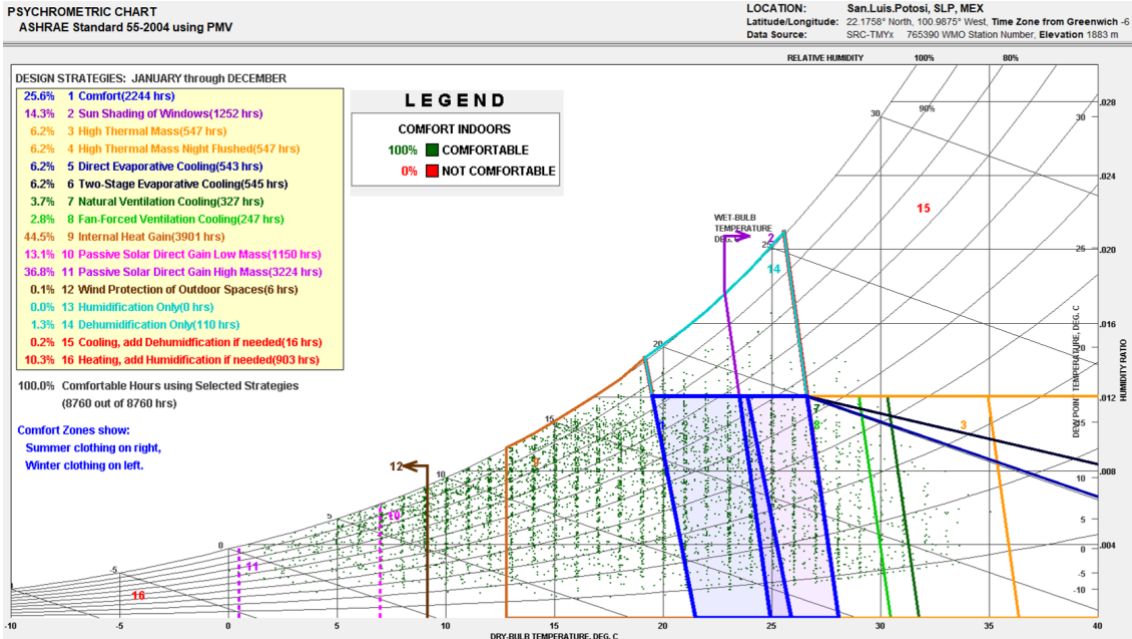
## 22. Querétaro (Estado de Querétaro)



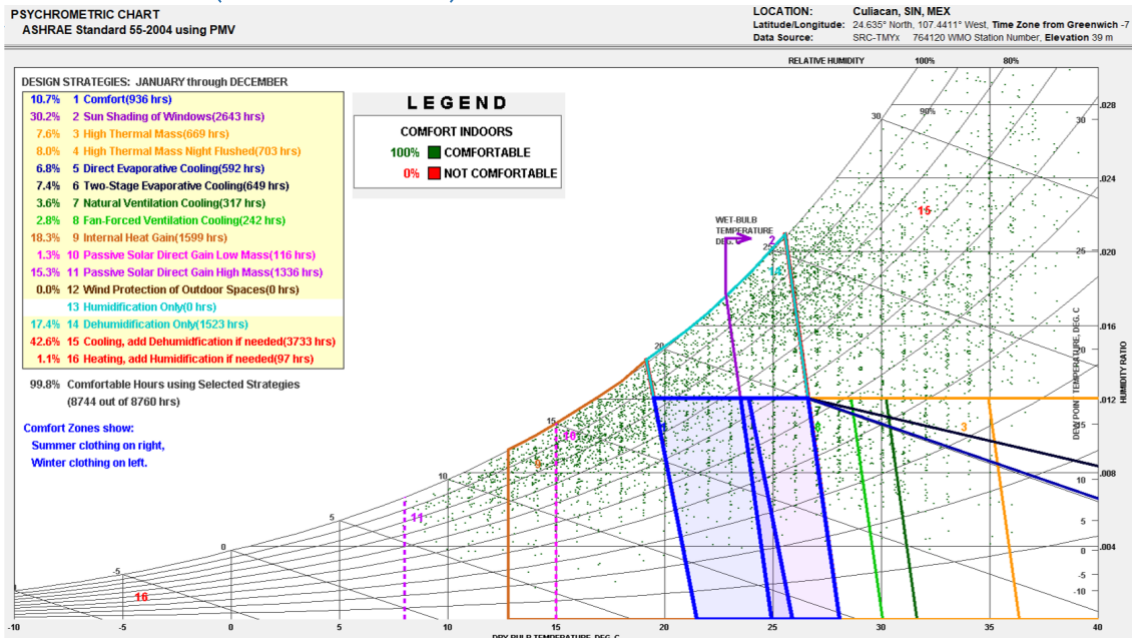
## 23. Cancún (Estado de Quintana Roo)



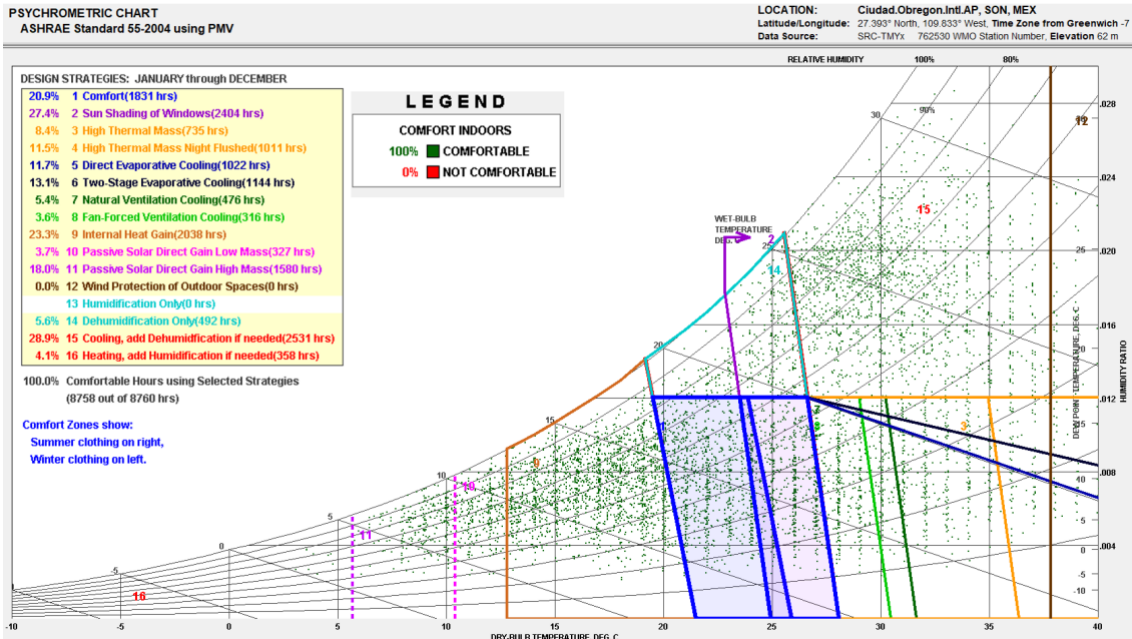
## 24. San Luis (Estado de San Luis Potosí)



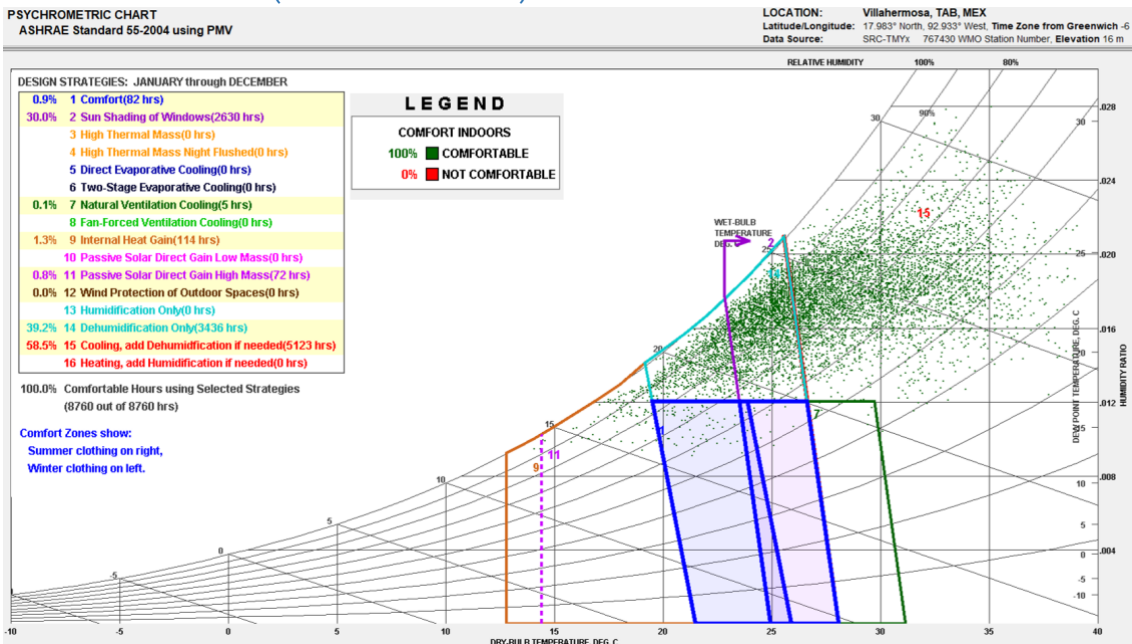
## 25. Culiacán (Estado de Sinaloa)



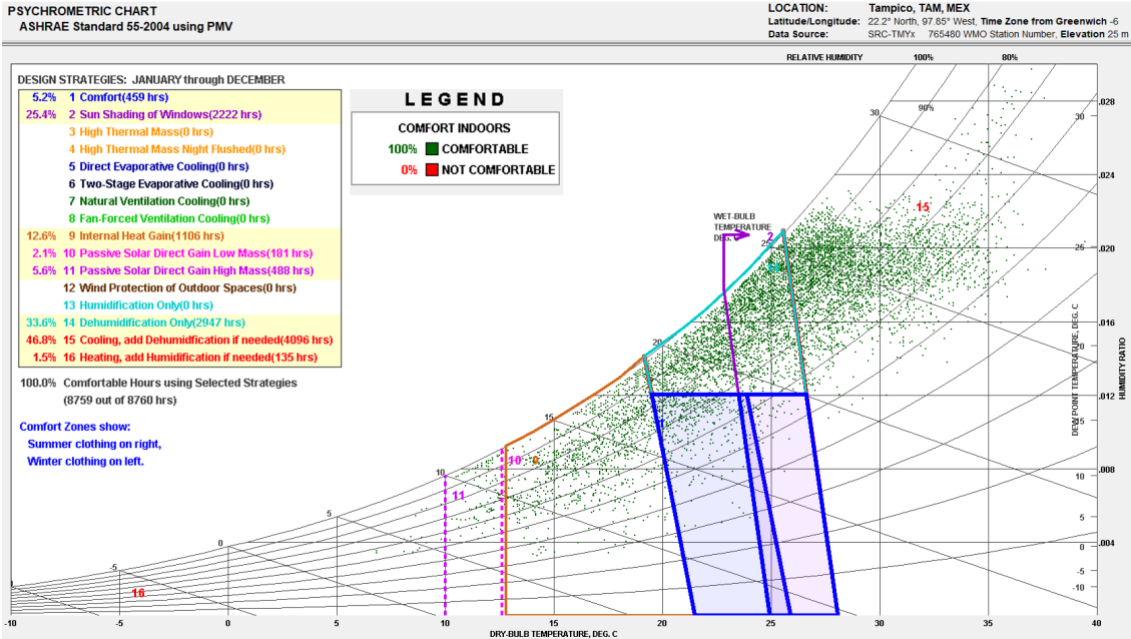
## 26. Ciudad Obregón (Estado de Sonora)



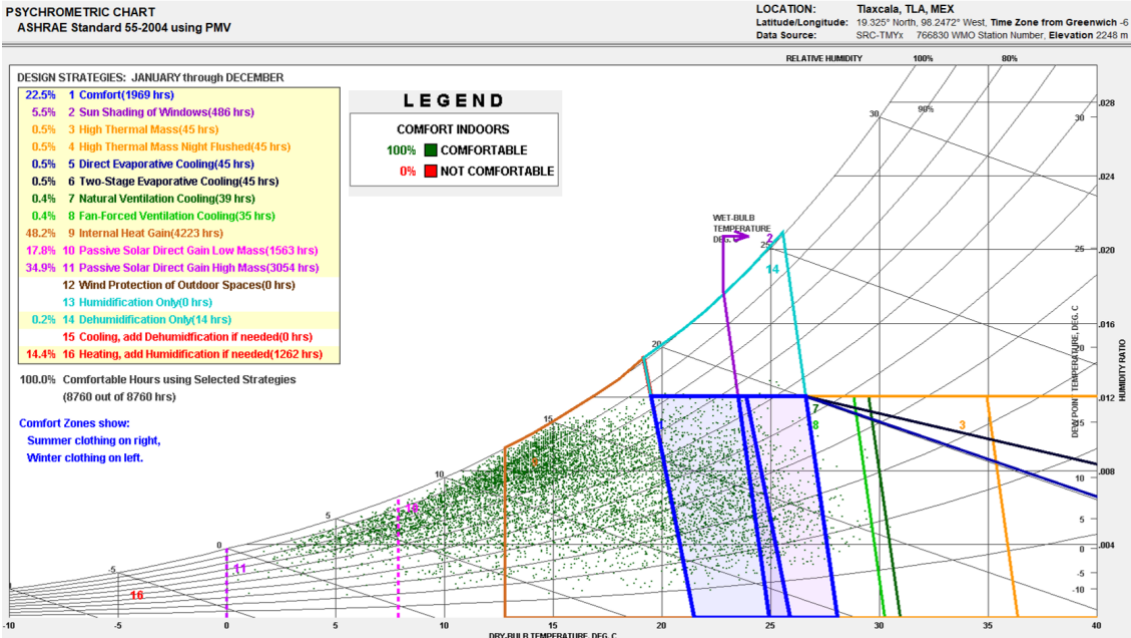
## 27. Villahermosa (Estado de Tabasco)



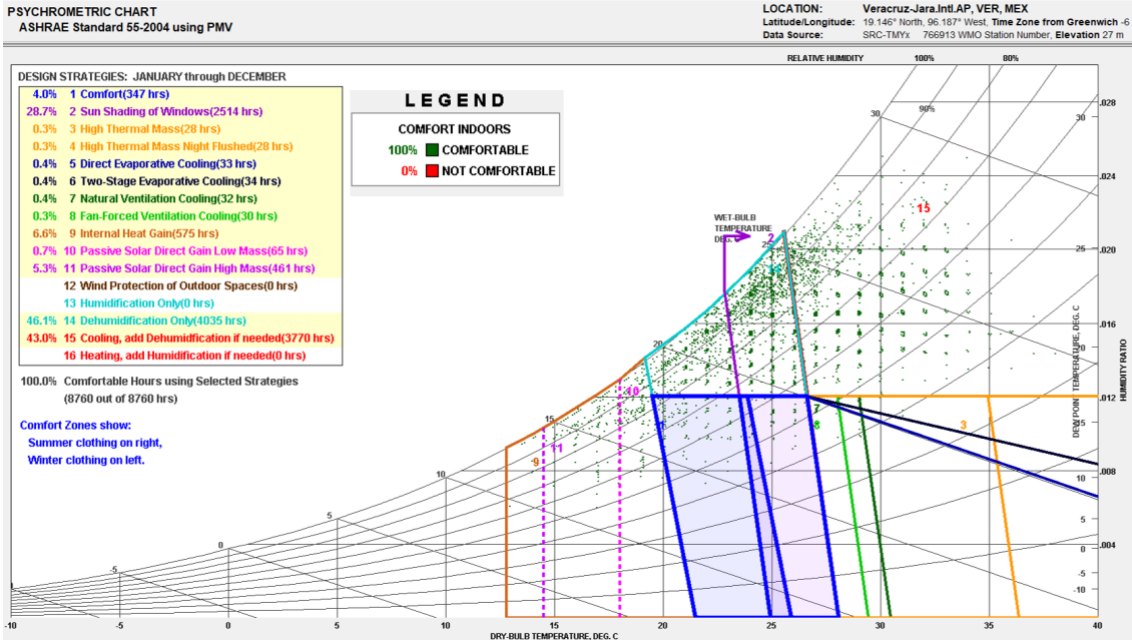
## 28. Tampico (Estado de Tamaulipas)



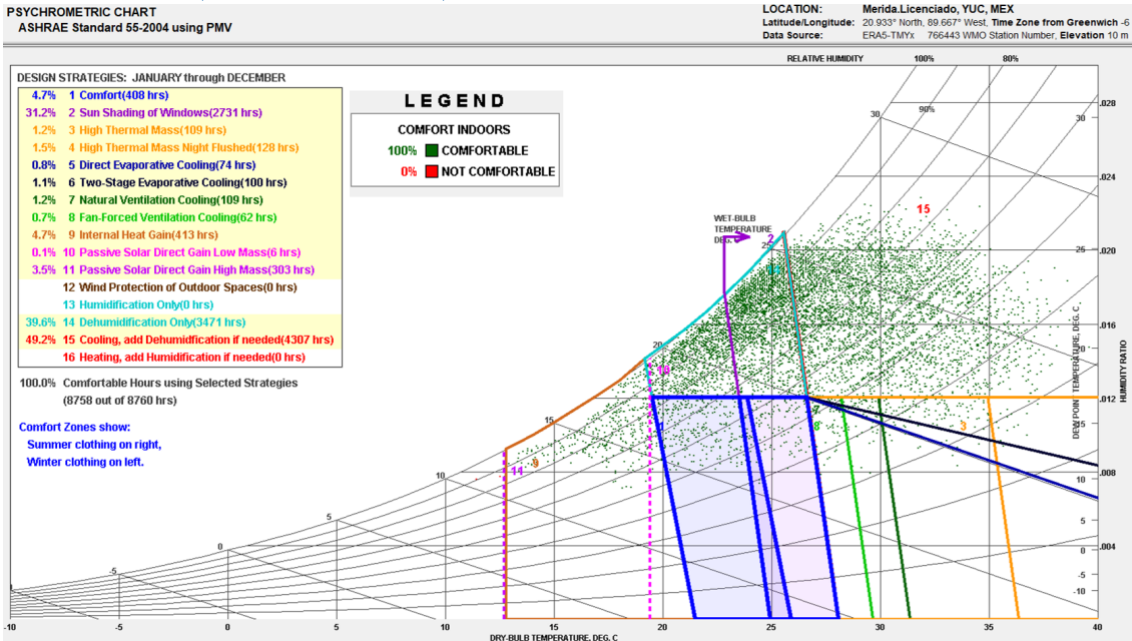
## 29. Tlaxcala (Estado de Tlaxcala)



## 30. Veracruz (Estado de Veracruz)



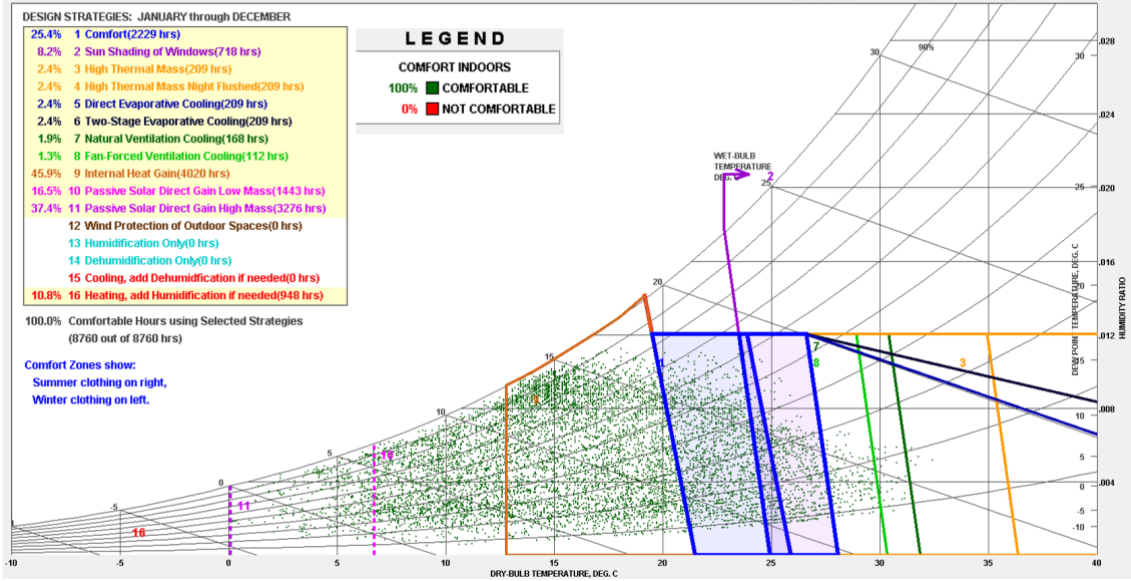
## 31. Mérida (Estado de Yucatán)



## 32. Zacatecas (Estado de Zacatecas)

PSYCHROMETRIC CHART  
ASHRAE Standard 55-2004 using PMV

LOCATION: Zacatecas, ZAC, MEX  
Latitude/Longitude: 22.75° North, 102.5° West Time Zone from Greenwich -6  
Data Source: ERA5-TMYx 765260 WMO Station Number, Elevation 2440 m



## ENERGÍA RENOVABLE GENERADA EN EL SITIO

La gestión del suministro eléctrico (nuevos contratos e instalación de Sistemas Fotovoltaicos) se encuentra centralizada por el Área de Energía. Los trabajos a continuación solicitados deben ser reportados a dicha área al correo [energiatec@itesm.mx](mailto:energiatec@itesm.mx)

### REQUISITOS

Se deberá emplear sistemas de energía renovable generadas en sitio para compensar el costo energético que consume la edificación. Para ello se deberá tener en cuenta:

1. La ubicación del campus. Esto permitirá determinar qué fuentes de energía renovable es factible utilizar en el sitio, por ejemplo: fotovoltaica, solar térmica, eólica, geotérmica o biomasa.
2. Superficie total de instalación, habiendo definido que tipo de energía renovable se puede utilizar en el sitio se deberá estimar qué cantidad de área se tiene disponible para la implementación, por ejemplo: paneles solares o generadores eólicos.
3. Consumo eléctrico de la edificación, es importante conocer el consumo anual de la edificación a fin de poder conocer el porcentaje de ahorro que se puede lograr a través de algún sistema de energía renovable.
4. Estimar el porcentaje de energía renovable según la siguiente fórmula: *Costo equivalente de la energía utilizable producida por el sistema de energía renovable / Costo total anual de la energía del edificio*. (Se entiende como "energía utilizable" la que surge del sistema restándole cualquier pérdida por transmisión y conversión, como pérdidas de calor por modo en espera o pérdidas al convertir la electricidad de DC a AC.

Según lo descrito anteriormente, las nuevas edificaciones deberían estar proyectadas para obtener por lo menos un 1% de energía renovable producida en el sitio. Se recomienda que los paneles sean lo más eficientes posibles a fin de llegar al porcentaje mencionado.

La energía obtenida será incorporada a la red del campus para ser distribuida como uso general y con ello bajar el consumo energético mensual. De darse el caso de tener alguna consideración especial, la energía obtenida podría ser destinada para el alumbrado de áreas comunes, pasillos, escaleras, etc. según sea el requerimiento.

Tener en cuenta lo siguiente para el desarrollo del sistema fotovoltaico:

1. El diseño e instalación de un Sistema Fotovoltaico requiere de un proyecto integral que abarque los siguientes temas:

- Desarrollo de ingenierías e instalación del Sistema Fotovoltaico
- Proyecto de adecuación e Instalación de Obra Eléctrica
- Proyecto de adecuación e Instalación de Nodos de Red
- Proyecto de adecuación e instalación de Obra Civil

2. Visita al sitio de la instalación del sistema fotovoltaico y documentación de condiciones existentes en un reporte de Levantamiento.

3. Análisis de Factibilidad donde se muestre un análisis técnico y económico de los principales componentes de un sistema fotovoltaico y su instalación:

- Componentes: Inversores y Módulos fotovoltaicos.
- Instalación, ya sea: Estacionamiento techados, Sombras decorativas, Sobre Fachadas, Sobre losas de edificios, Granja Solar.

4. Se debe tener total coordinación con Planta Física de Campus, para validar los siguientes temas:

- Disponibilidad de azoteas y espacios para la instalación de módulos.
- Validación del acomodo e instalación de módulos (individual, plancha, como cubierta, como fachada, etc.).
- Validación de temas de anclaje a losas y/o cubiertas.
- Validación de temas de sellado y garantías de la impermeabilización.

5. La propuesta resultante de esta fase requiere firma del área de Energía.

## ENTREGABLES

Asimismo, se deberá integrar la siguiente información:

1. Levantamiento con detalle de las condiciones existentes del lugar donde se proyecta el sistema fotovoltaico, debe incluir:
2. Fotografías.

3. Planos y diagramas.
4. Descripción de las condiciones tales como: ranuras, elevaciones, rampas, tipo de impermeabilización y su estado, etc.
5. Análisis de Factibilidad donde se muestre un análisis técnico y económico de los principales componentes de un sistema fotovoltaico y su instalación:
6. Componentes: Inversores y Módulos fotovoltaicos.
7. Instalación, ya sea: Estacionamiento techados, Sombras decorativas, Sobre Fachadas, Sobre losas de edificios, Granja Solar.
8. Propuesta conceptual del sistema.

Con referencia a las Ingenierías de valor de sistemas fotovoltaicos y sus componentes, se debe tener presente lo siguiente:

1. Modelación y simulación del sistema fotovoltaico, con condiciones reales de módulos a instalar, la ubicación geográfica y características del montaje, para determinar y maximizar la producción de energía en cada sitio. Incluir:

- Modelación y cálculo del perfil mensual de producción de energía eléctrica.
- Análisis de sombreado.
- Planos en Autocad y PDF generales y de detalles de ubicación y acomodo de módulos fotovoltaicos.
- Planos en Autocad y PDF generales y de detalle del sistema de soporte y anclaje.
- Planos en Autocad y PDF generales y de detalle de cajas combinadoras, tuberías, cableado, puesta a tierra, etc.
- Memorias de cálculo.

2. Instalaciones eléctricas necesarias para proveer de un punto de interconexión, al pie de los inversores, a la red eléctrica del campus y/o edificios, así como la ubicación y disposiciones necesarias para la instalación de equipo de medición fiscal de energía, para efectos de poder obtener Certificados de Energía Limpia (CEL's).

Para cada una de las siguientes áreas:

- Adecuaciones eléctricas en instalaciones existentes en el Campus.
- Instalaciones eléctricas para interconexión en corriente alterna.
- Instalaciones eléctricas de corriente directa

En cumplimiento de las normas oficiales mexicanas vigentes, así como estándares y recomendaciones internacionales, se deben elaborar ingenierías a detalle que incluyan:

Memorias de cálculo.

- Selección de componentes.
- Diagramas unifilares.

- Planos en Autocad y PDF generales de instalación eléctrica.
- Planos de Autocad y PDF detalles de instalación eléctrica.
- Catálogos de conceptos.

3. Instalación de nodos de red necesarios para el monitoreo remoto.

- Planos en Autocad y PDF necesarios.

4. Ingeniería civil en caso de requerirse algún sistema de cimentación o anclaje especial o bien el diseño de estructuras para el montaje de módulos.

- Planos en Autocad y PDF necesarios.
- Los planos resultantes requieren validación por escrito del área de Energía.

5. Se debe de realizar un proceso de comisionamiento durante el proceso de diseño y construcción del sistema fotovoltaico y los trabajos preliminares que sean necesarios.  
IR A SECCIÓN COMISIONAMIENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EN ESTE DOCUMENTO.

6. El proveedor debe demostrar el cumplimiento de los siguientes requisitos durante la revisión final de la instalación y previo al arranque del sistema:

- Que todos los elementos estructurales y eléctricos estén debidamente instalados y sujetos.
- Que todos los componentes y cableados estén instalados de manera limpia y ordenada.
- Que todas las terminales eléctricas estén debidamente elaboradas y con el par de apriete especificado.
- Que todas las leyendas y etiquetas especificadas estén instaladas y se ubiquen en el lugar indicado.
- Que todos los ajustes y configuraciones de los inversores estén de manera correcta.
- Que todos los medios de desconexión estén abiertos y/o los fusibles retirados y además que se encuentren los medios de bloqueo de seguridad aplicados.
- Que se hayan resuelto todas las observaciones previamente reportadas resultantes de la revisión visual del Líder de Proyecto.
- Que se hayan realizado todas las labores de limpieza.

7. Una vez que los trabajos de instalación del Sistema Fotovoltaico han sido terminados y están en cumplimiento con los requisitos del presente estándar, el proveedor gestiona

el Dictamen de Verificación de Instalaciones Eléctricas ante una Unidad de Verificación de Instalaciones Eléctricas.

8. El proveedor debe gestionar el Certificado de Cumplimiento del Manual de Interconexión ante una Unidad de Inspección.

9. El proveedor debe gestionar, con los documentos anteriormente recibidos, el Contrato de Interconexión con el Suministrador de Servicios Básicos.

10. El proveedor debe hacer una entrega final que incluya:

- Contrato o contratos de interconexión.
- Dictámenes de verificación.
- Memorias de cálculo.
- Planos As-Built.
- Listado de componentes con hojas de datos técnicos.
- Manuales de operación/instalación/seguridad de componentes.
- Manual de operación y mantenimiento del sistema fotovoltaico incluyendo procedimientos de aislamiento, desconexión. y paro de emergencia.
- Programa de pruebas y mantenimiento.
- Datos de contacto de todas las empresas involucradas.
- Plano de planta general del sitio de la instalación ubicando todos los componentes
- Diagramas unifilares con cuadro de equipos.
- Pólizas de Garantías.
- Reportes de pruebas y comisionamiento.

## ESFUERZOS ADICIONALES

1. En caso de que el proyecto cuente con las condiciones físicas y económicas, se recomienda intentar lograr un porcentaje mayor al 1% a fin de poder obtener mayor puntaje en caso el proyecto busque la certificación LEED.

| Porcentaje de Energía Renovable | Puntos (todos, excepto Núcleo y Envolvente) | Puntos (Núcleo y Envolvente) |
|---------------------------------|---|------------------------------|
| 1%                              | 1   | 1                            |

|     |   |   |
|-----|---|---|
| 3%  | - | 2 |
| 5%  | 2 | 3 |
| 10% | 3 | - |

*Crédito LEED: Producción de Energía Renovable Renovable*

# CONTRATOS DE ENERGÍA

## REQUISITOS

1. CONTRATOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA
2. ANTECEDENTES
3. TIPOS DE CONTRATOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA
4. NUEVOS CONTRATOS DE SUMINISTRO ELÉCTRICO Y REGULARIZACIÓN DE CONTRATOS EXISTENTES
5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SUMINISTRADOR
6. ESQUEMA TARIFARIO DE SUMINISTRO BÁSICO
  - a. TARIFA PDBT – PEQUEÑA DEMANDA BAJA TENSIÓN
  - b. TARIFA GDBT – GRAN DEMANDA BAJA TENSIÓN
  - c. TARIFA GDMTO – GRAN DEMANDA MEDIA TENSIÓN ORDINARIA
  - d. TARIFA GDMTH – GRAN DEMANDA MEDIA TENSIÓN HORARIA
  - e. DEMANDA MÁXIMA – CARGO POR CAPACIDAD
  - f. DEMANDA MÁXIMA – CARGO POR DISTRIBUCIÓN
7. FACTOR DE CARGA
8. FACTOR DE POTENCIA
9. ANEXOS
  - a. FORMATO DE SOLICITUD DE FACTIBILIDAD

### 1. CONTRATOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

La gestión del suministro eléctrico referente a nuevos contratos e instalación de Sistemas Fotovoltaicos se encuentra centralizada por el área de Energía y Medio Ambiente de la Dirección de Operaciones del ITESM. Los temas relacionados a contratos de energía deben ser consultados con dicha área al correo [energiatec@itesm.mx](mailto:energiatec@itesm.mx) para responder a las necesidades específicas y de acuerdo con ello asignar al Suministrador más conveniente para la Institución.

### 2. ANTECEDENTES

En todos los inmuebles o predios a cargo de la Institución que requieran suministro eléctrico, se debe construir un punto de acometida siguiendo los lineamientos de la empresa Suministradora, así como también se deberá celebrar su respectivo contrato de suministro eléctrico.

Como parte de las cláusulas de los contratos de suministro eléctrico, para aquellos proyectos de construcción de nuevos edificios o bien de ampliación de edificios existentes dentro de los campus o inmuebles de la Institución, se deberán efectuar las adecuaciones necesarias en la infraestructura eléctrica existente además de realizar las actualizaciones correspondientes en los contratos de suministro eléctrico.

### 3. TIPOS DE CONTRATOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

De acuerdo con la Ley de la Industria Eléctrica (LIE), se establecen dos tipos de esquemas Usuario-Suministrador: Básico y Calificado.

Todos los contratos de suministro eléctrico existentes, celebrados antes de agosto 2014, independientemente de la carga contratada, actualmente pertenecen al esquema Básico; los nuevos contratos que se requieran celebrar con carga eléctrica inferior a un mega watt (1 MW) serán en el esquema Básico y aquellos con carga igual o superior a 1 MW serán en el esquema de Calificados.

Todos los contratos de suministro eléctrico existentes celebrados antes de agosto 2014 en el esquema Básico con carga eléctrica de 1 MW y superior podrán migrar al esquema de Calificados.

#### **Contrato de Servicio Básico**

Actualmente en México solo existe una empresa que provee energía eléctrica para el esquema Básico: CFE Suministrador de Servicio Básico. Las tarifas son reguladas por la Comisión Reguladora de Energía (CRE).

Los contratos de suministro eléctrico se establecen con respecto a la carga y demanda eléctrica expresada en kilowatt (kW), y la tensión de suministro expresada en volts (V) que se requieren para el proyecto.

| Tensión de suministro          | Demanda   | Tarifa Usuario Básico                        |
|--------------------------------|-----------|--|
| Baja Tensión<br>≤ 1kV          | ≤ 25 kW   | PDBT - Pequeña Demanda Baja Tensión          |
|                                | > 25kW    | GDBT - Gran Demanda Baja Tensión             |
| Media tensión<br>> 1kV, ≤ 35kV | < 100 kW* | GDMTO - Gran Demanda Media Tensión Ordinaria |
|                                | ≥ 100 kW* | GDMTH - Gran Demanda Media Tensión Horaria   |

Tabla 4. Tipo de tarifa según tensión y demanda.

\*La CRE establece en sus acuerdos de Metodología para Determinar el Cálculo y Ajuste de las Tarifas Finales del Suministro Básico que las tarifas GDMTO y GDMTH aplican para demandas contratadas arriba de 25 kW.

### Contrato de Servicio Calificado

Para contratos nuevos de suministro eléctrico con capacidad igual o mayor a 1 MW, de acuerdo con la regulación en materia de la Ley de Industria Eléctrica, este tipo de servicios debe de recurrir directamente a Suministradores de Servicios Calificados con permiso autorizado por la CRE. El Tecnológico de Monterrey a través del área de Energía y Medio Ambiente es el encargado de coordinar los procesos competitivos necesarios para encontrar al mejor Suministrador para cada proyecto en particular.

La lista de los Suministradores autorizados por la CRE se puede consultar en: <http://usuariocalificado.cre.gob.mx/UsuarioCalificado/ListadoSuministrador>.

Un Usuario Calificado es un servicio con una demanda de al menos 1 MW y que se haya registrado como Usuario Calificado ante la Comisión Reguladora de Energía, con la finalidad de adquirir su suministro eléctrico como participante del mercado o a través de los servicios de un Suministrador Calificado.

Los tipos de Usuarios Calificados se agrupan en 2 segmentos:

- Usuarios obligados: Son los usuarios que demandan al menos 1MW y que iniciaron operaciones posteriores a la promulgación de la Ley de la Industria Eléctrica en agosto de 2014, con lo cual no tienen acceso al suministro regulado con CFE Suministro Básico y deben adquirir su suministro eléctrico a través de un Suministrador de Servicios Calificados o en su defecto se le asigna al Suministrador de Último Recurso.
- Usuarios potenciales: Son los usuarios que demandan al menos 1MW y ya contaban con un contrato de Suministro a la fecha de la promulgación de la Ley de la Industria Eléctrica en agosto de 2014, con lo cual pueden optar entre permanecer en el suministro regulado con CFE Suministro Básico o migrar como Usuario Calificado buscando beneficios en la adquisición de su suministro eléctrico para sus empresas.

#### 4. NUEVOS CONTRATOS DE SUMINISTRO ELÉCTRICO Y REGULARIZACIÓN DE CONTRATOS EXISTENTES

Los requisitos, documentación y pasos que se especifican en esta sección se deberán completar para realizar los siguientes trámites ante el Suministrador:

- Nuevo contrato
- Regularización por demanda excedida
- Modificación a la carga y/o demanda contratada
- Cambio de tarifa
- Cambio de titularidad (nombre o razón social)
- Modificación a las instalaciones

Requisitos:

- En caso de recontractación o modificación, el servicio debe estar al corriente de pagos (sin adeudos)
- Contar con la preparación eléctrica terminada conforme a la Especificación Técnica del Suministrador vigente ([https://lapem.cfe.gob.mx/normas/listado\\_construccion.asp](https://lapem.cfe.gob.mx/normas/listado_construccion.asp))

- El domicilio debe contar con número oficial visible e instalado permanentemente
- Instalación eléctrica interna terminada.
- Contar con dictamen de verificación emitido y firmado por una Unidad de Verificación aprobada por la Secretaría de Energía, en el que certifique que las instalaciones eléctricas cumplen con la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-Vigente.

#### Documentación requerida

- Nombre e identificación oficial de la persona que realiza el trámite
- Teléfono y correo electrónico de la persona que realiza el trámite
- Dirección donde se requiere el suministro
- Croquis de la ubicación donde se requiere el suministro
- Nombre ó Razón Social y su RFC
- Acta constitutiva de la empresa en original y copia
- Poder notariado del representante legal de la empresa
- Identificación oficial del representante legal de la empresa
- Carta poder simple o notarial para la persona que realiza el trámite si es que el apoderado legal no puede comparecer a realizar los trámites
- Dictamen de la Unidad de Verificación
- Documentos adicionales específicos que pueda requerir el Suministrador
- Oficio de demanda excedida (si aplica)
- Censo de cargas
- Escritura del predio o documento que ampare la posesión.
- Documento oficial de alineación
- Uso de suelo.
- Título de concesión de aguas nacionales
- Escrito con solicitud específica
- Foto de la carátula del medidor

Pasos:

- o Realizar Solicitud de Factibilidad en las oficinas de atención al público del Suministrador - CFE Distribución (trámite sin costo, ver formato en Anexo 1)
- o Recepción de Oficio Resolutivo de la Solicitud de Factibilidad
- o Realizar los pagos correspondientes que se especifiquen en Oficio Resolutivo en caso de que apliquen, pudiendo ser por Obra Específica, Medición, Ampliación, Maniobras, etc.
- o Acudir a las oficinas del Suministrador para revisión de documentos y solicitar el importe del depósito en garantía
- o Realizar el pago correspondiente a Depósito en Garantía (si aplica)
- o Acudir a las oficinas del Suministrador con toda la documentación a celebrar y firmar el respectivo contrato

#### Entregables:

Se deben resguardar en físico y en archivo electrónico todos los documentos que se generen en este proceso de contratación o regularización de servicios de suministro eléctrico. Se deben incluir los comprobantes de pago o depósitos, contratos, dictámenes, etc.

Estos documentos deberán estar disponibles para todas las áreas relacionadas como Inmuebles, Planta Física, Infraestructura, Ingeniería, Energía, para futuras referencias y dar continuidad a los trámites que se generen en fechas posteriores.

## 5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SUMINISTRADOR

Tabla 5. Los lineamientos técnicos de la empresa Suministradora se pueden consultar en [https://lapem.cfe.gob.mx/normas/listado\\_construccion.asp](https://lapem.cfe.gob.mx/normas/listado_construccion.asp), siendo los principales los siguientes:

| Clave    | Fecha   | Título  |
|----------|---------|---|
| DCABT000 | 01/2013 | Instalación de Acometidas en Baja Tensión   |
| DCCIAMBT | 02/2014 | Construcción de Instalaciones Aéreas en Media y Baja Tensión                            |
| DCCSSUBT | 01/2015 | Construcción de Sistemas Subterráneos   |
| DCMBT100 | 01/2013 | Medición para Acometidas Monofásicas  |
| DCMBT200 | 01/2013 | Medición para Acometidas Bifásicas  |
| DCMBT300 | 01/2013 | Medición para Acometidas Trifásicas   |
| DCMBT400 | 01/2013 | Medición para Acometidas en Concentraciones   |
| DCMIA100 | 07/2014 | Medición al Inicio de la Acometida para Servicios Monofásicos                           |
| DCMIA200 | 07/2014 | Medición al Inicio de la Acometida para Servicios Bifásicos                             |
| DCMIA300 | 07/2014 | Medición al Inicio de la Acometida para Servicios Trifásicos                            |
| DCMIARAS | 11/2013 | Instalación de Equipo de Medición al Inicio de la Acometida en Red Aérea y Subterránea  |
| DCMMT100 | 12/2014 | Medición para Acometida con Subestación tipo Poste                                      |
| DCMMT200 | 12/2014 | Medición para Acometida con Subestación en Azotea                                       |
| DCMMT300 | 12/2014 | Medición para Acometida con Subestación Compacta  |
| DCMMT400 | 12/2014 | Medición para Acometida con Subestación tipo Pedestal                                   |
| DCMMT500 | 12/2014 | Medición para Acometida con Equipo Combinado  |
| DCMMT600 | 12/2014 | Medición para Acometida en Subestación Compartida con Servicios Medidos en Baja Tensión |
| DCPROASO | 06/2014 | Atención de Solicitudes de Servicio de Energía Eléctrica                                |

## 6. ESQUEMA TARIFARIO DE SUMINISTRO BÁSICO

Las características y especificaciones del esquema tarifario de suministro básico más recientes a la edición de este estándar se publicaron por la CRE el día 18 de diciembre 2020 en el Acuerdo A/046/2020 y su Anexo Único correspondiente a la Metodología para Determinar el Cálculo y Ajuste de las Tarifas Finales del Suministro Básico

### Tarifa PDBT – Pequeña Demanda Baja Tensión

Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía en baja tensión a cualquier uso, con demanda hasta de 25 kW. Facturación; se aplicarán los cargos de:

- Cargo fijo (MXN/mes)
- Cargo variable por Energía (MXN/kWh)

Los cargos de las tarifas finales del suministro básico corresponden a la integración de los cargos por Transmisión, Distribución, Operación del CENACE, Operación del Suministrador Básico, Servicios Conexos No MEM, Energía y Capacidad.

El cargo mínimo mensual es la cantidad que resulte de aplicar el cargo por la operación del Suministrador de Servicios Básicos.

Demanda por contratar; se fijará inicialmente con base en las necesidades de potencia. Cualquier fracción de kW se considerará como kW completo.

Cuando el usuario exceda la demanda de 25 kW, deberá solicitar al Suministrador aplique la tarifa GDBT. De no hacerlo, a la tercera medición consecutiva en que exceda la demanda de 25 kW, será reclasificado por el Suministrador.

Depósito de garantía para celebrar el contrato; es el importe que resulte de aplicar la cuota a cada kWh, con base a los hilos contratados de acuerdo con lo siguiente:

- 125 kWh para los servicios suministrados con 1 hilo de corriente.
- 350 kWh para los servicios suministrados con 2 hilos de corriente.
- 400 kWh para los servicios suministrados con 3 hilos de corriente.

En el caso de los servicios con facturación bimestral, el depósito de garantía será dos veces el importe que resulte de aplicar lo anterior.

### **Tarifa GDBT – Gran Demanda Baja Tensión**

Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía en baja tensión a cualquier uso, con demanda de más de 25 kW. Facturación; se aplicarán los cargos de:

- Cargo fijo (MXN/mes)
- Cargo variable por Energía (MXN/kWh)
- Cargo por Distribución (MXN/kW)
- Cargo por Capacidad (MXN/kW)

Los cargos de las tarifas finales del suministro básico corresponden a la integración de los cargos por Transmisión, Distribución, Operación del CENACE, Operación del Suministrador Básico, Servicios Conexos No MEM, Energía y Capacidad.

Cargo mínimo mensual es el importe que resulta de aplicar el cargo por la operación del Suministrador de Servicios Básicos correspondiente a esta categoría tarifaria.

La demanda por contratar se fijará inicialmente con base en las necesidades de potencia; su valor no será menor de 60% de la carga total conectada ni menor de 25 kW,

tampoco podrá ser menor que la capacidad más grande del motor o aparato instalado. Cualquier fracción de kW se tomará como kW completo.

La demanda máxima medida se determina mensualmente por medio de instrumentos de medición, que indican la demanda media en kW, durante cualquier intervalo de 15 minutos del periodo en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 minutos en el periodo correspondiente, cualquier fracción de kW de demanda medida se tomará como kW completo.

Depósito de garantía para celebrar el contrato es 2 veces el importe del cargo por capacidad a cada kW de demanda contratada.

### **Tarifa GDMTO – Gran Demanda Media Tensión Ordinaria**

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en media tensión, con una demanda menor a 100 kW. Facturación; se aplicarán los cargos de:

- Cargo fijo (MXN/mes)
- Cargo variable por Energía (MXN/kWh)
- Cargo por Distribución (MXN/kW)
- Cargo por Capacidad (MXN/kW)

Los cargos de las tarifas finales del suministro básico corresponden a la integración de los cargos por Transmisión, Distribución, Operación del CENACE, Operación del Suministrador Básico, Servicios Conexos No MEM, Energía y Capacidad.

Cargo mínimo mensual es el importe que resulta de aplicar el cargo por la operación del Suministrador de Servicios Básicos correspondiente a esta categoría tarifaria.

La demanda contratada se fijará inicialmente con base en las necesidades de potencia; su valor no será menor del 60% de la carga total conectada, ni menor de 10 kilowatts o la capacidad del mayor motor o aparato instalado.

En el caso de que el 60% de la carga total conectada exceda la capacidad de la subestación del usuario, sólo se tomará como demanda contratada la capacidad de dicha subestación a un factor de 90%.

La demanda máxima medida se determina mensualmente por medio de instrumentos de medición, que indican la demanda media en kW, durante cualquier intervalo de 15

minutos del periodo en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 minutos en el periodo correspondiente, cualquier fracción de kW de demanda medida se tomará como kW completo.

Cuando la demanda máxima medida sea igual o exceda de 100 kW, el usuario deberá solicitar al suministrador su incorporación a la tarifa GDMTH. De no hacerlo, al tercer mes consecutivo en que exceda la demanda de 100 kW, será reclasificado por el suministrador en la tarifa GDMTH.

Depósito de garantía para celebrar el contrato es 2 veces el importe del cargo por capacidad a cada kW de demanda contratada.

#### **Tarifa GDMTH – Gran Demanda Media Tensión Horaria.**

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en media tensión, con una demanda igual o mayor a 100 kilowatts.

Facturación; se aplicarán los cargos de:

- Cargo fijo (MXN/mes)
- Cargo variable por Energía en horario base (MXN/kWh)
- Cargo variable por Energía en horario intermedia (MXN/kWh)
- Cargo variable por Energía en horario punta (MXN/kWh)
- Cargo por Distribución (MXN/kW)
- Cargo por Capacidad (MXN/kW)

Los cargos de las tarifas finales del suministro básico corresponden a la integración de los cargos por Transmisión, Distribución, Operación del CENACE, Operación del Suministrador Básico, Servicios Conexos No MEM, Energía y Capacidad.

Cargo mínimo mensual es el importe que resulta de aplicar el cargo por la operación del Suministrador de Servicios Básicos correspondiente a esta categoría tarifaria.

La demanda contratada se fijará inicialmente; su valor no será menor del 60% de la carga total conectada, ni menor de 100 kilowatts o la capacidad del mayor motor o aparato instalado.

En el caso de que el 60% de la carga total conectada exceda la capacidad de la subestación del usuario, sólo se tomará como demanda contratada la capacidad de dicha subestación a un factor de 90%.

Horario; para los efectos de la aplicación de esta tarifa, se utilizarán los horarios locales oficialmente establecidos. Por días festivos se entenderán aquellos de descanso obligatorio, establecidos en el artículo 74 de la Ley Federal del Trabajo, a excepción de la fracción IX, así como los que se establezcan por Acuerdo Presidencial.

Periodos de punta, intermedio y base; estos periodos se definen en cada una de las regiones tarifarias para distintas temporadas del año, como se describe en el apartado 3.3.4 del Anexo Único del Acuerdo A/064/2018.

Las demandas máximas medidas en los distintos periodos se determinarán mensualmente por medio de instrumentos de medición, que indican la demanda media en kW, durante cualquier intervalo de 15 minutos del periodo en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 minutos en el periodo correspondiente, cualquier fracción de kilowatt de demanda medida se tomará como kilowatt completo.

Cuando el usuario mantenga durante 12 meses consecutivos valores de demanda inferiores a 100 kW, podrá solicitar al Suministrador su incorporación a la tarifa GDMTO.

Depósito de garantía para celebrar el contrato es 2 veces el importe del cargo por capacidad a cada kW de demanda contratada.

### **Demanda Máxima – Cargo por Capacidad**

La demanda máxima a la que se deberá aplicar los cargos por capacidad expresados en \$/kW, será la mínima entre los valores que se definen a continuación:

$$\min \left\{ D_{max_{punta}}, \left[ \frac{Q_{mensual}}{24 * d * FC} \right] \right\}$$

Donde  $D_{max\_punta}$  es la demanda máxima coincidente con el periodo horario de punta medida en kW,  $Q_{mensual}$  es el consumo mensual registrado en el mes de facturación en kWh,  $d$  son los días del periodo de facturación y el  $FC$  es el factor de carga correspondiente del apartado 3.3.1 del Anexo Único del Acuerdo A/064/2018.

Para el caso de que no haya periodo de punta y los usuarios suministrados en baja y media tensión que no cuenten con sistemas de medición para demanda, se utilizará la siguiente fórmula:

$$Demanda = \left[ \frac{Q_{mensual}}{24 * d * FC} \right]$$

Donde Q\_mensual es el consumo mensual registrado en el mes de facturación en kWh, d son los días del periodo de facturación y el FC es el factor de carga correspondiente del apartado 3.3.1 del Anexo Único del Acuerdo A/064/2018.

### **Demanda Máxima – Cargo por Distribución**

La demanda máxima a la que se deberá aplicar los cargos de distribución expresados en \$/kW, será la mínima entre los valores que se definen a continuación:

$$\min \left\{ D_{max_{mensual}}, \left[ \frac{Q_{mensual}}{24 * d * FC} \right] \right\}$$

Donde Dmax\_mensual es la demanda máxima registrada en el mes al que corresponde la facturación medida en kW, Q\_mensual es el consumo mensual registrado en el mes de facturación en kWh, d son los días del periodo de facturación y el FC es el factor de carga correspondiente del apartado 3.3.1 del Anexo Único del Acuerdo A/064/2018.

Para los usuarios suministrados en baja y media tensión que no cuenten con sistemas de medición para demanda, se utilizará la siguiente fórmula:

$$Demanda = \left[ \frac{Q_{mensual}}{24 * d * FC} \right]$$

Donde Q\_mensual es el consumo mensual registrado en el mes de facturación en kWh, d son los días del periodo de facturación y el FC es el factor de carga correspondiente del apartado 3.3.1 del Anexo Único del Acuerdo A/064/2018.

## **7. FACTOR DE CARGA**

El factor de carga es la relación entre la carga promedio en un tiempo determinado y la carga máxima registrada en el mismo periodo de una categoría tarifaria.

Los factores de carga que se utilizan para determinar los cargos de capacidad y distribución especificados en el apartado 3.3.1 del Anexo Único del Acuerdo A/064/2018 son los siguientes (Tabla 6):

| Categoría tarifaria | Factor de Carga |
|---------------------|-----------------|
| PDBT                | 0.58            |
| GDBT                | 0.49            |
| GDMTO               | 0.55            |
| GDMTH               | 0.57            |

## 8. FACTOR DE POTENCIA

El factor de potencia (FP) es la relación entre la potencia activa en kW y la potencia aparente en kVA. El usuario deberá procurar mantener un factor de potencia aproximado a 100%.

En el caso de que su factor de potencia durante cualquier periodo de facturación tenga un promedio menor de 90% atrasado, determinado por los métodos establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes, el Suministrador tendrá derecho a cobrar al usuario la cantidad que resulte de aplicar al monto de la facturación el porcentaje de recargo que se determine según la fórmula que se señala:

Fórmula de recargo para un FP < 90%.

$$\text{Porcentaje de recargo} = \frac{3}{5} * \left[ \frac{90}{FP} - 1 \right] * 100\%$$

En el caso de que el factor de potencia tenga un valor igual o superior de 90%, el Suministrador tendrá la obligación de bonificar al usuario la cantidad que resulte de aplicar a la factura el porcentaje de bonificación según la fórmula que también se señala:

Fórmula de Bonificación para FP ≥ 90%

$$\text{Porcentaje de bonificación} = \frac{1}{4} * \left[ 1 - \frac{90}{FP} \right] * 100\%$$

Los valores resultantes de la aplicación de estas fórmulas se redondearán a un solo decimal, según sea o no menor que 5 el segundo decimal. En ningún caso se aplicarán porcentajes de recargo superiores a 120%, ni porcentajes de bonificación superiores a 2.5%.

FORMATO DE SOLICITUD DE FACTIBILIDAD (Anverso)

|  |   |  |  |   |   |  |                              |                   |                        |  |
|--|---|--|--|---|---|--|------------------------------|-------------------|------------------------|--|
| LOGOTIPO DEL<br>SUMINISTRADOR  | <b>NOMBRE DEL SUMINISTRADOR</b><br>SOLICITUD DE SERVICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA<br>BAJO EL RÉGIMEN DE APORTACIONES    | SOLICITUD No. _____<br>ÁREA RECEPTORA: _____<br>FECHA: _____<br><div style="display: flex; justify-content: space-around; font-size: small;"> <span>____ DIA</span> <span>____ MES</span> <span>____ AÑO</span> </div> |  |   |   |  |                              |                   |                        |  |
| <b>POR MEDIO DE LA PRESENTE, SOLICITO QUE SE REALICE EL ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO PARA:</b><br><input type="checkbox"/> OBTENER EL SERVICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL DOMICILIO Y CON LOS DATOS QUE SE INDICAN <span style="margin-left: 100px;"><input type="checkbox"/> MODIFICACIÓN DE INSTALACIONES DEL SUMINISTRADOR</span>  |   |  |  |   |   |  |                              |                   |                        |  |
| DATOS DEL SOLICITANTE:   |   |  |  |   |   |  |                              |                   |                        |  |
| NOMBRE, DENOMINACIÓN O RAZÓN SOCIAL: _____<br>DOMICILIO DEL SERVICIO SOLICITADO: _____ COLONIA: _____<br>ENTRE CALLES _____ Y _____ DELEG. O MUNICIPIO: _____ C.P.: _____<br>ESTADO: _____ TELÉFONO: _____ FAX: _____ REFERENCIAS COMPLEMENTARIAS PARA LA LOCALIZACIÓN DEL SERVICIO: _____<br>DOMICILIO PARA RECIBIR NOTIFICACIONES: _____<br>DELEG. O MUNICIPIO: _____ ESTADO: _____ TELÉFONO: _____ FAX: _____   |   |  |  |   |   |  |                              |                   |                        |  |
| CARACTERÍSTICAS DEL SERVICIO SOLICITADO:   |   |  |  |   |   |  |                              |                   |                        |  |
| <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 25%; vertical-align: top;"> <b>TIPO*:</b><br/> <input type="checkbox"/> NUEVO<br/> <input type="checkbox"/> MODIFICACIÓN DE CARGA<br/> <input type="checkbox"/> PROVISIONAL _____ MESES         </td> <td style="width: 25%; vertical-align: top;"> <b>TENSIÓN:</b><br/> <input type="checkbox"/> BAJA<br/> <input type="checkbox"/> MEDIA<br/> <input type="checkbox"/> ALTA         </td> <td style="width: 25%; vertical-align: top;"> <b>FASES:</b><br/> <input type="checkbox"/> 1<br/> <input type="checkbox"/> 2<br/> <input type="checkbox"/> 3         </td> <td style="width: 25%; vertical-align: top;"> <b>CLASE DE SERVICIO</b><br/> <input type="checkbox"/> DOMÉSTICO<br/> <input type="checkbox"/> COMERCIAL<br/> <input type="checkbox"/> INDUSTRIAL<br/> <input type="checkbox"/> COL. O PUEBLO<br/> <input type="checkbox"/> BOMBEO DE AGUA<br/> <input type="checkbox"/> MERCADO<br/> <input type="checkbox"/> PARQUE INDUSTRIAL<br/> <input type="checkbox"/> ALUMBRADO PÚBLICO<br/> <input type="checkbox"/> CENTRO COMERCIAL<br/> <input type="checkbox"/> FRACC. O UNID. HAB.<br/> <input type="checkbox"/> ESCUELA<br/> <input type="checkbox"/> EDIF. O FINAS. O DEPTOS.<br/> <input type="checkbox"/> DESARROLLO TURÍSTICO<br/> <input type="checkbox"/> OTRO _____<br/> <small>ESPECIFIQUE</small> </td> </tr> </table> <p>NÚMERO DE SERVICIO: _____<br/>         FECHA EN QUE SE REQUIERE EL SERVICIO: _____</p> <p><small>* PARA SERVICIOS EN BAJA TENSIÓN, EN CASO DE CONOCERSE, INDICAR LA DISTANCIA ENTRE EL POSTE O REGISTRO DE BAJA TENSIÓN MÁS CERCANO DE CFE Y LAS INSTALACIONES DEL SOLICITANTE: _____ METROS.</small></p> |   |  | <b>TIPO*:</b><br><input type="checkbox"/> NUEVO<br><input type="checkbox"/> MODIFICACIÓN DE CARGA<br><input type="checkbox"/> PROVISIONAL _____ MESES  | <b>TENSIÓN:</b><br><input type="checkbox"/> BAJA<br><input type="checkbox"/> MEDIA<br><input type="checkbox"/> ALTA | <b>FASES:</b><br><input type="checkbox"/> 1<br><input type="checkbox"/> 2<br><input type="checkbox"/> 3 | <b>CLASE DE SERVICIO</b><br><input type="checkbox"/> DOMÉSTICO<br><input type="checkbox"/> COMERCIAL<br><input type="checkbox"/> INDUSTRIAL<br><input type="checkbox"/> COL. O PUEBLO<br><input type="checkbox"/> BOMBEO DE AGUA<br><input type="checkbox"/> MERCADO<br><input type="checkbox"/> PARQUE INDUSTRIAL<br><input type="checkbox"/> ALUMBRADO PÚBLICO<br><input type="checkbox"/> CENTRO COMERCIAL<br><input type="checkbox"/> FRACC. O UNID. HAB.<br><input type="checkbox"/> ESCUELA<br><input type="checkbox"/> EDIF. O FINAS. O DEPTOS.<br><input type="checkbox"/> DESARROLLO TURÍSTICO<br><input type="checkbox"/> OTRO _____<br><small>ESPECIFIQUE</small> |                              |                   |                        |  |
| <b>TIPO*:</b><br><input type="checkbox"/> NUEVO<br><input type="checkbox"/> MODIFICACIÓN DE CARGA<br><input type="checkbox"/> PROVISIONAL _____ MESES  | <b>TENSIÓN:</b><br><input type="checkbox"/> BAJA<br><input type="checkbox"/> MEDIA<br><input type="checkbox"/> ALTA | <b>FASES:</b><br><input type="checkbox"/> 1<br><input type="checkbox"/> 2<br><input type="checkbox"/> 3  | <b>CLASE DE SERVICIO</b><br><input type="checkbox"/> DOMÉSTICO<br><input type="checkbox"/> COMERCIAL<br><input type="checkbox"/> INDUSTRIAL<br><input type="checkbox"/> COL. O PUEBLO<br><input type="checkbox"/> BOMBEO DE AGUA<br><input type="checkbox"/> MERCADO<br><input type="checkbox"/> PARQUE INDUSTRIAL<br><input type="checkbox"/> ALUMBRADO PÚBLICO<br><input type="checkbox"/> CENTRO COMERCIAL<br><input type="checkbox"/> FRACC. O UNID. HAB.<br><input type="checkbox"/> ESCUELA<br><input type="checkbox"/> EDIF. O FINAS. O DEPTOS.<br><input type="checkbox"/> DESARROLLO TURÍSTICO<br><input type="checkbox"/> OTRO _____<br><small>ESPECIFIQUE</small> |   |   |  |                              |                   |                        |  |
| DATOS DE LA CARGA Y DEMANDA DEL SERVICIO:  |   |  |  |   |   |  |                              |                   |                        |  |
| SERVICIO NUEVO O PROVISIONAL: _____ CARGA POR CONTRATAR: _____ MW DEMANDA SOLICITADA: _____ MW<br>SERVICIO EXISTENTE CON NECESIDADES DE MODIFICACIÓN DE CARGA Y DEMANDA:<br><table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">ACTUAL:</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">FOR CONTRATAR:</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">CARGA CONTRATADA: _____ MW</td> <td style="text-align: center;">CARGA: _____ MW</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">DEMANDA CONTRATADA: _____ MW</td> <td style="text-align: center;">DEMANDA: _____ MW</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">NÚMERO DE FASES: _____</td> <td></td> </tr> </table>   |   |  | ACTUAL:  | FOR CONTRATAR:  | CARGA CONTRATADA: _____ MW  | CARGA: _____ MW  | DEMANDA CONTRATADA: _____ MW | DEMANDA: _____ MW | NÚMERO DE FASES: _____ |  |
| ACTUAL:  | FOR CONTRATAR:  |  |  |   |   |  |                              |                   |                        |  |
| CARGA CONTRATADA: _____ MW   | CARGA: _____ MW   |  |  |   |   |  |                              |                   |                        |  |
| DEMANDA CONTRATADA: _____ MW   | DEMANDA: _____ MW   |  |  |   |   |  |                              |                   |                        |  |
| NÚMERO DE FASES: _____   |   |  |  |   |   |  |                              |                   |                        |  |
| DATOS REQUISITOS PARA SERVICIOS EN RED EN BAJA TENSIÓN:  |   |  |  |   |   |  |                              |                   |                        |  |
| CAPACIDAD DE LA SUBESTACIÓN PARTICULAR: _____ KVA. TENSIÓN PRIMARIA *: _____ KV. TENSIÓN SECUNDARIA: _____ KV.<br>UBICACIÓN PROPUESTA DE LA S.E. DEL SOLICITANTE: <input type="checkbox"/> PLANTA BAJA <input type="checkbox"/> 1er SOTANO <input type="checkbox"/> OTRO _____<br><small>ESPECIFIQUE</small><br>USO DE LA SUBESTACIÓN: <input type="checkbox"/> INDIVIDUAL <input type="checkbox"/> COMPARTIDA<br>TIPO DE SUBESTACIÓN: <input type="checkbox"/> ENCAPSULADA (SF6) <input type="checkbox"/> BLINDADA <input type="checkbox"/> INTemperie <input type="checkbox"/> POSTE <input type="checkbox"/> PEDESTAL <input type="checkbox"/> OTRO<br><small>* EL SUMINISTRADOR COM UNICARÁ AL SOLICITANTE EL NIVEL DE TENSIÓN O CORRESPONDIENTE A LA SOLUCIÓN TÉCNICA MÁS ECONÓMICA.</small>  |   |  |  |   |   |  |                              |                   |                        |  |
| RECOMENDACIONES DE INSTALACIONES:  |   |  |  |   |   |  |                              |                   |                        |  |
| <input type="checkbox"/> POSTES <input type="checkbox"/> ACOMETIDA (S) <input type="checkbox"/> SUBESTACION DEL SUMINISTRADOR<br><input type="checkbox"/> LÍNEAS <input type="checkbox"/> EQUIPO DE MEDICIÓN <input type="checkbox"/> OTRO _____<br><small>ESPECIFIQUE</small>   |   |  |  |   |   |  |                              |                   |                        |  |
| DECLARO BAJO PROTESTA DE DECIR VERDAD, QUE LOS DATOS ASENTADOS SON CIERTOS:<br>EN CASO DE PERSONA MORAL:<br>NOMBRE: _____<br>CARGO: _____<br>TEL/FAX: _____<br>FIRMA DEL SOLICITANTE: _____ CORREO ELECTRÓNICO: _____  |   | EN SU CASO, PERSONA DESIGNADA PARA REALIZAR LOS TRÁMITES:<br>NOMBRE: _____<br>TELÉFONO Y FAX: _____<br>CORREO ELECTRÓNICO: _____   |  |   |   |  |                              |                   |                        |  |
| <b>IMPORTANTE:</b> FAVOR DE VERIFICAR LOS REQUISITOS Y RECOMENDACIONES LISTADOS AL REVERSO.  |   |  |  |   |   |  |                              |                   |                        |  |

#### REQUISITOS PARA OBTENER EL SERVICIO

- 1.- TRAMITAR LA PRESENTE SOLICITUD.
- 2.- EL SOLICITANTE DEBERÁ ENTREGAR LA DOCUMENTACIÓN E INFORMACIÓN ADICIONAL NECESARIA PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO Y PRESUPUESTO CORRESPONDIENTES, UNA VEZ QUE EL SUMINISTRADOR LE NOTIFIQUE QUE NO EXISTE IMPEDIMENTO TÉCNICO.  
  
LOS TIEMPOS DE RESPUESTA DEL SUMINISTRADOR, PREVISTOS EN EL ARTÍCULO 34 DEL REGLAMENTO DE LA LEY DEL SERVICIO PÚBLICO DE ENERGÍA ELÉCTRICA, EN MATERIA DE APORTACIONES, SERÁN EN DÍAS HÁBILES Y EMPEZARÁN A CONTAR A PARTIR DEL DÍA SIGUIENTE A LA FECHA EN QUE EL SUMINISTRADOR ACUSE RECIBO DE LA DOCUMENTACIÓN E INFORMACIÓN SOLICITADA.
- 3.- PARA SERVICIOS EN ALTA TENSION, A PARTIR DEL INGRESO DE ESTA SOLICITUD, SE ESTABLECERÁ UNA ADECUADA COORDINACIÓN ENTRE EL SOLICITANTE Y EL SUMINISTRADOR, PARA PRECISAR LOS REQUERIMIENTOS NECESARIOS DE INFORMACIÓN.
- 4.- EN SU CASO, CUBRIR LA APORTACIÓN QUE RESULTE A SU CARGO.
- 5.- CUANDO SEA REQUERIDA, ESTAR TERMINADA LA OBRA ESPECÍFICA Y/O LA MODIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES.
- 6.- CUANDO EN EL CASO LO AMERITE, ENTREGAR AL SUMINISTRADOR EL ORIGINAL DEL CERTIFICADO EXPEDIDO POR LA UNIDAD VERIFICADORA.
- 7.- CELEBRAR EL CONTRATO DE SUMINISTRO CORRESPONDIENTE.

#### RECOMENDACIONES GENERALES

- 1.- ANEXAR UNA RELACION DE CARGAS QUE AMPARE LA CARGA POR CONTRATAR, CONSIDERANDO LA CAPACIDAD LA CAPACIDAD EXPRESADA EN WATT DE: MOTORES, LAMPARAS, CONTACTOS Y CARGAS ESPECIALES TALES COMO: SOLDADORAS, HORNOS Y APARATOS DE RAYOS X, ENTRE OTROS.
- 2.- PARA FACILITAR LA UBICACIÓN DEL LUGAR DONDE SE SOLICITA EL SERVICIO, DEBE ANEXAR A ESTA SOLICITUD UN CROQUIS DE LOCALIZACIÓN.
- 3.- CUANDO SE TRATE DE SERVICIOS EN MEDIA Y ALTA TENSION, EL SUMINISTRADOR PROPORCIONARÁ EL NIVEL DE CORTO CIRCUITO EN EL PUNTO DE SUMINISTRO Y, EN SU OPORTUNIDAD EL SOLICITANTE DEBERÁ PROPORCIONAR MARCA, TIPO Y CAPACIDAD INTERRUPTIVA DEL MEDIO DE PROTECCIÓN Y DESCONEXIÓN A INSTALAR EN LA SUBESTACIÓN DE SU PROPIEDAD, CON EL FIN DE ASEGURAR LA CORRECTA COORDINACIÓN DE PROTECCIONES ENTRE SUS EQUIPOS Y LOS DEL SUMINISTRADOR.
- 4.- EN SU CASO, CONTAR CON LAS AUTORIZACIONES Y PERMISOS EXPEDIDOS POR LAS AUTORIDADES COMPETENTES TALES COMO: LICENCIAS DE CONSTRUCCIÓN, PLANOS DE LOTIFICACIÓN, ACUERDOS PUBLICADOS EN LA GACETA OFICIAL DE LAS ENTIDADES FEDERATIVAS, PARA LA AUTORIZACIÓN DE FRACCIONAMIENTOS HABITACIONALES Y PARQUES INDUSTRIALES ENTRE OTROS.

ATENTAMENTE

COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD

## USO REDUCIDO DE ENERGÍA

### REQUISITOS

Se deberá tener presente lo siguiente:

1. El diseño del edificio cumple con el requisito Diseño Bioclimático
2. Del modelo energético del requisito Diseño Bioclimático, desglosar en porcentajes las fuentes de consumo energético del edificio, siendo las fuentes mínimas a desglosar: climatización (refrigeración), climatización (calefacción), climatización (ventilación), iluminación y equipo conectado.
3. El consumo de energía del edificio debe de tener una reducción en al menos 20% en comparación con el modelo de energía línea base.
4. El modelo de energía línea base debe seguir los lineamientos del estándar ASHRAE 90.1-2022, app. G. Considerando
5. La sección de Iluminación y controles descritos en el presente estándar 4ETEC tiene prioridad para la implementación en el proyecto. Por lo tanto, la sección 9.4 y disposiciones obligatorias del estándar ASHRAE 90.1-2022 no aplican para la determinación de ahorro reducido de energía.

### ENTREGABLES

Utilizando el formato base, integrar la siguiente información:

Comparativa del uso de energía línea base vs diseño de proyecto.

### ESFUERZOS ADICIONALES

1. Incluir un sistema de monitoreo que permita realizar un seguimiento del consumo de energía seccionado, instalando medidores internos que registren automáticamente el consumo mes a mes (que registre la demanda y consumo). Esto permitirá tener un sistema de monitoreo robusto y la facilidad para que el proyecto pueda obtener certificación LEED a futuro. Si el proyecto pretende tener inquilinos, entonces se debe dejar la factibilidad para que cada inquilino pueda sub-medir el consumo de energía (electricidad, agua fría, gas, etc.)

2. Determinar la equivalencia GHG y establecer un porcentaje aplicable a certificación LEED. Considerar que a partir de 5%, el proyecto obtiene puntuación:

| Mejora porcentual de rendimiento energético |            |        |
|---|------------|--------|
| Nueva construcción                          | Renovación | Puntos |
| 5%  | 2%         | 1      |
| 10%   | 5%         | 2      |
| 15%   | 10%        | 3      |
| 20%   | 15%        | 4      |
| 25%   | 20%        | 5      |
| 30%   | 25%        | 6      |
| 35%   | 30%        | 7      |
| 40%   | 35%        | 8      |
| 45%   | 40%        | 9      |

| Porcentaje de rendimiento en emisiones de gases de efecto invernadero |            |        |
|---|------------|--------|
| Nueva construcción  | Renovación | Puntos |
| 5%  | 2%         | 1      |
| 10%   | 5%         | 2      |
| 16%   | 10%        | 3      |
| 24%   | 16%        | 4      |
| 32%   | 24%        | 5      |
| 40%   | 32%        | 6      |
| 50%   | 40%        | 7      |
| 65%   | 50%        | 8      |
| 80%   | 65%        | 9      |

## ENVOLVENTE: MURO, TECHO Y PISO

### ESPACIOS ACONDICIONADOS: DEFINICIONES

- Espacio: Un espacio cerrado dentro de un edificio. Las clasificaciones de espacios son las siguientes para el propósito de determinar los requisitos de los envolventes del edificio:
- Espacio acondicionado: Un espacio refrigerado, un espacio calentado o un espacio acondicionado indirectamente definido de la siguiente manera:
- Espacio refrigerado: Un espacio cerrado dentro de un edificio que se enfría mediante un sistema de refrigeración cuya capacidad sensible de salida es  $\geq 10$  W / m<sup>2</sup> de superficie de suelo.
- Espacio temperado/calentado: Un espacio cerrado dentro de un edificio que es calentado por un sistema de calefacción cuya capacidad de salida relativa al área del piso es mayor o igual que los criterios de la Tabla 3.2 de ANSI / ASHRAE / IES 90.1-2019 (Tabla 9).

Tabla 9

| Climate Zone | Heating Output, W/m <sup>2</sup> |
|--------------|----------------------------------|
| 0            | >15                              |
| 1            | >15                              |
| 2            | >15                              |
| 3A, 3B       | >27                              |
| 3C           | >21                              |
| 4A, 4B       | >30                              |
| 4C           | >24                              |
| 5            | >36                              |
| 6            | >42                              |
| 7            | >48                              |
| 8            | >57                              |

- Espacio acondicionado indirectamente: Un espacio cerrado dentro de un edificio que no es un espacio calentado o un espacio enfriado, que se calienta o enfría indirectamente al estar conectado a espacios adyacentes.
- Espacio parcialmente temperado/calentado: Un espacio cerrado dentro de un edificio que es calentado por un sistema de calefacción cuya capacidad de salida

es mayor o igual a 10 W / m<sup>2</sup> de área de piso, pero no es un espacio acondicionado.

- Espacio NO-acondicionado: Un espacio cerrado dentro de un edificio que no es un espacio acondicionado o un espacio parcialmente calentado. Los espacios de acceso, áticos y estacionamientos con ventilación natural o mecánica no se consideran espacios cerrados.

## ESPACIOS ACONDICIONADOS: CATEGORÍAS

- Espacios acondicionados no residenciales: todos los espacios que no sean residenciales.
- Espacios acondicionados residenciales: espacios en edificios utilizados principalmente para vivir y dormir. Los espacios residenciales incluyen, entre otros, unidades de vivienda, habitaciones de hotel / motel, dormitorios, hogares de ancianos, habitaciones de pacientes en hospitales, casas de alojamiento, casas de fraternidad / hermandad de mujeres, albergues, prisiones y estaciones de bomberos.

Tabla 9

| Climate Zone | Heating Output, W/m <sup>2</sup> |
|--------------|----------------------------------|
| 0            | >15                              |
| 1            | >15                              |
| 2            | >15                              |
| 3A, 3B       | >27                              |
| 3C           | >21                              |
| 4A, 4B       | >30                              |
| 4C           | >24                              |
| 5            | >36                              |
| 6            | >42                              |
| 7            | >48                              |
| 8            | >57                              |

- Espacios parcialmente acondicionados residenciales y no residenciales

## AISLAMIENTO: DEFINICIONES

- Resistencia Térmica (Valor R) = El recíproco de la tasa de tiempo del flujo de calor a través de una unidad de área, inducida por una diferencia de temperatura unitaria entre dos superficies definidas de material o construcción en condiciones de estado estacionario [ $m^2 \cdot K / W$ ].
- Transmitancia Térmica (Valor U) = Transmisión de calor en unidad de tiempo a través de área unitaria de un material o construcción y las películas de aire de frontera, inducidas por una unidad de temperatura entre los entornos en cada lado [ $W / m^2 \cdot K$ ].
- Conductancia Térmica (Valor C) = Transmisión de calor en unidad de tiempo a través de área unitaria de un material o construcción y las películas de aire de frontera, inducidas por una unidad de temperatura entre los entornos en cada lado [ $W / m^2 \cdot K$ ].
- Factor F = El factor de pérdida de calor perimetral para pisos de losa [ $W/m \cdot K$ ].
- C.i. = Aislamiento continuo (Continuous insulation)
- FC = Cavidad llena (Filled Cavity)
- Ls = Sistema Lineal (Linear System)
- NR = No se requiere aislamiento (No requirement)

## AISLAMIENTO: CÁLCULOS

1. Todo aislamiento térmico debe de ser de tal grosor que, en conjunto con los otros elementos del sistema constructivo contribuya a que el valor total de Resistencia a la Transferencia de Calor (valor R) de azoteas, cubiertas, muros, pisos o losas, sea mayor al mínimo especificado y el valor total de Transmitancia de Calor (Valor-U) sea menor al máximo especificado dependiendo la zona climática en la que se encuentre el proyecto, que se describen en las tablas 6-A a 6-E.
2. Los valores máximos U y mínimos R, varían también en base al tipo de espacio, (a) no residencial acondicionado, (b) residencial acondicionado, (c) parcialmente calentado, descritos previamente en esta sección y mostrados en las tablas 6-A a 6-E.

- Para determinar la zona climática a la que pertenece el proyecto, se deben calcular los CDD<sub>10</sub> °C y HDD<sub>18</sub> °C de la estación meteorológica más cercana al proyecto y consultar la Tabla A-3 de ASHRAE 169-2013 Climatic Data for Building Design Standards (Tabla 10).

Tabla 10

Table Annex1-4 ASHRAE Standard 169-2013, Table A-3: Thermal Climate Zone Definitions

| Thermal Zone | Name             | I-P Units   | SI Units  |
|--------------|------------------|---|---|
| 0            | Extremely hot    | 10,800 < CDD <sub>50</sub> °F   | 6000 < CDD <sub>10</sub> °C   |
| 1            | Very hot         | 9000 < CDD <sub>50</sub> °F ≤ 10,800                                  | 5000 < CDD <sub>10</sub> °C ≤ 6000                                    |
| 2            | Hot              | 6300 < CDD <sub>50</sub> °F ≤ 9000                                    | 3500 < CDD <sub>10</sub> °C ≤ 5000                                    |
| 3            | Warm             | CDD <sub>50</sub> °F ≤ 6300<br>and HDD <sub>65</sub> °F ≤ 3600        | CDD <sub>10</sub> °C < 3500<br>and HDD <sub>18</sub> °C ≤ 2000        |
| 4            | Mixed            | CDD <sub>50</sub> °F ≤ 6300<br>and 3600 < HDD <sub>65</sub> °F ≤ 5400 | CDD <sub>10</sub> °C < 3500<br>and 2000 < HDD <sub>18</sub> °C ≤ 3000 |
| 5            | Cool             | CDD <sub>50</sub> °F ≤ 6300<br>and 5400 < HDD <sub>65</sub> °F ≤ 7200 | CDD <sub>10</sub> °C ≤ 3500<br>and 3000 < HDD <sub>18</sub> °C ≤ 4000 |
| 6            | Cold             | 7200 < HDD <sub>65</sub> °F ≤ 9000                                    | 4000 < HDD <sub>18</sub> °C ≤ 5000                                    |
| 7            | Very cold        | 9000 < HDD <sub>65</sub> °F ≤ 12600                                   | 5000 < HDD <sub>18</sub> °C ≤ 7000                                    |
| 8            | Subarctic/arctic | 12600 < HDD <sub>65</sub> °F  | 7000 < HDD <sub>18</sub> °C   |

- Algunas de las estaciones meteorológicas más grandes en México se muestran en la Tabla A-6 de ASHRAE 169-2013 Climatic Data for Building Design Standards (Tabla 11). Se puede tomar como referencia la estación más cercana para comparar con la Zona Climática calculada y descrita en el punto 3.

Tabla 11

| Country/LOCATION    | WMO#   | Lat   | Long    | CZ | Precipitation |     |
|---------------------|--------|-------|---------|----|---------------|-----|
|                     |        |       |         |    | mm            | in. |
| Mexico (MEX)        |        |       |         |    |               |     |
| AEROP. INTERNACIONA | 766790 | 19.43 | -99.13  | 3A | 764           | 30  |
| AEROP.INTERNACIONAL | 766440 | 20.98 | -89.65  | 0A | 935           | 37  |
| CANCUN INTL         | 765906 | 21.03 | -86.87  | 0A | 1283          | 51  |
| DE GUANAJUATO INTL  | 765773 | 20.98 | -101.48 | 2A | 698           | 27  |
| DON MIGUEL Y HIDALG | 766133 | 20.52 | -103.30 | 3A | 944           | 37  |
| GENERAL ABELARDO L  | 760013 | 32.53 | -116.97 | 3B | 338           | 13  |
| GENERAL FRANCISCO J | 765493 | 22.28 | -97.87  | 1A | 969           | 38  |
| GENERAL HERIBERTO J | 766913 | 19.13 | -96.18  | 1A | 1755          | 69  |
| GENERAL JUAN N ALVA | 768056 | 16.75 | -99.75  | 0A | 1428          | 56  |
| GENERAL LEOBARDO C  | 765255 | 22.88 | -102.68 | 3C | 391           | 15  |
| GENERAL MARIANO ESC | 763943 | 25.77 | -100.10 | 2B | 637           | 25  |
| GENERAL RAFAEL BUEL | 764593 | 23.15 | -106.27 | 1A | 943           | 37  |
| GUANAJUATO          | 765770 | 21.00 | -101.28 | 3A | 698           | 27  |
| LICENCIADO ADOLFO L | 766753 | 19.33 | -99.57  | 3A | 845           | 33  |
| LICENCIADO BENITO J | 766793 | 19.43 | -99.07  | 3A | 848           | 33  |
| LICENCIADO GUSTAVO  | 766013 | 20.67 | -105.25 | 1A | 1092          | 43  |
| MAZATLAN/G.BUELNA I | 764594 | 23.15 | -106.25 | 1A | 968           | 38  |
| MONTERREY (CITY)    | 763930 | 25.73 | -100.30 | 2B | 637           | 25  |
| PUERTO VALLARTA     | 766014 | 20.68 | -105.25 | 1A | 1092          | 43  |
| SAN LUIS POTOSI     | 765390 | 22.18 | -100.98 | 3B | 401           | 16  |
| TAMPICO/GEN FJ MINA | 765494 | 22.28 | -97.85  | 1A | 969           | 38  |
| VERACRUZ/GEN JARA   | 766910 | 19.15 | -96.18  | 1A | 1755          | 69  |

## ACRISTALAMIENTO

### REQUISITOS GENERALES

1. Proporcionar cálculos de transferencia térmica, carga del viento y requisitos estructurales. Los cálculos para la tensión térmica deben relacionarse con efectos de sombreado parcial, completo y estacional.

2. Evitar el uso de película aplicada sobre superficies expuestas de vidrio siempre que sea posible.
3. No se permite el uso de vidrio con seguridad (cable) en ninguna aplicación.
4. El vidrio teñido/coloreado o vidriado espectralmente selectivo debe ser revisado y aprobado por el Equipo Central de Ingeniería.
5. El diseño de la apertura de ventanas donde por su uso sea requerido quedará a consideración del Equipo Central de Ingeniería.

## CRISTAL EN LA ENVOLVENTE EXTERIOR

De acuerdo con la zona climática a la que pertenezca el proyecto especificar en la envolvente tipos de cristales que alcancen como máximo los valores de Factor de Transmitancia Térmica (Factor U) y de Coeficiente de Ganancia Térmica Solar (SHGC) que se especifican en las tablas 12 a la 16.

El valor mínimo se determina dependiendo la zona climática en la que se encuentre el proyecto. Para determinar la zona a la que pertenece el proyecto consultar ANSI/ASHRAE/IES 90.1-2019 Energy Standard for Building. Los cristales exteriores que se encuentren bajo sombra podrán reducir los factores indicados según lo determine el cálculo de transferencia térmica y que no interfiera con la eficiencia energética del edificio.

Acrilamiento de seguridad: unidades de vidrio aislante de 1", donde se requiera por código de protección local, ya sea completamente templado o laminado.

El cristal de la envolvente debe ser seleccionado y colocado para lograr una eficiencia alta de hermeticidad a través de una prueba Blower Door sometida a una diferencia de presión de n50.

## CRISTAL AL INTERIOR DEL EDIFICIO.

1. Acristalamiento estándar: recocido o laminado.
2. Utilice vidrio laminado para acristalamiento oscuro o translúcido.
3. Acristalamiento de Seguridad: donde sea requerido por código de protección civil local, ya sea completamente templado o laminado.
4. Acristalamiento contra incendios

Debido al alto costo de instalación y reemplazo, el uso de acristalamientos con clasificación contra incendios debe ser considerado cuidadosamente durante el diseño y aprobado por el Responsable del Proyecto.

Cerámica transparente (utilizada como parte de una unidad aislante si se requiere acristalamiento exterior). Unidades de pared transparentes diseñadas como una pared de barrera (material inerte se convierte en espuma durante un incendio).

## ACRISTALAMIENTO ESPECIAL

1. Acordar la aprobación de acristalamientos especiales tales como la exposición a balas, acústica, de un solo sentido, cabinas de proyección, etc. con el Responsable del Proyecto para determinar los productos que mejor cubran las necesidades específicas.
2. El patrón de cerámica puede ser utilizado si es revisado y aprobado por el Responsable del Proyecto.
3. Vidrio Espejo: debe ser enmarcado en acero inoxidable y debe tener una hoja de respaldo, no se permite el uso de vidrio con seguridad (cable) en ninguna aplicación.

**Tabla 12**

Requisitos para envolventes para edificios en **zona climática 0 (A,B)**

| Elementos opacos                  | No residencial    |                         | No residencial       |                         | No residencial    |                         |
|-----------------------------------|-------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------|-------------------------|
|                                   | Ensamblaje máximo | Insulación Min. Valor R | Ensamblaje máximo    | Insulación Min. Valor R | Ensamblaje máximo | Insulación Min. Valor R |
| <i>Techos</i>                     |                   |                         |                      |                         |                   |                         |
| Aislamiento sobre cubierta        | U-0.220           | R-4.4 c.i               | U-0.184              | R-5.3 c.i.              | U-1.240           | R-0.7 c.i.              |
| Edificio metálico                 | U-0.233           | R-1.8 + R-3.3 FC        | U-0.233              | R-1.8 + R-3.3 FC        | U-0.653           | R-1.8                   |
| Ático y otros                     | U-0.153           | R-6.7                   | U-0.153              | R-6.7                   | U-0.459           | R-2.3                   |
| <i>Muros por encima del suelo</i> |                   |                         |                      |                         |                   |                         |
| Masa                              | U-3.293           | NR                      | U-0.857 <sup>b</sup> | R-1.0 c.i. <sup>b</sup> | U-3.293           | NR                      |
| Edificio metálico                 | U-0.533           | R-0 + R-1.7 c.i.        | U-0.533              | R-0 + R-1.7 c.i.        | U-1.998           | NR                      |
| Estructura de acero               | U-0.705           | R-2.3                   | U-0.705              | R-2.3                   | U-1.998           | NR                      |
| Estructura de madera y otras      | U-0.504           | R-2.3                   | U-0.504              | R-2.3                   | U-1.660           | NR                      |
| <i>Muros por debajo del suelo</i> |                   |                         |                      |                         |                   |                         |
| Muros bajo rasante                | C-6.473           | NR                      | C-6.473              | NR                      | C-6.473           | NR                      |
| <i>Fisos</i>                      |                   |                         |                      |                         |                   |                         |
| Masa                              | U-1.825           | NR                      | U-1.825              | NR                      | U-1.825           | NR                      |
| Acero                             | U-1.986           | NR                      | U-1.986              | NR                      | U-1.986           | NR                      |
| Madera y otros                    | U-1.599           | NR                      | U-1.599              | NR                      | U-1.599           | NR                      |
| <i>Losa</i>                       |                   |                         |                      |                         |                   |                         |
| Con calefacción                   | F-1.264           | NR                      | F-1.264              | NR                      | F-1.264           | NR                      |
| Sin calefacción                   | F-1.766           | R-1.3 for 300 mm        | F-1.766              | R-1.3 for 300 mm        | F-1.766           | R-1.3 for 300 mm        |
| <i>Puertas opacas</i>             |                   |                         |                      |                         |                   |                         |
| Balanceo                          | U-2.101           |                         | U-2.101              |                         | U-3.975           |                         |
| No balanceo                       | U-1.760           |                         | U-1.760              |                         | U-8.233           |                         |

| Fenestración                                       | Ensamblaje Max. U | Ensamblaje Max. SHGC | Ensamblaje Min. VT/SHGC | Ensamblaje Max. U | Ensamblaje Max. SHGC | Ensamblaje Min. VT/SHGC | Ensamblaje Max. U | Ensamblaje Max. SHGC      | Ensamblaje Min. VT/SHGC   |
|--|-------------------|----------------------|-------------------------|-------------------|----------------------|-------------------------|-------------------|---------------------------|---------------------------|
| <i>Fenestración vertical, 0% a 40% de la pared</i> |                   |                      |                         |                   |                      |                         |                   |                           |                           |
| Fijo   | 2.84              | 0.22                 | 1.10 (para todos)       | 2.84              | 0.22                 | 1.10 (para todos)       | 2.84              | NR (para todos los tipos) | NR (para todos los tipos) |
| Operable   | 3.52              | 0.2                  |                         | 3.52              | 0.02                 |                         | 3.69              |                           |                           |
| Puerta de entrada                                  | 4.71              | 0.2                  |                         | 4.71              | 0.2                  |                         | 6.25              |                           |                           |
| <i>Luz de día, 0% a 3% del techo</i>               |                   |                      |                         |                   |                      |                         |                   |                           |                           |
| Todo tipo  | 3.97              | 0.3                  | NR                      | 3.97              | 0.3                  | NR                      | 10.22             | NR                        | NR                        |

**Tabla 13**

Requisitos para envolventes para edificios en **zona climática 1 (A,B)**

| Elementos opacos                  | No residencial    |                         | No residencial       |                         | No residencial    |                         |
|-----------------------------------|-------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------|-------------------------|
|                                   | Ensamblaje máximo | Insulación Min. Valor R | Ensamblaje máximo    | Insulación Min. Valor R | Ensamblaje máximo | Insulación Min. Valor R |
| <i>Techos</i>                     |                   |                         |                      |                         |                   |                         |
| Aislamiento sobre cubierta        | U-0.273           | R-3.5 c.i               | U-0.220              | R-4.4 c.i.              | U-1.240           | R-0.7 c.i.              |
| Edificio metálico                 | U-0.233           | R-1.8 + R-3.3 FC        | U-0.233              | R-1.8 + R-3.3 FC        | U-0.653           | R-1.8                   |
| Ático y otros                     | U-0.153           | R-6.7                   | U-0.153              | R-6.7                   | U-0.459           | R-2.3                   |
| <i>Muros por encima del suelo</i> |                   |                         |                      |                         |                   |                         |
| Masa                              | U-3.293           | NR                      | U-0.857 <sup>b</sup> | R-1.0 c.i. <sup>b</sup> | U-3.293           | NR                      |
| Edificio metálico                 | U-0.533           | R-0 + R-1.7 c.i.        | U-0.533              | R-0 + R-1.7 c.i.        | U-1.998           | NR                      |
| Estructura de acero               | U-0.705           | R-2.3                   | U-0.705              | R-2.3                   | U-1.998           | NR                      |
| Estructura de madera y otras      | U-0.504           | R-2.3                   | U-0.504              | R-2.3                   | U-1.660           | NR                      |
| <i>Muros por debajo del suelo</i> |                   |                         |                      |                         |                   |                         |
| Muros bajo rasante                | C-6.473           | NR                      | C-6.473              | NR                      | C-6.473           | NR                      |
| <i>Fisos</i>                      |                   |                         |                      |                         |                   |                         |
| Masa                              | U-1.825           | NR                      | U-1.825              | NR                      | U-1.825           | NR                      |
| Acero                             | U-1.986           | NR                      | U-1.986              | NR                      | U-1.986           | NR                      |
| Madera y otros                    | U-1.599           | NR                      | U-1.599              | NR                      | U-1.599           | NR                      |
| <i>Losa</i>                       |                   |                         |                      |                         |                   |                         |
| Con calefacción                   | F-1.264           | NR                      | F-1.264              | NR                      | F-1.264           | NR                      |
| Sin calefacción                   | F-1.766           | R-1.3 for 300 mm        | F-1.766              | R-1.3 for 300 mm        | F-1.766           | R-1.3 for 300 mm        |
| <i>Puertas opacas</i>             |                   |                         |                      |                         |                   |                         |
| Balanceo                          | U-2.101           |                         | U-2.101              |                         | U-3.975           |                         |
| No balanceo                       | U-1.760           |                         | U-1.760              |                         | U-8.233           |                         |

**Tabla 14**

### Requisitos para envolventes para edificios en zona climática 2 (A,B)

| Elementos opacos                  | No residencial       |                         | No residencial    |                         | No residencial    |                         |
|-----------------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|-------------------------|
|                                   | Ensamblaje máximo    | Insulación Min. Valor R | Ensamblaje máximo | Insulación Min. Valor R | Ensamblaje máximo | Insulación Min. Valor R |
| <i>Techos</i>                     |                      |                         |                   |                         |                   |                         |
| Aislamiento sobre cubierta        | U-0.220              | R-4.4 c.i.              | U-0.220           | R-4.4 c.i.              | U-0.982           | R-0.9 c.i.              |
| Edificio metálico                 | U-0.233              | R-1.8 + R-3.3 FC        | U-0.233           | R-1.8 + R-3.3 FC        | U-0.545           | R-2.8                   |
| Ático y otros                     | U-0.153              | R-6.7                   | U-0.153           | R-6.7                   | U-0.300           | R-3.3                   |
| <i>Muros por encima del suelo</i> |                      |                         |                   |                         |                   |                         |
| Masa                              | U-0.857 <sup>b</sup> | R-1.0 c.i. <sup>b</sup> | U-0.701           | R-1.3 c.i.              | U-3.293           | NR                      |
| Edificio metálico                 | U-0.533              | R-0 + R-1.7 c.i.        | U-0.533           | R-0 + R-1.7 c.i.        | U-0.920           | R-2.3                   |
| Estructura de acero               | U-0.479              | R-2.3 + R-0.7 c.i.      | U-0.365           | R-2.3 + R-1.3 c.i.      | U-0.705           | R-2.3                   |
| Estructura de madera y otras      | U-0.504              | R-2.3                   | U-0.504           | R-2.3                   | U-0.504           | R-2.3                   |
| <i>Muros por debajo del suelo</i> |                      |                         |                   |                         |                   |                         |
| Muros bajo rasante                | C-6.473              | NR                      | C-6.473           | NR                      | C-6.473           | NR                      |
| <i>Pisos</i>                      |                      |                         |                   |                         |                   |                         |
| Masa                              | U-0.606              | R-1.9                   | U-0.496           | R-1.5                   | U-1.825           | NR                      |
| Acero                             | U-0.214              | R-5.3                   | U-0.214           | R-5.3                   | U-0.390           | R-2.3                   |
| Madera y otros                    | U-0.188              | R-5.3                   | U-0.188           | R-5.3                   | U-0.376           | R-2.3                   |
| <i>Losa</i>                       |                      |                         |                   |                         |                   |                         |
| Con calefacción                   | F-1.264              | NR                      | F-1.264           | NR                      | F-1.264           | NR                      |
| Sin calefacción                   | F-1.558              | R-1.8 for 600 mm        | F-1.489           | R-2.6 for 600 mm        | F-1.766           | R-1.3 for 300 mm        |
| <i>Puertas opacas</i>             |                      |                         |                   |                         |                   |                         |
| Balanceo                          | U-2.101              |                         | U-2.101           |                         | U-3.975           |                         |
| No balanceo                       | U-1.760              |                         | U-1.760           |                         | U-8.233           |                         |

| Fenestración                                       | Ensamblaje Max. U | Ensamblaje Max. SHGC | Ensamblaje Min. VT/SHGC     | Ensamblaje Max. U | Ensamblaje Max. SHGC | Ensamblaje Min. VT/SHGC     | Ensamblaje Max. U | Ensamblaje Max. SHGC     | Ensamblaje Min. VT/SHGC  |
|--|-------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|
| <i>Fenestración vertical, 0% a 40% de la pared</i> |                   |                      |                             |                   |                      |                             |                   |                          |                          |
| Fijo   | 2.56              | 0.25                 | 1.10 (para todos los tipos) | 2.56              | 0.25                 | 1.10 (para todos los tipos) | 2.84              | NR (Para todo los tipos) | NR (Para todo los tipos) |
| Operable   | 3.41              | 0.23                 |                             | 3.41              | 0.23                 |                             | 3.69              |                          |                          |
| Puerta de entrada                                  | 4.37              | 0.23                 |                             | 4.37              | 0.23                 |                             | 4.37              |                          |                          |
| <i>Luz de día, 0% a 3% del techo</i>               |                   |                      |                             |                   |                      |                             |                   |                          |                          |
| Todo tipo  | 3.69              | 0.30                 | NR                          | 3.69              | 0.30                 | NR                          | 5.11              | NR                       | NR                       |

Tabla 15

### Requisitos para envolventes para edificios en zona climática 3 (A,B)

| Elementos opacos                  | No residencial    |                         | No residencial    |                             | No residencial    |                         |
|-----------------------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|-------------------------|
|                                   | Ensamblaje máximo | Insulación Min. Valor R | Ensamblaje máximo | Insulación Min. Valor R     | Ensamblaje máximo | Insulación Min. Valor R |
| <i>Techos</i>                     |                   |                         |                   |                             |                   |                         |
| Aislamiento sobre cubierta        | U-0.220           | R-4.4 c.i.              | U-0.220           | R-4.4 c.i.                  | U-0.677           | R-1.3 c.i.              |
| Edificio metálico                 | U-0.233           | R-1.8 + R-3.3 FC        | U-0.233           | R-1.8 + R-3.3 FC            | U-0.545           | R-2.8                   |
| Ático y otros                     | U-0.153           | R-6.7                   | U-0.153           | R-6.7                       | U-0.300           | R-3.3                   |
| <i>Muros por encima del suelo</i> |                   |                         |                   |                             |                   |                         |
| Masa                              | U-0.701           | R-1.3 c.i.              | U-0.592           | R-1.7 c.i.                  | U-3.293           | NR                      |
| Edificio metálico                 | U-0.533           | R-0 + R-1.7 c.i.        | U-0.410           | R-0 + R-2.3 c.i.            | U-0.920           | R-2.3                   |
| Estructura de acero               | U-0.435           | R-2.3 + R-0.9 c.i.      | U-0.365           | R-2.3 + R-1.3 c.i.          | U-0.705           | R-2.3                   |
| Estructura de madera y otras      | U-0.504           | R-2.3                   | U-0.365           | R-2.3 + R-0.7 c.i. or R-3.3 | U-0.504           | R-2.3                   |
| <i>Muros por debajo del suelo</i> |                   |                         |                   |                             |                   |                         |
| Muros bajo rasante                | C-6.473           | NR                      | C-6.473           | NR                          | C-6.473           | NR                      |
| <i>Pisos</i>                      |                   |                         |                   |                             |                   |                         |
| Masa                              | U-0.420           | R-1.8 c.i.              | U-0.420           | R-1.8 c.i.                  | U-0.780           | R-0.7 c.i.              |
| Acero                             | U-0.214           | R-5.3                   | U-0.214           | R-5.3                       | U-0.296           | R-3.3                   |
| Madera y otros                    | U-0.188           | R-5.3                   | U-0.188           | R-5.3                       | U-0.288           | R-3.3                   |
| <i>Losa</i>                       |                   |                         |                   |                             |                   |                         |
| Con calefacción                   | F-1.264           | NR                      | F-0.935           | R-1.8 for 600 mm            | F-1.264           | NR                      |
| Sin calefacción                   | F-1.489           | R-2.6 for 600 mm        | F-1.489           | R-2.6 for 600 mm            | F-1.766           | R-1.3 for 300 mm        |
| <i>Puertas opacas</i>             |                   |                         |                   |                             |                   |                         |
| Balanceo                          | U-2.101           |                         | U-2.101           |                             | U-2.101           |                         |
| No balanceo                       | U-1.760           |                         | U-1.760           |                             | U-2.044           |                         |

| Fenestración                                       | Ensamblaje Max. U | Ensamblaje Max. SHGC | Ensamblaje Min. VT/SHGC     | Ensamblaje Max. U | Ensamblaje Max. SHGC | Ensamblaje Min. VT/SHGC     | Ensamblaje Max. U | Ensamblaje Max. SHGC     | Ensamblaje Min. VT/SHGC  |
|--|-------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|
| <i>Fenestración vertical, 0% a 40% de la pared</i> |                   |                      |                             |                   |                      |                             |                   |                          |                          |
| Fijo   | 2.38              | 0.25                 | 1.10 (para todos los tipos) | 2.38              | 0.25                 | 1.10 (para todos los tipos) | 2.84              | NR (Para todo los tipos) | NR (Para todo los tipos) |
| Operable   | 3.07              | 0.23                 |                             | 3.07              | 0.23                 |                             | 3.69              |                          |                          |
| Puerta de entrada                                  | 3.86              | 0.23                 |                             | 3.86              | 0.23                 |                             | 4.37              |                          |                          |
| <i>Luz de día, 0% a 3% del techo</i>               |                   |                      |                             |                   |                      |                             |                   |                          |                          |
| Todo tipo  | 3.12              | 0.3                  | NR                          | 3.12              | 0.3                  | NR                          | 5.11              | NR                       | NR                       |

Tabla 16

### Requisitos para envolventes para edificios en zona climática 4 (A,B)

| Elementos opacos                  | No residencial    |                         | No residencial    |                             | No residencial    |                         |
|-----------------------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|-------------------------|
|                                   | Ensamblaje máximo | Insulación Min. Valor R | Ensamblaje máximo | Insulación Min. Valor R     | Ensamblaje máximo | Insulación Min. Valor R |
| <i>Techos</i>                     |                   |                         |                   |                             |                   |                         |
| Aislamiento sobre cubierta        | U-0.184           | R-5.3 c.i.              | U-0.184           | R-5.3 c.i.                  | U-0.527           | R-1.8 c.i.              |
| Edificio metálico                 | U-0.210           | R-3.3 + R-1.9 Ls or     | U-0.210           | R-3.3 + R-1.9 Ls or         | U-0.466           | R-3.3                   |
| Ático y otros                     | U-0.119           | R-8.6                   | U-0.119           | R-8.6                       | U-0.192           | R-5.3                   |
| <i>Muros por encima del suelo</i> |                   |                         |                   |                             |                   |                         |
| Masa                              | U-0.592           | R-1.7 c.i.              | U-0.513           | R-2.0 c.i.                  | U-3.293           | NR                      |
| Edificio metálico                 | U-0.341           | R-0 + R-2.8 c.i.        | U-0.286           | R-0 + R-3.3 c.i.            | U-0.920           | R-2.3                   |
| Estructura de acero               | U-0.365           | R-2.3 + R-1.3 c.i.      | U-0.365           | R-2.3 + R-1.3 c.i.          | U-0.705           | R-2.3                   |
| Estructura de madera y otras      | U-0.365           | R-2.3 + R-0.7 or R-3.5  | U-0.365           | R-2.3 + R-0.7 c.i. or R-3.5 | U-0.504           | R-2.3                   |
| <i>Muros por debajo del suelo</i> |                   |                         |                   |                             |                   |                         |
| Muros bajo rasante                | C-0.678           | R-1.3 c.i.              | C-0.522           | R-1.8 c.i.                  | C-6.473           | NR                      |
| <i>Pisos</i>                      |                   |                         |                   |                             |                   |                         |
| Masa                              | U-0.321           | R-2.6 c.i.              | U-0.287           | R-2.9 c.i.                  | U-0.606           | R-1.1 c.i.              |
| Acero                             | U-0.214           | R-5.3                   | U-0.214           | R-5.3                       | U-0.296           | R-3.3                   |
| Madera y otros                    | U-0.188           | R-5.3                   | U-0.188           | R-5.3                       | U-0.288           | R-3.3                   |
| <i>Losa</i>                       |                   |                         |                   |                             |                   |                         |
| Con calefacción                   | F-0.900           | R-2.6 for 600 mm        | F-0.900           | R-2.6 for 600 mm            | F-1.264           | NR                      |
| Sin calefacción                   | F-1.459           | R-3.5 for 600 mm        | F-1.191           | R-3.5 for 1200 mm           | F-1.558           | R-1.8 for 600 mm        |
| <i>Puertas opacas</i>             |                   |                         |                   |                             |                   |                         |
| Balanceo                          | U-2.101           |                         | U-2.101           |                             | U-2.101           |                         |
| No balanceo                       | U-1.760           |                         | U-1.760           |                             | U-2.044           |                         |

| Fenestración                                       | Ensamblaje Max. U | Ensamblaje Max. SHGC | Ensamblaje Min. VT/SHGC     | Ensamblaje Max. U | Ensamblaje Max. SHGC | Ensamblaje Min. VT/SHGC     | Ensamblaje Max. U | Ensamblaje Max. SHGC      | Ensamblaje Min. VT/SHGC   |
|--|-------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------|---------------------------|---------------------------|
| <i>Fenestración vertical, 0% a 40% de la pared</i> |                   |                      |                             |                   |                      |                             |                   |                           |                           |
| Fijo   | 2.04              | 0.36                 | 1.10 (para todos los tipos) | 2.04              | 0.36                 | 1.10 (para todos los tipos) | 2.84              | NR (para todos los tipos) | NR (para todos los tipos) |
| Operable   | 2.56              | 0.33                 |                             | 2.56              | 0.33                 |                             | 3.69              |                           |                           |
| Puerta de entrada                                  | 3.58              | 0.33                 |                             | 3.58              | 0.33                 |                             | 4.37              |                           |                           |
| <i>Luz de día, 0% a 3% del techo</i>               |                   |                      |                             |                   |                      |                             |                   |                           |                           |
| Todo tipo  | 2.84              | 0.4                  | NR                          | 2.84              | 0.4                  | NR                          | 4.26              | NR                        | NR                        |

\* Las siguientes definiciones aplican:

c.i. = insulación continua (ver sección 3.2),

FC = cavidad llena (ver sección A2.3.2.5),

Ls = sistema fino (ver sección A2.3.2.4),

NR (no se necesita insulación).

a. Cuando se use el método de conformidad R-value para techos de edificios metálicos, se requerirá un bloque térmico espaciador (ver sección A2.3.2).

b. Excepción a la sección 5.5.3.2 aplica para muros por encima del suelo. Fuente : ASHRAE-90.1 2019.

## ENTREGABLES

Los documentos de solicitud deben incluir, como mínimo, el tipo y el R-value nominal de aislamiento para cada producto.

El programa de puertas opacas mostrando el U-factor para cada producto de puertas opacas como determinado en acuerdo con la Sección 5.8.2 de ANSI/ASHRAE/IES 90.1-2019.

El programa de fenestración muestra la marca, número de modelo, orientación, área, U-Factor, SHGC, y VT para cada producto de fenestración como determinado en acuerdo con la Sección 5.8.2 de ANSI/ASHRAE/IES 90.1-2019.

Adicionalmente:

1. Etiquetado de categorías de acondicionamiento de espacios. Para edificios que contienen espacios que solo serán espacios parcialmente calentados o espacios no acondicionados, y se busca el cumplimiento utilizando los criterios de envolvente del edificio con espacio parcialmente calentado, dichos espacios deberán estar claramente indicado en los planos de planta.
2. Etiquetado de zonas de luz natural. La documentación de zonas con luz natural deberá identificar áreas de luz de día en planos de planta, incluyendo las áreas principales con iluminación lateral, áreas secundarias con iluminación lateral, área de luz natural debajo de tragaluces y área de luz natural debajo del monitor de techo.

El rendimiento simulado debe documentarse, y la documentación debe enviarse a la autoridad de calificación. La información deberá ser presentada en un informe y deberá incluir lo siguiente:

1. Una breve descripción del proyecto, las principales mejoras de eficiencia energética comparados con los requisitos mínimos de la Sección 5 de ANSI/ASHRAE/IES 90.1-2019.

2. Una descripción general del proyecto que incluya el número de pisos (por encima y por debajo del nivel), el tamaño típico del piso, el tipo de edificio (por ejemplo, oficina, cafetería, comercio minorista, estacionamiento, etc.), el área bruta de cada uso, y si cada uso es espacio acondicionado.
3. Una lista que muestre el cumplimiento del diseño propuesto con todos los requisitos de la Sección 5.4 de ANSI/ASHRAE/IES 90.1-2019.
4. Elevaciones de edificios y planos de planta (se aceptan esquemas).
5. Un diagrama que muestre los bloques térmicos utilizados en la simulación por computadora.
6. Cálculos de respaldo y material para respaldar la entrada de datos (por ejemplo, U-factors para ensambles de envolvente de edificios, clasificaciones NFRC para fenestración).
7. Especificar la versión del software utilizado y el enlace del sitio web que contenga los resultados de la versión evaluada por el ASHRAE Standard 140.

## MODELOS ENERGÉTICOS Y DE CONFORT

### REQUISITOS

Información mínima requerida para generar una iteración.

- Objetivo de modelación: el TEC definirá el alcance que ésta tendrá. De acuerdo con el producto final esperado solicitará las simulaciones necesarias; p. ej. análisis de vientos, de asoleamiento, de confort, de energía, tanto de un espacio específico y/o un edificio. Dentro del mismo objetivo, el TEC definirá si el objetivo es cumplir con alguna certificación y/o estándar (LEED, ASHRAE, ANSI); el mismo TEC compartirá el criterio a utilizar para analizar los resultados de la modelación.
- Actividad dentro del espacio: giro del espacio, personas que lo usarán, horarios de ocupación.
- Ubicación del espacio: zona geográfica, zona climatológica, orientación.
- Componentes del edificio: geometría de éste, materiales de la fachada, persianas, cristales, fenestración.
- Ingenierías del proyecto: memorias de cálculo, planos CAD tanto de ingeniería como de arquitectura, estudios de iluminación, setpoints del diseño, fichas técnicas y horarios de operación de componentes electrónicos, luminarias, equipos mecánicos que generen calor, HVAC, sistemas de control.
- Software aprobados para modelación:
- El uso debido de los softwares de modelación se basará en el tipo de simulación y/o análisis requerido:
- Simulación energética: IES, Design Builder, OpenStudio, o bien, un software que tome de referencia la metodología EnergyPlus y/o ASHRAE 90.1 v. 2019.
- Simulación de confort: IES, Design Builder, TRACE, con referencia a la metodología del estándar ASHRAE 90.1 v. 2022.
- Análisis de asoleamiento: IES, Design Builder, Autodesk apps.
- Análisis de viento: IES, Design Builder, CFD, Autodesk apps o similar.
- Número de iteraciones.
- El número de iteraciones dependerá del objetivo de la simulación; si la simulación es para realizar el diseño se requieren de 3 a 5 iteraciones básicas (simple box) para analizar

los sistemas y agilizar el análisis final. En el caso de que la simulación sea para mejorar el desempeño del espacio o edificio, o añadir algún espacio a un edificio construido se requiere la modelación del estado actual y la propuesta de mejora como una iteración.

### **Modelación de confort térmico**

Evaluación del confort térmico: Como en la determinación del confort intervienen aspectos psicológicos y de percepción humana, se emplean parámetros medibles como el PMV (Predicted Mean Vote) y el PDD (Predicted Percentage of Dissatisfied). También pueden ser empleados el DR (Draft Rating) y el EDT (Effective Draft Temperature).

Los valores de temperaturas puntuales y velocidades se podrán obtener mediante una simulación de los componentes del espacio, estudio de cargas térmicas y un balance térmico. El ASHRAE 55 incluye tablas para las tasas metabólicas basadas en el nivel de actividad y tipo de ropa. El estándar ISO 7730 presenta las fórmulas para calcular el PMV.

Los valores de temperaturas puntuales y velocidades se podrán obtener mediante una simulación de los componentes del espacio, estudio de cargas térmicas y un balance térmico. El ASHRAE 55 incluye tablas para las tasas metabólicas basadas en el nivel de actividad y tipo de ropa. El estándar ISO 7730 presenta las fórmulas para calcular el PMV.

PPD: Predicted Percentage of Dissatisfied Es un índice que establece de manera cuantitativa la predicción del porcentaje de des-confort a partir del PMV.

El confort de las personas ocupantes de un espacio se alcanza cuando el valor de PMV se encuentra entre  $-0.5$  y  $+0.5$ . El correspondiente PPD cae por debajo del 10%.

DR: Draft Rating. El movimiento del aire puede causar un efecto no deseado de enfriamiento localizado en las personas provocado por la velocidad del aire. El índice DR establece el porcentaje de los ocupantes que perciben des confort por la velocidad del aire. El criterio de confort se logra cuando este índice es menor al 20%.

EDT: Effective Draft Temperature. Este índice es una diferencia de temperatura calculada que combina el efecto de la temperatura del aire y el movimiento del aire en un cuerpo humano. El confort se logra cuando la velocidad del aire es inferior a 70 fpm y el índice EDT está dentro del rango de  $-3$  y  $+2^{\circ}\text{F}$ .

Rango de confort aceptable - temperatura operativa y velocidad de viento con humedad 0.010

### **Modelación energética**

La modelación energética debe comprobar que el proyecto mínimamente alcanza el rendimiento de ANSI/ASHRAE/IES 90.1-2019 Energy Standard for Building, como referencia la metodología descrita en el app G. del mismo estándar y confirmar si el proyecto cumple con disposiciones obligatorias del ASHRAE 90.1-2022, secciones 5 al 10 (5.4, 6.4, etc). Considerar, adicionalmente parámetros de simulación:

- a. El consumo de receptáculos del edificio base o propuesto debe estar en el rango del 10% al 40% del consumo total de la energía del edificio. En caso esté fuera del rango, una documentación adicional debe acompañar los resultados para respaldar la variación.
- b. El flujo de aire exterior del modelo base y propuesto deben tener una variación de no más del 35%. Considerar que el edificio base debe estar alineado con en el estándar ASHRAE 62.1-2016; si la variación es más del 35%, documentar y justificar el porqué de la variación.
- c. Las horas de iluminación interior equivalentes generalmente no exceden 4000/año, en caso contrario se deberá justificar.

Los entregables deben incluir justificación del software utilizado, una descripción detallada de la metodología que se siguió, así como resultados tanto numéricos como gráficos para una visualización sencilla sobre los parámetros obtenidos; así como se especifica para los análisis de soleamiento y de viento, a continuación se describe lo que debe acompañar los entregables sobre los resultados de la modelación.

## **ENTREGABLES**

### **Modelación confort térmico**

Los entregables deben incluir justificación del software utilizado, una descripción detallada de la metodología que se siguió, así como resultados tanto numéricos como gráficos para una visualización sencilla sobre los parámetros obtenidos; a continuación

se describe lo que debe acompañar los entregables sobre los resultados de la modelación:

Resultados: el mínimo contenido esperado debe tener temperaturas en todas las horas del año en los interiores de los espacios, en al menos 2 estaciones (verano e invierno).

Conclusiones: cantidad de horas dentro del rango confort por espacio (por Estándar ASHRAE 55 PMV), incluyendo 3 variantes que lo conforman: temperatura, humedad y velocidad del viento. El número de horas totales de no confort permite determinar el cumplimiento de confort de proyecto, el cual no debe exceder de 300 hrs por año.

Recomendaciones: en base a las conclusiones, se deberán de proponer los cambios sugeridos en el proyecto para mejorar las condiciones de los espacios que no están en cumplimiento o con resultados no favorables. Dentro de dichas recomendaciones, se podrán sugerir las siguientes soluciones:

- Mejorar las condiciones de operación (horarios de operación, factor de carga, entre otros).
- Mejorar las condiciones térmicas del espacio (componentes tales como cristales, envolvente, protecciones solares o aberturas, entre otros).
- Propuestas en cambios del dimensionamiento de los equipos o propuesta de instalación de nuevo(s) equipo(s).
- Las propuestas o mejoras requerirán una nueva iteración con esas nuevas condiciones a solicitud del TEC.

### **Modelación energética**

Resultados: El mínimo contenido esperado debe tener consumo energético del edificio por día, mes, estaciones (verano e invierno) y año; asimismo la dinámica de consumo por tipo de sistema, es decir, segmentación del consumo del espacio en sus diferentes equipos.

El diseñador determinará las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente de los edificios (huella de carbono), en base a un ratio de emisión de CO<sub>2</sub> justificado.

Conclusiones: Se determina el consumo energético por tipo de sistema anual, por edificio, costos operativos y, en caso de ser especificado, el Análisis de Costo de Ciclo de Vida.

Recomendaciones: en base a las conclusiones, se deberán de proponer los cambios sugeridos en el proyecto para mejorar las condiciones de los espacios que no están en cumplimiento o con resultados no favorables. Dentro de dichas recomendaciones, se podrán sugerir las siguientes soluciones:

- Mejorar las condiciones de operación (horarios de operación, factor de carga, entre otros).
- Mejorar las condiciones del espacio para eficiencia energética (componentes tales como cristales, envoltente, protecciones solares o aberturas, etc)
- Propuestas en cambios del dimensionamiento de los equipos o instalación de nuevo(s) equipo(s).
- Requerimientos de generación de energía en sitio (energía renovable u otro sistema de generación).

Las propuestas o mejoras requerirán una nueva iteración con esas nuevas condiciones a solicitud del TEC. La referencia no será una simulación LEED, a menos que sea especificado en el alcance de la modelación.

## ESFUERZOS ADICIONALES

Incluir la opción de cálculos excepcionales, que para los proyectos puede ser factible incorporar equipos de alta performance o sistemas que no puedan ser incluidos o medidos en la simulación energética y que aporten un ahorro de energía para la propuesta de proyecto.

## AGUA EN INTERIOR

### REQUISITOS

Seleccionar aparatos hidráulicos cuyo uso de agua se encuentre por debajo de los límites máximos establecidos en la Tabla 17 y que cumpla con el Prerrequisito LEED WE - Reducción del Consumo de Agua en Interior (*Medida obligatoria de la Certificación LEED*):

Tabla 17. Flujo máximo permisible de agua en aparatos en interior.

Fuente: SEGOB 2016 PROY-NOM-002-CONAGUA-2015

Lpd = Litros por descarga

Lpm = Litros por minuto

| Griferías y Aparatos Sanitarios | Reducción Mínima Requerida (%) |
|---------------------------------|--------------------------------|
| Sanitarios/Inodoro:             | 4.8 lpd (20%)                  |
| Mingitorio:                     | 1.0 lpd (50%)                  |
| Grifo Público:                  | 1.5 lpm (20%)                  |
| Grifo Privado:                  | 5.7 lpm (32%)                  |
| Grifo de Cocina:                | 6.7 lpm (20%)                  |
| Regadera:                       | 7.6 lpm (20%)                  |

**Recordatorio Importante:** Los ahorros detallados líneas arriba son solamente para el cumplimiento del Prerrequisito "WE - Reducción del Consumo de Agua en Interior". Se recomienda elegir griferías y aparatos sanitarios de menor consumo aun, y que permitan generar mayores ahorros hídricos.

## ESFUERZOS ADICIONALES

**CUMPLIMIENTO DEL CRÉDITO LEED: WE - Reducción del Consumo de Agua en Interior.**

*(Medida opcional de la Certificación LEED):*

En caso se desee lograr el Crédito LEED WE - Reducción del Consumo de Agua en Interior se deberá cumplir lo siguiente:

### 1. GRIFERIAS Y APARATOS SANITARIOS

Reducir aún más el consumo de agua en accesorios y dispositivos con respecto a la línea base establecida por la Certificación LEED con el propósito de obtener puntos a favor; a mayor ahorro mayor puntuación. A continuación, se incluye una tabla mostrando el posible puntaje que se puede obtener según el porcentaje de ahorro hídrico logrado:

**TABLA 1**

| Porcentaje de Ahorro Hídrico (%) | Puntos logrados alcanzados (Centros Educativos) |
|----------------------------------|---|
| 25 %                             | 1   |
| 30 %                             | 2   |
| 35 %                             | 3   |
| 40 %                             | 4   |
| 45 %                             | 5   |
| 50 %                             | -   |

### 2. ELECTRODOMÉSTICOS Y AGUA DE PROCESOS

- a. Instalar equipos dentro del alcance del proyecto que cumplan con los requisitos mínimos de las Tablas 2 o 3. Todos los equipos que procedan enumerados en cada tabla deben cumplir el estándar.

**TABLA 2**



Para usar la **Tabla 2** el proyecto debe procesar al menos 57 606 kg (120 000 lb) de ropa al año.

| Lavadora   | Puntos<br>(Centros Educativos)         |
|--|--|
| En las instalaciones, capacidad mínima de 2400 lb (1088 kg) por cada turno de 8 horas. | Máximo de 7 litros por 0,45 kilogramos |

**TABLA 3**

Para usar la **Tabla 3** el proyecto debe servir al menos 100 comidas por día de operación. Todo el equipo de procesos y los electrodomésticos enumerados en la categoría de cocinas y presentes en el proyecto deben cumplir con los estándares.

| Equipamiento de Cocina    |  | Requisito<br>(sistema métrico decimal)  |
|---------------------------|--|---|
| Lavaplatos                | Bajo mostrador                               | ENERGY STAR o equivalente de desempeño  |
|                           | Una sola cubeta de campana o capota          | ENERGY STAR o equivalente de desempeño  |
|                           | Una sola cubeta, de cinta                    | ENERGY STAR o equivalente de desempeño  |
|                           | Múltiples cubetas, de cinta                  | ENERGY STAR o equivalente de desempeño  |
|                           | Túnel de lavado                              | ENERGY STAR o equivalente de desempeño  |
| Evaporadoras de alimentos | Tanda (sin conexión de desagüe)              | $\leq 7,5$ litros/hora/olla incluyendo el agua de refrigeración de condensación |
|                           | Cocina bajo pedido (con conexión de desagüe) | $\leq 19$ litros/hora/olla incluyendo el agua de refrigeración de condensación  |
| Horno combinado           | de sobremesa o de pie                        | $\leq 5,7$ litros/hora/olla incluyendo el agua de refrigeración de condensación |
|                           | de bandejas                                  | $\leq 5,7$ litros/hora/olla incluyendo el agua de refrigeración de condensación |
| Triturador de comida      | Triturador                                   | 11-30 l/m, carga completa, 10 minutos desconexión automática; o 43,8 l/m,       |

|  |                      |   |
|--|----------------------|---|
|  |                      | sin carga                               |
|  | Recolector de basura | Máximo de 7,6 l/m de agua de reposición |
|  | Procesador de basura | Máximo de 7,6 l/m de agua de reposición |
|  | Canasta de filtro    | Sin uso de agua adicional               |

## ENTREGABLES

Utilizando el formato base, integrar la siguiente información:

- Descripción conceptual de la intención, puede incluir texto e imágenes.
- Listado de aparatos hidráulicos para el interior del edificio incluyendo cantidades, localización por tipo de espacio, características de descarga y fichas técnicas.

## AGUA EN EXTERIOR

### REQUISITOS

1. Calidad del agua tratada: Dar cumplimiento con la Norma oficial mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público. Esto puede darse de forma inmediata al proyecto o al campus.
2. Paisajismo: Alcanzar un alto nivel de eficiencia en el uso de agua en áreas verdes del proyecto mediante la especificación de vegetación de la región donde se localice el predio y al menos dos de las siguientes estrategias:
3. Definir el horario para riego solamente en horario nocturno de entre las 18:00 horas a las 7:00 horas, o según se adapte a la localización geográfica del proyecto. Con esto se reduce el desperdicio de agua y se evita que la evaporación generada durante las horas diurnas genere mayor uso del líquido.
4. En el diseño de paisaje, agrupar la vegetación con cualidades semejantes de necesidad de agua, lo cual puede hacer al sistema de riego más eficiente.
5. Utilizar riego por goteo/localizado automático, aprovechando las horas nocturnas o primeras horas durante la mañana para el riego.
6. Utilizar agua tratada (grises) para el riego de áreas verdes.
7. Eficiencia de riego: se incorpora un sensor de riego o de humedad con el fin de optimizar el uso del agua a través de sensores que lean el estado hídrico de la tierra.
8. Calidad de las descargas de agua residual: Dar cumplimiento con la NOM-001-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

Utilizando el formato base, integrar la siguiente información:

1. Descripción conceptual de la intención, puede incluir texto e imágenes.
2. Narrativa de estrategias seleccionadas para agua en exteriores.
3. Plano de proyecto de paisaje con especificación y cuantificación de especies, así como la demanda de riego por tipo y descripción de estrategia de riego a implementar:
  - a. sistema y sus características,
  - b. fuente de abastecimiento, y
  - c. horario.
4. En caso de incluir riego automático entregar ingenierías.
5. En caso de elegir operar en horario nocturno entregar evidencia de capacitación y de política.

## MEDICIÓN DEL AGUA

*Se sugiere incorporar nuevo lineamiento al estándar:*

### REQUISITOS

Instalar medidores de agua permanentes en los siguientes subsistemas de agua (según corresponda al proyecto), con el propósito de fomentar el manejo del agua e identificar oportunidades de ahorros adicionales mediante el seguimiento de su consumo:

1. **Riego:** Medir los sistemas de agua que abastezcan como mínimo al 80% de la superficie con paisajismo que sea regado. Las superficies con paisajismo cubiertas con “xeriscaping” o vegetación autóctona que no necesiten riego rutinario pueden excluirse completamente del cálculo.
2. **Grifería y aparatos sanitarios de interior:** Medir los sistemas de agua que abastezcan como mínimo al 80% de las instalaciones y accesorios de interior.
3. **Agua caliente doméstica:** Medir el uso de agua de al menos el 80% de la capacidad de agua caliente doméstica instalada.
4. **Agua recolectada/reciclada:** Medir el agua recolectada o reciclada, sea cual sea la tasa. También han de medirse los sistemas de agua recuperada con conexión al agua de reposición para poder determinar el componente real de agua recuperada.
5. **Otras aguas de proceso:** Medir al menos el 80% del consumo de agua previsto para usos finales de proceso, como sistemas de humidificación, lavavajillas, lavadoras, piscinas y demás subsistemas que usen agua de proceso.

Llevar un registro mensual de las mediciones de cada medidor con el propósito de identificar posibles ahorros y/o desgastes en los sistemas hídricos.

# PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

## REQUISITOS

Una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) tiene como función limpiar el agua ya utilizada por el usuario, con el propósito de regresar de forma segura al medio ambiente para un segundo uso. Consiste en una serie de etapas de tratamiento denominadas: tratamiento preliminar, primario, secundario y terciario o avanzado.

Además de esto, todas las plantas de tratamiento generan desperdicios sólidos normalmente referidos como “biosólidos” o “lodos” los cuales se tienen que administrar y desinfectar a lo largo del proceso para un desecho seguro. El fin último de la planta es eliminar los sólidos, reducir materia orgánica y contaminantes y restaurar el oxígeno del agua para asegurar que soporta la vida y puede cumplir su función como agua de riego o regresar a sistemas pluviales ya estando limpia.

Diseño y propuesta del sistema:

El propósito de la propuesta a desarrollar debe ser la reducción de contaminación y características no deseables en las aguas residuales, proporcionando la calidad de agua que se estará dirigiendo a servicios de caldera, torres de enfriamiento y riego.

La planta propuesta debe ser de tipo biológico de alta compactación como Filtro Biológico Aireación Extendida. No se deberá incluir ningún proceso anaerobio que genere riesgo de olores fétidos o gases inflamables y/o explosivos.

En caso de ser necesario, se debe proponer la capacidad de la cisterna de aguas residuales, o bien, los trabajos de interconexión a la red de drenaje existente.

Dentro de las consideraciones básicas de la implementación de una PTAR, se debe cumplir con las normativas mexicanas aplicables para la correcta disposición del agua con contaminantes proveniente del sistema, en particular las siguientes:

- NOM-001-SEMARNAT-1996: Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. (Aclaración 30-abril-1997) NOM-001-ECOL-1996 06-ENERO-1998

- NOM-002-SEMARNAT-1996: establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal. NOM-002-ECOL-1996
- NOM-003-SEMARNAT-1997: Establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúnen en servicios al público. NOM-003-ECOL-1997 21-SEPTIEMBRE-1998.
- NOM-004-SEMARNAT-2002: Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en lodos y biosólidos provenientes del desazolve de los sistemas.

Además del cumplimiento de las normas anteriores respecto a la calidad del agua, la propuesta debe incluir una arquitectura acorde a la del Campus y que respete las normas relacionadas a las condiciones del espacio anexo a la PTAR, por donde circulará personal que estará operando y dando mantenimiento a la misma. Las normas incluyen, pero no se limitan a las siguientes:

- NOM-004-STPS-2000: Establece y analiza el riesgo potencial generado por los equipos y/o maquinaria que operan los trabajadores, referente a electricidad, generación de calor, partes en movimiento, subproductos, superficies cortantes, entre otras.

Dentro de la misma norma se especifica el formato de las tarjetas de aviso para los riesgos que se hayan detectado.

Tabla 1. Características de las tarjetas de aviso

|                        | MENSAJE   | COLOR DEL TEXTO | COLOR DE FONDO |
|------------------------|---|-----------------|----------------|
| INFORMACION PRINCIPAL  | PRECAUCION  | NEGRO           | AMARILLO       |
| INFORMACION SECUNDARIA | PROHIBICION<br>No debe activarse la maquinaria o equipo, ni retirar la tarjeta del lugar donde se colocó. | NEGRO           | BLANCO         |
| INFORMACION ADICIONAL  | Texto que considere necesario agregar   | NEGRO           | BLANCO         |

NOM-015-STPS-2001: Establece y define riesgos por exposición a condiciones térmicas extremas, así como indica el equipo de protección necesario.

NOM-025-STPS-2008: Establece las condiciones permisibles de niveles de iluminación en el área de trabajo, incluyendo luminarias de emergencia.

NOM-033-STPS-2015: Establece y define los espacios confinados en donde se llevarán a cabo actividades de forma no continua, así como los protocolos de seguridad que deben seguir. Con el objetivo de hacer énfasis en lo que se define como espacio confinado, se anexa la tabla 1. de la NOM.

Tabla 2. Tipos de espacios confinados.

| criterio                                       | Tipo I  | Tipo II   |
|--|---|---|
| Característica                                 | Riesgo potencial a la salud mínimo                                      | Riesgo grave o inminente a la salud de los trabajadores                         |
| Concentración de oxígeno en porcentaje         | Entre 19.5 y 23.5%  | Menor a 19.5%, o mayor a 23.5%  |
| Características de inflamabilidad              | Menor que el 10% del límite inferior de inflamabilidad y/o explosividad | Mayor o igual que el 10% del límite inferior de inflamabilidad y/o explosividad |
| Toxicidad o peligro a la salud (concentración) | Menor que el nivel de acción (0.5 VLE)                                  | Mayor o igual al nivel de acción (0.5 VLE)                                      |

Un último punto a recalcar para el diseño y propuesta de la PTAR, es que todos sus equipos deben ser o estar diseñados para el manejo de aguas residuales con un % alto de sólidos, y no para agua potable; dentro de estos, están las bombas, sistemas de desinfección, digestores, entre otros.

#### Límites permisibles

- Su especificación debe considerar los flujos mínimos, máximos y promedio, así como los datos de entrada de DBO y TSS que tenga el sistema hidrosanitario de las instalaciones, obteniendo como resultado final, como máximo, un DBO y TSS de 20 mg/L, los cuales deben ser verificados por medio de pruebas de un laboratorio aprobado por la EMA.
- Considerar tratamiento biológico de aireación extendida/ UF con capacidad de modernizar por incremento de flujo a biomasa mixta MBBR y/o MBR, calculada de acuerdo con los procedimientos establecidos por la bibliografía internacional de alto reconocimiento. La edad de lodos o tiempo de retención celular mínima aceptable es de 8 días. Deberá considerarse un volumen de relleno no superior al
- 60% del volumen de reactor. La difusión de aire deberá ser mediante difusores eficientes mínimo de 6% a 10% por cada mL de recorrido de la burbuja fina, los sopladores deberán incluir casetas de insonorización con nivel de ruido fuera de la caseta inferior a los 62 dB.

- Considerar tratamiento preliminar que garantice la remoción de sólidos hasta 3 mm, de manera automática para disminuir el riesgo sanitario a los operadores y asegurar que los equipos, cuyas partes sumergidas o en contacto con el agua residual, estén contruidos con acero inoxidable ANSI 304.
- Considerar tratamiento terciario con base en filtración de cuando menos 20 micras ( $\mu\text{m}$ ).
- Por ningún motivo se podrá usar químicos gaseosos.
- NOM-015-STPS-2001.

Tabla 3. Límites máximos permisibles de exposición a condiciones térmicas elevadas.

| Temperatura máxima en °C de $I_{\text{tgbh}}$ |          |        | Porcentaje del tiempo de exposición y de no exposición |
|---|----------|--------|--|
| Régimen de trabajo                            |          |        |  |
| Ligero  | Moderado | Pesado |  |
| 30.0  | 28.7     | 25.0   | 100% de exposición                                     |
| 30.8  | 27.8     | 25.9   | 75% de exposición<br>25% de recuperación en cada hora  |
| 31.7  | 29.4     | 27.8   | 50% de exposición<br>50% de recuperación en cada hora  |
| 32.2  | 31.1     | 30.0   | 25% de exposición<br>75% de recuperación en cada hora  |

Tabla 4. Límites máximos permisibles de exposición a condiciones térmicas abatidas.

| Temperatura en °C    | Exposición máxima diaria   |
|----------------------|--|
| de 0 a -18           | 8 horas.   |
| Menores de -18 a -34 | 4 horas; sujeto a periodos continuos máximos de exposición de una hora; después de cada exposición, se debe tener un tiempo de no exposición al menos igual al tiempo de exposición. |
| Menores de -34 a -57 | 1 hora; sujeto a periodos continuos máximos de 30 minutos; después de cada exposición, se debe tener un tiempo de no exposición al menos 8 veces mayor que el tiempo de exposición.  |
| Menores de -57       | 5 minutos.   |

Tabla 5. Niveles máximos permisibles de factor de reflexión.

| Concepto         | Niveles Máximos Permisibles de Reflexión, $K_f$ |
|------------------|---|
| Paredes          | 60%   |
| Plano de trabajo | 50%   |

Tabla 6. Niveles de Iluminación NOM-025-STPS-2008.

| Tarea Visual del Puesto de Trabajo  | Area de Trabajo   | Niveles Mínimos de Iluminación (luxes) |
|---|---|--|
| En exteriores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.  | Exteriores generales: patios y estacionamientos.  | 20                                     |
| En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.  | Interiores generales: almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia.  | 50                                     |
| En interiores.  | Áreas de circulación y pasillos; salas de espera; salas de descanso; cuartos de almacén; plataformas; cuartos de calderas.  | 100                                    |
| Requerimiento visual simple: inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco y máquina.   | Servicios al personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia, cuartos de compresores y palettería.   | 200                                    |
| Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina.   | Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.  | 300                                    |
| Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble de inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio. | Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.   | 500                                    |
| Distinción fina de detalles: maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejo de instrumentos y equipo de precisión, manejo de piezas pequeñas.                          | Talleres de alta precisión: de pintura y acabado de superficies y laboratorios de control de calidad.   | 750                                    |
| Alta exactitud en la distinción de detalles: ensamble, proceso e inspección de piezas pequeñas y complejas, acabado con pulidos finos.  | Proceso: ensamble e inspección de piezas complejas y acabados con pulidos finos.  | 1,000                                  |
| Alto grado de especialización en la distinción de detalles.   | Proceso de gran exactitud.<br>Ejecución de tareas visuales: <ul style="list-style-type: none"> <li>• de bajo contraste y tamaño muy pequeño por periodos prolongados;</li> <li>• exactas y muy prolongadas, y</li> <li>• muy especiales de extremadamente bajo contraste y pequeño tamaño.</li> </ul> | 2,000                                  |

## ENTREGABLES

### 1. Memoria de cálculo

Dentro de la memoria descriptiva se debe proporcionar a detalle cada uno de los procesos que conlleva el tratamiento del agua, más específicamente, modelos y cálculos matemáticos, tablas y normas utilizados como base para la selección de la propuesta. Asimismo, se debe contemplar una memoria de cálculo para el equipo de bombeo seleccionado.

2. Memoria mecánica

Como parte de la descripción de la ingeniería mecánica se debe incluir todos los cálculos y consideraciones necesarias en cuanto a los procesos hidráulicos, selección de tuberías, conectores y equipos de bombeo, tanto para líneas de agua como líneas de lodos (en los casos que aplique).

3. Memoria eléctrica

Se debe presentar el análisis, diseño y operación del sistema eléctrico a instalar para la PTAR y todos sus elementos (alumbrado, motores, transformadores, etc.), así como su integración a la red eléctrica actual en cada caso. La memoria debe incluir descripciones detalladas de los elementos a añadir, diagramas unifilares de la red, cuadros de cargas y distribución e impacto energético en el sistema actual buscando mantener niveles aceptables de factor de potencia y posibilidad de ampliación.

4. Memoria de control

Se debe especificar en esta los lineamientos a seguir para los equipos de instrumentación y medición considerados para el correcto funcionamiento de la planta. Es de suma importancia que se tomen en cuenta desconectores para el debido mantenimiento de los equipos. Esta misma debe contener los modelos de operación y de control, así como diagramas de proceso para cada etapa del tratamiento. Se debe proponer la visualización en SCADA del estatus de los equipos, indicadores de falla, medición de flujo, alarmas, paro de emergencia, entre otros indicadores de la planta.

El sistema de control debe permitir al usuario la operación remota on/off de motores y actuadores, así como la modificación de variables como: caudal de entrada, caudal disuelto, oxígeno disuelto, entre otros que se consideren pertinentes para la debida operación.

5. Memoria de operación

Se deberá incluir: documentación del análisis de accesibilidad y de riesgos operativos, propuesta de póliza de operación y mantenimiento anual que incluya el 100% de operación de los servicios y análisis mensual de calidad del agua con parámetros de TSS, DBO, DQO, Grasas, Aceites y pH, incluyendo análisis de laboratorio pertinentes. Estudio de consumo de reactivos químicos y refacciones con disponibilidad en el mercado nacional, con costo de operación en \$/m<sup>3</sup>. Los lodos generados en la PTAR deberán ser retirados por medio de pipa especializada para el manejo y residuo de lodos semanalmente, se deberá otorgar copia de la licencia o certificado de la empresa transportista para el manejo de estos lodos, así como comprobante de recepción de dichos lodos en las plantas receptoras de Servicios de Agua y Drenaje de la localidad correspondiente.

#### Equipos:

Se entiende por equipo, cualquier mecanismo o aparato que forma parte del proceso de tratamiento en cualquiera de sus etapas, los cuales pueden incluir, pero no se limitan a: Cribas, Cárcamos de Bombeo, Hidrociclón, Agitación Jet, Sopladores, Difusores, Medios filtrantes, UV, Deshidratadores.

Para la descripción y registro del equipo requerido para las distintas etapas de los tratamientos a realizar, es necesario obtener del proveedor una ficha técnica correspondiente a las características de estos para cada tipo de máquina o mecanismo.

Se debe realizar un listado con un desglose de los datos de los equipos, el cual incluye, pero no se limita a:

- Nombre del equipo y número de identificación
- Fecha de adquisición
- Número de unidades
- Condiciones de servicio (ubicación, características del material que trabaja, temperatura, etc.)
- Descripción técnica del equipo

- Materiales de construcción
- Especificaciones adicionales de operación
- Campo de aplicación (bombeo, filtrado, criba, difusor, deshidratador, etc.)
- Costo en fecha de adquisición
- Periodos de servicio específico (en caso de requerirse)

Los contenedores para las descargas de sólidos, arenas y grasas, y aceites deben ser totalmente cerrados o con tapa sellada y canalizadas las descargas de los equipos hacia los contenedores para evitar dispersión de olores.

Incluir señalética para los equipos y tanques en todas las partes del proceso, conforme al tipo de señalética que solicite el ITESM.

#### Procedimientos:

Como parte del registro necesario, se deben realizar documentos detallando los procedimientos y sus especificaciones para cada campo de aplicación de conceptos ingenieriles o de construcción necesarios para la puesta en marcha de la PTAR. Dichos documentos deben incluir la planeación, políticas de trabajo, lineamientos aplicables y descripción de actividades en cada proceso o frente de trabajo.

Los procedimientos pueden incluir, pero no se limitan a:

- Procedimiento General
- Procedimiento Ingeniería
- Procedimiento Aceros
- Procedimiento Cimbra
- Procedimiento Concreto
- Procedimiento Edificaciones
- Procedimiento Herrerías
- Procedimiento Instalación de Equipos
- Procedimiento Tuberías PVC
- Procedimiento Tuberías de Acero
- Procedimiento Capacitación
- Procedimiento Arranque

## ESFUERZOS ADICIONALES

El tratamiento de aguas residuales es sumamente beneficioso para el ahorro de agua, dado a que ciertos procesos o sistemas dejarían de utilizar agua potable. Por este motivo la incorporación de una PTAR aportaría en la obtención de al menos 2 créditos en la certificación LEED.

El primero de ellos es el crédito de Consumo de Agua en Exteriores, donde se puede documentar que al utilizar el agua tratada para el riego de las áreas verdes por medio de un sistema de riego tecnificado, es posible llegar a un ahorro de 100% dado a que no se utiliza agua potable para este fin.

El segundo crédito es Medición del Consumo de Agua, para ello se deberá medir 2 subsistemas, como: Riego, Instalaciones y accesorios de plomería en interiores, Agua caliente doméstica, Calderas, Agua recolectada/reciclada y Otras aguas de proceso. Al tener una PTAR se puede colocar un medidor o contómetro para contabilizar el agua que se utiliza para el riego de áreas verdes y el otro medidor o contómetro para un segundo subsistema que consuma agua, por ejemplo: la medición de agua para inodoros a base del agua tratada. Con ello se cumpliría la medición de dos subsistemas.

## AZOTEA DE BAJO IMPACTO

### REQUISITOS

Al menos el 80% del acabado final de la cubierta (\*) del edificio debe utilizar una o una combinación de las siguientes opciones:

1. Color gris claro y/o beige en superficies (\*\*), con un valor de reflectancia solar (RS) de al menos 0.33.
2. Techo verde o plantas que den sombra (maceteros con arbustos o árboles de copa amplia). No utilizar césped (grass) artificial (\*\*\*)

3. Áreas sombreadas con sistemas de generación de energía (por ejemplo: colectores solares).

(\*) Considerar todas las superficies que cubra el edificio, sea esta una losa, o pantalla (segunda piel) que cubra la misma y superficie de techo donde ésta no sea cubierta por algún otro elemento. La superficie puede estar ubicada entre niveles (por ejemplo: una terraza sin techar en un piso intermedio), o en la parte superior del edificio.

(\*\*) Se recomienda NO utilizar color blanco en superficies transitables de cubierta. Las superficies transitables de color blanco pueden provocar deslumbramiento (ceguera momentánea) a cualquier persona que esté realizando tareas de mantenimiento en el área.

(\*\*\*) Es sumamente importante incluir en el cálculo estructural el total de cargas adicionales generadas por la incorporación del paisajismo.

## ENTREGABLES

Utilizando el formato base, integrar la siguiente información:

1. Descripción conceptual de la intención, puede incluir texto e imágenes.
2. Descripción de estrategia para la cubierta y porcentajes de las diferentes superficies.
3. Referencia a plano de azotea y su respectiva señalización.
4. Ficha técnica del acabado.
5. Fotografías de la azotea.

# SUPERFICIES EXTERIORES PERMEABLES Y REFLEJANTES

## REQUISITOS

La intención que se propone bajo esta medida es minimizar el efecto de isla de calor provocada por la diferencia de temperaturas que se pueden obtener en diversas áreas del campus. Por ello es importante señalar:

1. Implementar vegetación que pueda brindar sombra a las áreas pavimentadas (dependerá en mayor o menor medida la implementación de esta vegetación según la zona climática donde se encuentra el proyecto)
2. No se puede incluir césped artificial, toda vegetación deberá ser natural y permeable.
3. Cuando se emita sombra mediante estructuras o dispositivos arquitectónicos se deberá tomar un valor de reflectancia solar (RS) después de tres años de al menos 0,28. Si no hay información disponible sobre los tres años, utilizar materiales con una RS inicial de al menos 0,33 en el momento de instalación.
4. Se recomienda la utilización de materiales de pavimentación con un valor de reflectancia solar (RS) de al menos 0,28. Si no hay información disponible sobre los tres años, utilizar materiales con una RS inicial de al menos 0,33 en el momento de instalación.
5. Es recomendable ubicar al menos un 75% a 80% de las plazas de estacionamiento bajo techo (por ejemplo: en sótanos, techos con cubierta vegetal o coberturas con un sistema de generación de energía renovable). Para ello se deberá tener un IRS de tres años de al menos 32 (si no hay información disponible sobre los tres años, utilizar materiales con un valor inicial de IRS de al menos 39 en el momento de instalación)
6. En el caso de cubiertas es recomendable que estas sean de alta reflectancia, utilizando materiales para cubiertas con un IRS a los tres años que iguale o supere el valor de 64 para cubiertas con poca inclinación ( $\leq 2:12$ ) o un valor de 32 para cubiertas con inclinación más pronunciadas ( $> 2:12$ ) Si no se llegase a obtener información se puede utilizar materiales que cumplan el valor inicial de IRS de 82 para cubiertas con poca inclinación ( $\leq 2:12$ ) o un valor de 39 para cubiertas con inclinación más pronunciadas ( $> 2:12$ )
7. Es recomendable la utilización de colores claros o blanco en las superficies horizontales o con inclinación dado a que esto también aporta a minimizar el efecto de isla de calor.

8. En estacionamientos abiertos, pasillos exteriores, explanadas y otras superficies exteriores, el pavimento debe ser de color claro. Cuando la superficie no es de color claro deberá estar sombreada al menos un 40% de ésta.
9. En espacios exteriores y de recreación, las áreas verdes deben ser naturales y permeables.
10. Opcional: utilizar concreto permeable.

## ENTREGABLES

Utilizando el formato base, integrar la siguiente información:

1. Descripción conceptual de la intención, puede incluir texto e imágenes.
2. Descripción de tratamiento de superficies exteriores y sus características.
3. Planta de conjunto, paisajes y superficies exteriores.
4. Ficha técnica del acabado.
5. Fotografías de las superficies exteriores

## ESFUERZOS ADICIONALES

1. En caso de que el proyecto busque la certificación LEED, deberá contar con el 75% de estacionamientos bajo cubierta y todas las superficies exteriores deberán contar con los valores apropiados de IRS o RS según corresponda. Solo presentando ambos casos se podría obtener hasta 3 puntos por contar con un desempeño ejemplar.

## ILUMINACIÓN EXTERIOR BAJO LA HORIZONTAL

Toda la iluminación exterior debe proveerse con lámparas que la dispersen solamente bajo la horizontal.

### REQUISITOS

La iluminación que se diseñe para los exteriores del campus deberá proyectarse por debajo de la horizontal y lograr cumplir con el método BUG para no generar contaminación lumínica.



*Asociación Internacional del Cielo Oscuro (IDA)*

Se deberá tener presente lo siguiente:

1. Identificar en qué zona lumínica se encuentra el proyecto. Para ello se recomienda utilizar las definiciones de zonas de iluminación suministradas por la guía de usuario de la Model Lighting Ordinance (MLO) desarrollada por la Illuminating Engineering Society y la International Dark Sky Association (IES/IDA). La MLO establece 5 zonas de iluminación, que van desde ambientes naturales sin iluminación artificial, clasificados como zona 0, hasta áreas con

altos niveles de iluminación ambiental, como Times Square en la Ciudad de Nueva York, clasificados como zona 4.

- LZ0: Sin iluminación ambiental
- LZ1: Iluminación ambiental baja
- LZ2: Iluminación ambiental moderada
- LZ3: Iluminación ambiental moderadamente alta
- LZ4: Iluminación ambiental alta

2. Características fotométricas de cada luminaria con la intención de cumplir los valores establecidos en iluminación hacia arriba y de traspaso lumínico, según la zona de iluminación, bajo el método BUG (Backlight - Uplight - Glare)

**Backlight:** Se denomina así cuando la luz sobresale desde la parte trasera del artefacto hacia áreas donde no es deseada.

**Uplight:** Se denomina así a la fuga de luz en la parte superior del artefacto. Esta incidencia de luz es la responsable de la mayor cantidad de resplandor del cielo.

**Glare:** Se denomina así al resplandor concentrado y excesivo en la parte frontal de una luminaria lo cual impide la observación correcta por el deslumbramiento causado.

Consultar las tablas descritas a continuación para conocer la clasificación BUG para la zona de iluminación del proyecto y la ubicación y posición angular de la luminaria. Asegúrese de que las luminarias no excedan las clasificaciones máximas de iluminación direccionada hacia arriba, retroiluminación y deslumbramiento

| Clasificación máxima de iluminación direccionada hacia arriba en luminarias |                              |
|---|------------------------------|
| Zona de iluminación de la MLO   | Clasificación de iluminación |
| LZ0   | U0                           |

|                 |                |
|-----------------|----------------|
| LZ <sub>1</sub> | U <sub>1</sub> |
| LZ <sub>2</sub> | U <sub>2</sub> |
| LZ <sub>3</sub> | U <sub>3</sub> |
| LZ <sub>4</sub> | U <sub>4</sub> |

| Clasificación máxima de retroiluminación   |                               |                 |                 |                 |                 |
|--|-------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Montaje de la luminaria  | Zona de iluminación de la MLO |                 |                 |                 |                 |
|  | LZ <sub>0</sub>               | LZ <sub>1</sub> | LZ <sub>2</sub> | LZ <sub>3</sub> | LZ <sub>4</sub> |
|  | Retroiluminación permitida    |                 |                 |                 |                 |
| A > 2 alturas de montaje desde el límite de iluminación                                    | B <sub>1</sub>                | B <sub>3</sub>  | B <sub>4</sub>  | B <sub>5</sub>  | B <sub>5</sub>  |
| Entre 1 y 2 alturas de montaje desde el límite de iluminación y adecuadamente orientadas   | B <sub>1</sub>                | B <sub>2</sub>  | B <sub>3</sub>  | B <sub>4</sub>  | B <sub>4</sub>  |
| Entre 0,5 y 1 alturas de montaje desde el límite de iluminación y adecuadamente orientadas | B <sub>0</sub>                | B <sub>1</sub>  | B <sub>2</sub>  | B <sub>3</sub>  | B <sub>3</sub>  |
| A < 0,5 altura de montaje desde el límite de iluminación y adecuadamente orientada         | B <sub>0</sub>                | B <sub>0</sub>  | B <sub>0</sub>  | B <sub>1</sub>  | B <sub>2</sub>  |

| Clasificación máxima de deslumbramiento   |                               |                 |                 |                 |                 |
|---|-------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Montaje de la luminaria   | Zona de iluminación de la MLO |                 |                 |                 |                 |
|   | LZ <sub>0</sub>               | LZ <sub>1</sub> | LZ <sub>2</sub> | LZ <sub>3</sub> | LZ <sub>4</sub> |
|   | Deslumbramiento permitido     |                 |                 |                 |                 |
| Montaje en el edificio > 2 alturas de montaje desde el límite de iluminación        | G <sub>0</sub>                | G <sub>1</sub>  | G <sub>2</sub>  | G <sub>3</sub>  | G <sub>4</sub>  |
| Montaje en el edificio a 1-2 alturas de montaje desde el límite de iluminación      | G <sub>0</sub>                | G <sub>0</sub>  | G <sub>1</sub>  | G <sub>1</sub>  | G <sub>2</sub>  |
| Montaje en el edificio de 0,5 a 1 alturas de montaje desde el límite de iluminación | G <sub>0</sub>                | G <sub>0</sub>  | G <sub>0</sub>  | G <sub>1</sub>  | G <sub>1</sub>  |
| Montaje en el edificio < 0,5 alturas de montaje desde el límite de iluminación      | G <sub>0</sub>                | G <sub>0</sub>  | G <sub>0</sub>  | G <sub>0</sub>  | G <sub>1</sub>  |
| Todas las demás luminarias  | G <sub>0</sub>                | G <sub>1</sub>  | G <sub>2</sub>  | G <sub>3</sub>  | G <sub>4</sub>  |

*No se podrá exceder las clasificaciones indicadas en las 3 tablas según la definición del apéndice A de IES TM-15-11*

Se podrá exceptuar de estos requerimientos de iluminación exterior, cuando se controle de manera separada de la iluminación no exenta, los siguientes puntos:

- Iluminación especial de señalización y dirección para transporte;
- Iluminación que se usa únicamente para la fachada y el paisajismo en zonas de iluminación de la MLO 3 y 4, y se apaga automáticamente desde medianoche hasta las 6 de la mañana;
- Iluminación con fines teatrales de representaciones en escenarios, películas y vídeos;
- Iluminación para la bandera nacional

Ejemplo:

El proyecto se encuentra ubicado en una zona de iluminación 2 y el diseño incluye dos tipos de luminarias exteriores:

- Unas colocadas en pared

Según su ubicación, las luminarias colocadas en pared se consideran como:

“Montaje en el edificio > 2 alturas de montaje desde el límite de iluminación”.

La clasificación BUG de este artefacto es **B2 U2 G2**

- Unas colocadas sobre postes.

Las luminarias en este caso corresponden a dos categorías:

“>2 alturas de montaje desde el límite de iluminación” y “Entre 1 y 2 alturas de montaje desde el límite de iluminación y adecuadamente orientadas”.

La clasificación BUG de las luminarias sobre postes es **B1 Uo G1**

Según la zona de iluminación y las ubicaciones dentro del límite de iluminación, y siguiendo las tablas proporcionadas, la clasificación BUG máxima es:

| Clasificación máxima de iluminación direccionada hacia arriba en luminarias |                              |
|---|------------------------------|
| Zona de iluminación de la MLO   | Clasificación de iluminación |
| LZ2   | U2                           |

| Clasificación máxima de retroiluminación |                               |     |     |     |     |
|--|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|
| Montaje de la luminaria                  | Zona de iluminación de la MLO |     |     |     |     |
|  | LZ0                           | LZ1 | LZ2 | LZ3 | LZ4 |
|  |                               |     |     |     |     |

|  | Retroiluminación permitida |    |    |    |    |
|--|----------------------------|----|----|----|----|
| A > 2 alturas de montaje desde el límite de iluminación                                  | B1                         | B3 | B4 | B5 | B5 |
| Entre 1 y 2 alturas de montaje desde el límite de iluminación y adecuadamente orientadas | B1                         | B2 | B3 | B4 | B4 |

| Clasificación máxima de deslumbramiento                                      |                               |     |     |     |     |
|--|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|
|  | Zona de iluminación de la MLO |     |     |     |     |
| Montaje de la luminaria  | LZ0                           | LZ1 | LZ2 | LZ3 | LZ4 |
|  | Deslumbramiento permitido     |     |     |     |     |
| Montaje en el edificio > 2 alturas de montaje desde el límite de iluminación | G0                            | G1  | G2  | G3  | G4  |
| Todas las demás luminarias   | G0                            | G1  | G2  | G3  | G4  |

Según el ejemplo mostrado, las luminarias especificadas no excedan las clasificaciones BUG máximas permitidas en las tablas anteriores, por ende, estas luminarias estarían en cumplimiento para evitar la contaminación lumínica en el exterior.

3. Se deberá implementar un control de iluminación para las luminarias exteriores. Estos controles pueden ser por medio de Timers o Sensores de presencia, lo cual aportaría al desempeño energético de la edificación.
4. El flujo luminoso (lúmenes), el tipo de artefacto y los niveles de iluminación (luxes) que deberán presentar las luminarias exteriores, serán definidos por los lineamientos que tiene el área de ingeniería dependiendo de la sede a intervenir.

De no poder contar con luminarias que contengan información técnica sobre la clasificación BUG y por tanto no poder lograr implementar los requerimientos antes nombrados, será necesario que al menos las luminarias proyecten iluminación desde la horizontal hacia abajo y que esta iluminación se use de manera responsable alumbrando solo lo necesario, cuando sea necesario, en la cantidad requerida y evitando el deslumbramiento.

## ENTREGABLES

Utilizando el formato base, integrar la siguiente información:

1. Descripción conceptual de las luminarias a utilizar.
2. Descripción de la iluminación exterior
3. Proyecto de iluminación - plano.
4. Fichas técnicas de luminarias.
5. Archivo con extensión .IES para poder visualizar si cumple con la clasificación BUG según la plataforma: <https://www.visual-3d.com/tools/photometricviewer/Default.aspx>

## ESFUERZOS ADICIONALES

Es recomendable seguir con el análisis presentado para implementar luminarias exteriores. El cumplimiento de esta práctica aportaría a la obtención de 1 punto si el proyecto busca la certificación LEED bajo el crédito de "Reducción de la Contaminación Lumínica"

## **GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS: CONSIDERACIONES EN DISEÑO, EN LA CONSTRUCCIÓN Y EN LA OPERACIÓN DEL PROYECTO.**

La gestión integral de residuos busca, desde el diseño hasta la operación de un proyecto, abordar de manera efectiva y sostenible el almacenamiento, la generación, la segregación, el tratamiento y la disposición final de los residuos generados en una edificación.

Durante el diseño se puede establecer un lugar estratégico donde ubicar el depósito de residuos reciclables. Este lugar deberá tener un fácil acceso para los contenedores y situarse en lugares cercanos de acopio municipal o de traslado por una empresa privada. Asimismo, deberán tener las dimensiones correctas para almacenar los residuos reciclables generados en el lugar.

Durante el proceso de construcción, se requiere realizar una correcta gestión de los residuos en la búsqueda de evitar que el mayor porcentaje de dichos materiales termine en los rellenos sanitarios y vertederos municipales, ya que, a través de una correcta separación, dichos residuos pueden ser reutilizados en otros procesos constructivos o ser reciclados como nueva materia prima, evitando la extracción de nuevos recursos naturales. Esto debe considerarse desde la fase de planeación, incentivando también la optimización de recursos para evitar el desperdicio innecesario.

Durante la operación, el depósito de residuos deberá estar equipado con contenedores para cada tipo de residuo. Un tipo de residuo puede tener más de un contenedor dependiendo de los volúmenes calculados para dicho residuo. La clasificación recomendada y no excluyente deberá contener los siguientes tipos de residuos reciclables: papel, cartón, metales, vidrio, plástico, luminarias y baterías (estos 2 últimos considerados como residuos peligrosos).

Si bien esta medida en el estándar anterior se encuentra bien detallada, la oportunidad de mejora podría ser la reformulación de los porcentajes de reciclaje durante la construcción, dado a que se indica porcentajes de reutilización de los desechos en sitio, según la ciudad, entre un 5% y 10%, lo cual es bueno pero pensando en que el proyecto pueda certificar como LEED, es importante definir los requisitos y porcentajes que la certificación exige para el manejo de residuos durante el proceso de obra.

En cuanto al proceso de diseño, la oportunidad de mejora es poder contar con un depósito que contenga los residuos anteriormente mencionados para ser utilizados durante el proceso de operación. Estos requerimientos se detallarán como “esfuerzos adicionales”, los cuales podría cumplir el contratista.

## REQUISITOS

Tomar en cuenta todos los requisitos y entregables que se encuentran descritos en el “I. ANEXO CLASIFICACION Y GESTION INTEGRAL DE RESIDUOS 20190930”.

## ESFUERZOS ADICIONALES

### Durante el diseño y operación

Se deberá procurar en la etapa de diseño ofrecer áreas de fácil acceso para transportistas de desechos y ocupantes del edificio destinadas a la recolección y al almacenamiento de materiales reciclables de todo el edificio. Las áreas de recolección y almacenamiento pueden estar en ubicaciones separadas. Los materiales reciclables deben incluir papel mixto, cartón corrugado, vidrio, plásticos y metales. Asimismo, se deberá tener las medidas pertinentes para la recolección, el almacenamiento y la eliminación de manera segura de baterías, lámparas con mercurio y desechos electrónicos.

Para ello se deberá identificar los posibles tipos y cantidades de desechos que puedan generar los distintos ocupantes y espacios. Por ejemplo, unas oficinas podrían necesitar una zona amplia para reciclaje de papel, mientras que una cafetería podría necesitar más espacio para plásticos, vidrio y metales.

En caso de que no haya un servicio de reciclaje disponible (por el momento), todos los flujos de productos reciclables deben tener una zona de almacenamiento reservada en anticipación de un servicio futuro.

El diseño arquitectónico deberá contener un espacio de recolección y almacenamiento suficiente para todos los productos reciclables requeridos. Las áreas de almacenamiento y recolección de productos reciclables así como la accesibilidad y la ventilación deberán estar proyectados en los planos. Recordar que las áreas de almacenamiento deben ser de fácil acceso para los ocupantes del edificio, incluyendo visitantes, ocupantes a tiempo completo, personal de operaciones y transportistas de desechos.

### **Durante la construcción**

Desarrollar e implementar un plan de manejo de los desechos de construcción y demolición donde:

1. Se establezcan los objetivos de desvío de desechos del proyecto a ejecutar, identificando por los materiales (tanto estructurales como no estructurales) que se manejen de acuerdo con el proyecto, destinados a ser desviados de los rellenos sanitarios.
2. Se calcule un porcentaje aproximado de los 5 materiales identificados con respecto a los desechos totales del proyecto.
3. Se especifique si los materiales se separarán en obra (si hubiese lugar) o estarán mezclados (si no hubiese lugar)
4. Asimismo, el contratista a cargo de la obra deberá presentar las autorizaciones pertinentes para la recolección, traslado y destino final a donde se llevarán los materiales identificados y demostrar o contar con la documentación necesaria sobre la trazabilidad y procesamiento de ese material en las instalaciones de reciclaje.

Implementar en obra los procedimientos indicados en el plan de manejo de los desechos de construcción y demolición, teniendo en cuenta lo siguiente:

1. Identificar los materiales que serán desviados. Como mínimo se requerirá desviar el 50% de tres flujos de materiales (Vía 1) o desviar 75% de cuatro flujos de materiales (Vía 2). Los materiales para desviar se consideran como materiales a reciclar, reutilizar, rescatar o donar. Los desechos peligrosos, residuos de desbroce del terreno, tierra y materiales de paisajismo no pueden ser incluidos.
2. Registrar el peso o volumen de los materiales que se reutilizan en el sitio o que son rescatados para su reutilización en otros proyectos.
3. Conservar los recibos e informes de los pesos o volúmenes estimados de los materiales que serán desviados a las plantas de tratamiento o procesamiento para reciclaje.
4. Continuar con la política actual del TEC sobre:
  - a. Seguimiento de todos los desechos de construcción y demolición que salen del sitio.
  - b. Solicitar y conservar los documentos de los transportistas, licencias, permisos, registros, manifiestos y todo lo relacionado al traslado de los residuos de obra hacia las plantas de tratamiento.
5. La empresa prestadora de servicios del tratamiento de los desechos reciclables deberá entregar un manifiesto e informe mensual, con la cantidad de desechos recibidos y la cantidad de desechos reciclados por cada tipo de material. Las unidades deberán ser las mismas en todos los materiales, ya sean de peso (kg o TN) o de volumen (m<sup>3</sup>).

Ejemplo:

Se producen 40kg de desechos de cartón en un mes de obra. La empresa que recibe los desechos para reciclar el cartón realizó 8 viajes en un mes para llevar dicho desecho a

su planta de tratamiento. En este lugar se procesa el cartón y finalmente se aprovecha el 80%.

El informe o certificado deberá detallar y contener la siguiente información:

- Material por reciclar: Cartón
- Viajes realizados: 8 viajes (2 viajes por semana).
- Periodo: 30 días calendario
- Cantidad de cartón recibido: 40Kg
- Cantidad de cartón reciclado: 32Kg (80%)
- Cantidad de residuos a desechar al vertedero: 8Kg (20%)

| Tipo de material | Flujo de material    | Desperdicio total | Residuos desviados | Porcentaje desviado | Residuos al vertedero |
|------------------|----------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-----------------------|
| Cartón           | Mezclado - reciclado | 40 kg             | 32 kg              | 80%                 | 8 kg                  |

6. Elaborar un informe final de desechos que incluya lo siguiente:
  - a. Desechos totales de construcción y demolición producidos durante todo el proceso de obra.
  - b. Tipos de materiales de desecho y cantidad de cada uno de ellos
  - c. Desvío de desechos total y tasa de desvío (porcentaje)

Se deberá realizar este cálculo de forma mensual o bimensual para cada uno de los materiales identificados (3 o 4) que pueden ser reciclados durante todo el proceso de obra. La certificación LEED otorga 1 punto si se logra desviar al menos el 50 % de al menos tres flujos de materiales o 2 puntos si se logra desviar al menos el 75% de al menos cuatro flujos de materiales.

Según el estándar actual de Energía y Medio Ambiente, la tabla 23 indica la clasificación de residuos de manejo especial en una obra de construcción, señalando los residuos reciclables, esta identificación es un paso importante para que el contratista y subcontratista puedan lograr cumplir con el plan de manejo de desechos de construcción y demolición, así como con los informes mensuales hasta el final de obra para obtener los porcentajes finales de desvío.



# REDUCCIÓN DE LA EROSIÓN Y SEDIMENTACIÓN DE SUELOS

## REQUISITOS

En todas las obras de construcción y demolición deben cumplir todos los requisitos que solicite la normativa estatal/local de donde se encuentre el proyecto.

Los puntos descritos a continuación son de cumplimiento obligatorio, sin embargo, si la normativa estatal/local solicita algo diferente, se debe cumplir lo que pida la normativa.

- Se debe colocar un perímetro de control con tapial o mínimamente de malla sombra en toda el área perimetral del sitio, para evitar la dispersión de polvos. Se deberá de reportar con fotografías el mantenimiento periódico para asegurar se buen estado.
- Desmante:
  1. Sólo se debe realizar cuando es necesario, es decir, no se debe desmontar todo el terreno si los trabajos aún no abarcan todo el espacio.
  2. Una vez desmontado, el terreno se debe mantener humedecido.
  3. Nunca desmontar con fuego.
  4. El material residuo no debe permanecer en el sitio más de 2 semanas y debe ser retirado a lugares autorizados para su disposición. Ver sección Manejo de Residuos.
- Estabilización del terreno, montículos de tierra o escombro:
  1. Toda el área de trabajo debe de mantenerse estabilizada a través de humedad o utilizando mallas, evitando así levantamientos de polvo.
  2. Al humedecer el terreno no se deben generar encharcamientos.
  3. Se pueden utilizar mallas o fibras sintéticas para tapar montículos de tierra.
  4. El agua para humedecer debe ser tratada.
  5. Pueden proponerse otros métodos para estabilización que requieren ser validados por el Líder de Proyecto.

6. Las zanjas u otras zonas de excavación deben humedecerse 15 minutos antes de iniciar actividades.
  7. Se deben generar bitácoras de registro de riego, incluir horario y cantidad de agua utilizada.
- Se deben crear amortiguamientos naturales o artificiales para proyectos que se encuentren a menos de 15 metros de cuerpos de agua naturales.
  - Se deben almacenar los materiales nuevos (a ser utilizados en la obra) de forma cerrada y techada.
  - Con vientos mayores a 30 km/hr se deben suspender los trabajos de movimiento de tierras, la compactación podrá seguir ocurriendo en condiciones de humedad.
  - Demoliciones:
    1. La estructura debe de humedecerse, de 15 a 39 minutos antes de demoler.
    2. Los residuos de demolición no pueden permanecer en el sitio por más de 05 días. Ver sección Manejo de Residuos.
  - Queda prohibido que salgan sedimentos del predio de construcción, ya sea por el paso de vehículos o por escurrimiento. Se deben aplicar las siguientes estrategias:
    1. En todas las salidas vehiculares del predio, y antes del límite de terreno, se deben aplicar técnicas de estabilización como capas de piedra con altura de 30 cm con una capa inferior geotextil o de filtro de tela no tejido o tapetes de césped.
    2. En todas las salidas vehiculares del predio, se deben aplicar técnicas de limpieza de neumáticos como lavado o bandas vibradoras.
    3. En días lluviosos o al siguiente día deberán lavar llantas de carros y camiones que se encuentren con lodo antes de salir para evitar escombro en calles. El agua deberá infiltrarse dentro del sitio y evitar que escurra hacia las calles.
    4. En banquetas exteriores al campus y aceras todos los días se debe de realizar limpieza con barrido húmedo, mecánico o aspirado.

5. Colocar lona/estructura en vehículos que transporten material hacia y desde la obra, el material transportado no debe superar los bordes.
  6. Se deben generar bitácoras de carga y descarga de materiales, incluyendo tipo de vehículo y volumen.
  7. El área de baja pendiente no debe escurrir agua hacia calles o terrenos vecinos para ello debe colocarse una trampa de sedimentos dentro de sitio para infiltrar el agua durante procesos de construcción. La malla trinchera también ayuda a proteger que el agua no escurra siempre y cuando se instale debidamente, esta debe ir enterrada y con doblez hacia dentro y palos bien estancados para evitar se desborde.
  8. En el caso de transporte vertical de materiales, el dispositivo de traslado debe tener protección de tal manejo que no salen polvos de él.
- Evitar la compactación de suelos en donde se colocará vegetación o se utilizará para infiltración limitando el tránsito de vehículos particulares y/o de carga.
  - Proteger entradas de drenaje municipal aledañas al sitio colocando filtros que eviten la transferencia de elementos que causen sedimentación. Remover sedimentos en los filtros periódicamente.
  - Se prohíbe la descarga al suelo del sitio de sustancias producto de lavado de concreto, estuco, pinturas, vehículos, equipo y contenedores.
  - Control de mantenimiento de maquinarias: La maquinaria deberá contar con reportes de verificación y mantenimientos periódicos para asegurar que estos no presenten fugas de combustible, aceite, etc. La supervisión deberá contar con un checklist de inspección a realizarse a la entrada y salida de los vehículos.
  - Control de Productos Contaminantes o Peligrosos: Se deberá de habilitar una zona para el almacenaje y control de todos los productos contaminantes o peligrosos que se utilicen en obra (por ejemplo: combustibles, químicos, solventes, pinturas, entre otros). La misma deberá estar señalizada en el plano de ubicación de áreas de trabajo, adicionalmente, estar totalmente cerrada dentro de una jaula metálica y contar con:
    - Puerta con candado,
    - Señalización,

- Extintor,
- Listado de los productos almacenados al interior,
- Listado del personal autorizado a ingresar, con el propósito de evitar la mala manipulación de dichos productos y el derrame accidental de productos al terreno natural.

## ENTREGABLES

El contratista debe contar con una carpeta donde tenga la siguiente información disponible:

- Descripción del proyecto de reducción de la erosión y sedimentación de suelos.
- Planos que describan claramente las actividades e instalaciones.
- Fotografías de las actividades, ejemplo: lavado de llantas, montículos de tierra cubiertos, tapial que circunda la obra, etc.
- Bitácora de riego. De preferencia tener imágenes documentadas.

## ANÁLISIS DE COSTO DE VIDA

### REQUISITOS

El Análisis de Costo de Ciclo de vida permitirá tomar decisiones sobre dos o más diseños de ingeniería para determinar la mejor inversión tomando en cuenta los costos iniciales y de operación del edificio a lo largo de su vida útil.

Para poder efectuar un Análisis de Costo de Ciclo de vida se requiere información como el costo de la inversión y tasa utilizada, costos operativos de mantenimiento, consumo y tarifas de energéticos, costo y vida útil de los componentes principales que van a requerir reemplazo en un futuro, eficiencias de los equipos, etc.

- Presentar un Análisis de Costo de Vida (Life-Cycle Cost Analysis, LCCA) que refleje el costo total del edificio para 30 años de operación.

A partir del análisis del LCAA el equipo de proyecto explicará la sostenibilidad financiera del edificio.

El LCAA puede ser redactado por el equipo de proyecto según indica en su página de internet el National Institute of Standards and Technology (NIST).

(<http://www.nist.gov/index.html>) (<https://www.wbdg.org/resources/life-cycle-cost-analysis-lcca>) o utilizando un programa de computadora especializado.

### ENTREGABLES

Utilizando el formato base, integrar la siguiente información:

- Resumen del Análisis de Costo de Vida
- Explicación del enfoque del proyecto hacia la sostenibilidad financiera.
- Documento técnico del estudio del LCCA.

### ESFUERZOS ADICIONALES

Tomando en cuenta la certificación LEED, se puede encontrar dentro de la categoría de Materiales y Recursos, cuatro créditos que incorporan el análisis de ciclo de vida para una edificación. A continuación se mencionan dichos créditos:

Crédito de Reducción del Impacto del Ciclo de Vida del Edificio: cuyo requisito es demostrar una reducción de los efectos ambientales durante la toma de decisiones inicial del proyecto mediante la reutilización de recursos existentes del edificio o demostrando una reducción del uso de materiales a través de una evaluación del ciclo de vida. Este crédito cuenta con cuatro opciones:

1. Reutilización De Edificios Históricos
2. Renovación De Edificios Abandonados O Insalubres
3. Reutilización Del Edificio Y De Los Materiales
4. Evaluación Del Ciclo De Vida Del Edificio Completo

Este crédito identifica varias estrategias para reducir el daño infligido al medio ambiente durante el ciclo de vida completo de un edificio: restaurar los edificios existentes, reutilizar los componentes del edificio y reducir la huella ambiental mediante la evaluación del ciclo de vida (ECV).

Crédito de Transparencia y Optimización de los Productos de Construcción - Declaración Ambiental de Productos: El propósito de este crédito es fomentar el uso de productos y materiales cuya información relativa al ciclo de vida esté disponible y que tengan impactos del ciclo de vida preferibles desde un punto de vista medioambiental, económico y social. Recompensar a los equipos de proyecto por seleccionar productos de fabricantes que hayan verificado la mejora de los impactos ambientales del ciclo de vida. Para poder conseguir el crédito se puede optar por las siguientes opciones:

1. Declaración Ambiental de Producto (DPA en español o EPD en inglés)
2. Optimización por atributos múltiples

Crédito de Transparencia y Optimización de los Productos de Construcción - Fuentes de Materias Primas : El fin de este crédito es fomentar el uso de productos y materiales

cuya información relativa al ciclo de vida esté disponible y que tengan impactos del ciclo de vida preferibles desde un punto de vista medioambiental, económico y social. Recompensar a los equipos de proyecto que seleccionen productos que demuestren haber sido extraídos o adquiridos de forma responsable.

Los requisitos para poder ganar los puntos que otorga este crédito son:

1. Información sobre adquisición y Extracción de materias primas
2. Prácticas Líder de Extracción

Crédito de Transparencia y Optimización de Productos de Construcción - Ingredientes de los Materiales : El propósito de este crédito es fomentar el uso de productos y materiales cuya información relativa al ciclo de vida esté disponible y que tengan impactos del ciclo de vida preferibles desde un punto de vista medioambiental, económico y social. Recompensar a los equipos de proyecto que seleccionen productos cuyos ingredientes químicos se hayan inventariado usando una metodología aceptada y que demuestren minimizar el uso y la generación de sustancias dañinas. Recompensar a los fabricantes de materias primas que fabriquen productos que demuestren tener impactos de ciclo de vida mejorados.

Los requisitos que solicita el crédito son los siguientes:

1. Informes De Ingredientes De Los Materiales
2. Optimización De Los Ingredientes De Los Materiales
3. Optimización De La Cadena De Suministro Del Fabricante Del Producto

El ACV está presente en todos los créditos mencionados, desde el análisis del edificio completo (existente) hasta la fuente de los ingredientes de los productos y materiales con el que se construirá una edificación. De realizarse un esfuerzo adicional, estos créditos pueden obtenerse si se priorizan desde el inicio del diseño.

## COMISIONAMIENTO

*Información existente:*

### REQUISITOS

El comisionamiento (Cx) es un proceso de calidad enfocado a mejorar la entrega/recepción de un proyecto. El Cx se centra en evaluar y documentar que todos los sistemas e instalaciones sometidas al proceso, están planificadas, diseñadas, instaladas, probadas, operadas y mantenidas cumpliendo los Requerimientos del Proyecto (OPR).

El Cx comienza en la concepción del proyecto durante la fase de prediseño y continúa a lo largo de la vida útil del edificio como lo es la fase de ocupación y funcionamiento. Este estándar puede aplicarse tanto a proyectos de nueva construcción como de renovación de edificios. El Cx incluye tareas específicas enfocadas a verificar si el diseño, montaje, pruebas, documentación y formación cumplen los OPR.

Este estándar describe el alcance mínimo del Cx necesario para facilitar un enfoque consistente, integrado y uniforme tanto en la entrega/ recepción de proyectos como para la aportación de la información necesaria con el fin de que el Personal/Contratista de O & M del Propietario pueda administrar y conservar los edificios cumpliendo los OPR.

El Cx es un método de calidad adoptado por el Tecnológico de Monterrey con el objetivo de conseguir proyectos de construcción y renovación de éxito. No se trata simplemente de añadir una actividad adicional a la fase de construcción ni a la administración del proyecto. Su objetivo principal es reducir los costos y riesgos asociados a la entrega/recepción del proyecto e incrementar el valor del edificio para beneficio de la Institución y los usuarios.

El Cx detallado en este estándar es el resultado de la experiencia adquirida en proyectos donde los sistemas e instalaciones correspondientes funcionan correctamente desde el primer día que el proyecto se entrega al Propietario y con costos reducidos en su entrega/ recepción y operación futura.

Debido a la integración de los sistemas de un edificio, las deficiencias en el desempeño de un sistema concreto pueden afectar negativamente al funcionamiento de otros

sistemas. La implementación del Cx tiene por objeto reducir las inversiones necesarias una vez concluido el periodo de garantía y también reducir el costo del ciclo de vida del edificio. Utilizando este proceso integrado puede obtenerse un edificio perfectamente ajustado y funcional y una documentación completa de sus sistemas e instalaciones con un personal de O&M adecuadamente formado.

Hay que hacer especial énfasis en la documentación de los OPR en la fase de concepción del proyecto y la adecuada transferencia de esta información de una fase a la siguiente. Los proyectos deben adoptar el Cx para lograr que sus objetivos y criterios se vayan cumpliendo desde el comienzo del proyecto y no esperar a que el edificio esté ocupado para comprobar que se cumplen o, peor todavía, que no se cumplen.

El comienzo de Cx en la fase de concepción inicial y prediseño puede permitir maximizar beneficios.

### **1. OBJETIVO**

El objetivo de este estándar es establecer el alcance mínimo de un proceso de comisionamiento para edificios y sistemas.

### **2. ALCANCE**

Este estándar facilita los procedimientos, métodos y requisitos de documentación para cada actividad de entrega del proyecto desde la fase de prediseño hasta la de ocupación y funcionamiento, incluyendo:

- a. Resumen de las Actividades de Cx.
- b. Descripción del alcance mínimo de las actividades de cada etapa del proceso.
- c. Requisitos mínimos de documentación.
- d. Requisitos de conformidad.

### **3. DEFINICIONES**

- Actividades de Cx: componentes del proceso de comisionamiento.
- Bases de Diseño (BOD): documento que contiene los criterios, cálculos, decisiones y selección de equipos y materiales para cumplir con los Requerimientos del Proyecto (OPR) y con la normativa, códigos, estándares y directrices aplicables y vigentes. Este documento incluye

tanto las descripciones como los listados de elementos individuales en apoyo al proceso de diseño. (Basis of Design).

- Comisionamiento de puesta en marcha: verificación y documentación de los equipos e instalaciones, su suministro y estado, su instalación, su funcionamiento adecuado conforme a las especificaciones del fabricante y a la documentación de proyecto para cumplir con los criterios definidos en los OPR. (Commissioning Testing)
- Conformidad: acción formal realizada por una persona u organismo autorizado (definido contractualmente o no) con el fin de declarar que algún(os) aspecto(s) del proyecto cumple(n) los requisitos definidos, permitiendo que el proceso prosiga con la actividad siguiente. (Acceptance)
- Cx: abreviatura de Comisionamiento.
- Comisionamiento (Cx): es un proceso de calidad enfocado a mejorar la entrega/recepción de un proyecto. El Cx se centra en verificar y documentar que todos los sistemas e instalaciones sometidas al proceso están planificadas, diseñadas, instaladas, probadas, operadas y mantenidas cumpliendo los OPR (Commissioning).
- Comisionamiento de Edificios Existentes (EECx): proceso de calidad enfocado a lograr el cumplimiento de los CFR de un edificio existente y de sus sistemas e instalaciones. El proceso se centra en planificar, auditar, implantar, verificar y documentar que el edificio y/o sus sistemas e instalaciones funcionan y se mantienen cumpliendo los CFR, con un programa asociado para mantener las mejoras implantadas durante el resto de la vida útil del edificio. (Existing Building Commissioning Process)
- Comisionamiento Continuo (CCx): continuidad del Cx en la fase de ocupación y funcionamiento del edificio con el fin de mejorar su desempeño y para verificar que se siguen cumpliendo los CFR o los OPR. Las actividades del CCx se siguen realizando durante toda la vida útil del edificio. Algunas se implantan casi inmediatamente después de la

ocupación, otras se programan y otras se ejecutan en función de su necesidad. (Ongoing Commissioning Process)

- **Cruce de Ingenierías:** Planos que muestran las diferentes disciplinas para ilustrar que el equipo se puede instalar en el espacio asignado sin comprometer la función del equipo o el acceso para mantenimiento y reemplazo. Estos planos ilustran gráficamente y dimensionan los espacios de mantenimiento recomendados por los fabricantes. (Coordination Drawings)
- **Documentos Contractuales:** incluyen una amplia variedad de documentos que varían de un proyecto a otro, según las necesidades del Propietario, la normativa aplicable y la jurisdicción vigente. Pueden incluir acuerdos de precios, procesos de gestión del proyecto, acuerdos o requisitos de subcontratación, procedimientos y requisitos de entregas, cambios y otros requisitos de construcción, plazos y los Documentos de Montaje. (Contract Documents).
- **Documentos de Montaje:** incluyen una amplia variedad de documentos que varían de un proyecto a otro, según las necesidades del Propietario, la normativa aplicable y la jurisdicción vigente. Suelen incluir los documentos de proyecto (especificaciones), los planos y los términos y condiciones generales del contrato. (Construction Documents)
- **Equipo de Comisionamiento:** Los individuos y agencias, quienes, a través de acciones coordinadas, son responsables de implementar el Proceso de Comisionamiento. (Commissioning Team)
- **Equipo de Construcción:** consiste en el conjunto de profesionales responsables de proporcionar los materiales, los equipos y la mano de obra para montar los sistemas e instalaciones del proyecto. Cuando un proyecto de construcción sigue un enfoque de diseño/construcción, el Equipo de Construcción incluye profesionales de diseño colegiados que forman parte del Equipo de Diseño.

- Equipo de Diseño: ingenieros profesionales colegiados responsables de generar y entregar un conjunto completo de documentos del proyecto de nueva construcción o renovación de un edificio.
- Equipo del Proyecto: miembros seleccionados procedentes de todos los equipos definidos en este estándar. El Equipo del Proyecto debe disponer de una sala para la coordinación de actuaciones y la comunicación de información entre todos aquellos que están implicados en el proyecto y en las Actividades de Cx.
- Equipo del Proveedor de Servicios de Cx (Equipo CxP): equipo de especialistas y personal de apoyo correspondiente responsable de la gestión de las acciones y de la generación de entregables por parte del CxP como se describe en el contrato entre el Propietario y el CxP así como en el Plan de Cx. El Equipo CxP puede estar formado por varias compañías, incluidos subcontratistas del CxP que actúan como contacto con el Propietario.
- Guía del Edificio (FG): descripción básica de los sistemas e instalaciones del edificio y su plan de funcionamiento, incluyendo los procedimientos generales y las condiciones operativas, consignas, programas, horarios y los procedimientos operativos específicos para que el edificio funcione correctamente. (Facility Guide).
- Informe de Avance de Cx: documento que detalla las actividades completadas del Cx y sus conclusiones más significativas. Se actualiza continuamente durante el proyecto. (Commissioning Progress Report).
- Informe Final de Cx: documento que registra las actividades y resultados del Cx. Se desarrolla a partir de la versión final del Plan de Cx, incluyendo todos sus anexos. (Final Commissioning Report).
- Listas de verificación: listados de verificaciones específicas y concretas del proyecto desarrolladas y utilizadas durante todas las fases de Cx para comprobar que se cumplen los OPR. Estas listas se utilizan con el fin de realizar verificaciones generales, pruebas, capacitación y confirmar el cumplimiento de otros requisitos de diseño e instalación. (Checklists).

- Listas de verificación de diseño: formato desarrollado por el Equipo CxP para verificar que los elementos constitutivos del diseño permiten cumplir los OPR. (Design Checklist).
- Listas de verificaciones de montaje: formato desarrollado por el Equipo del Proyecto para verificar que los materiales y componentes adecuados están disponibles en obra para su instalación, que están correctamente instalados y que están funcionando cumpliendo los OPR. (Construction Checklist).
- Manual de Sistemas: documento enfocado a cada uno de los sistemas, que incluye la documentación de diseño e instalación, la Guía del Edificio (FG), los manuales de operación y mantenimiento, el Plan de Capacitación, los resultados y registros del Cx así como cualquier información adicional útil para el Propietario durante la fase de ocupación y funcionamiento. (systems manual).
- Muestreo: proceso para evaluar una muestra de la población total. Se basa en una distribución de probabilidades estimada o conocida de los valores previstos. Se asume una distribución estadística basada en datos de un componente, equipo o sistema similar o un muestreo aleatorio que tenga una base estadística científica.
- Plan de Cx: documento que describe la organización, objetivos, programa y asignación de recursos, así como los requisitos de documentación de Cx. (Commissioning Plan).
- Plan de Capacitación: documento que detalla los alcances, programa, duración y entregables de las Actividades de Cx asociadas a la formación del personal de operación y mantenimiento, también de los usuarios y ocupantes. (Training Plan)
- Procedimiento de prueba: protocolo escrito que define los métodos, el personal y las expectativas sobre los resultados de las pruebas sobre componentes, equipos, instalaciones, sistemas e interfaces para verificar su cumplimiento con los OPR. (Test Procedure)

- Propietario: se refiere al Tecnológico de Monterrey y/o a la persona o empresa que se designe como líder del proyecto en particular que ha de aplicarse el Cx.
- Proveedor de Servicios de Comisionamiento (CxP): entidad designada por el Propietario, que lidera, planifica, programa y coordina el Equipo Cx para implantar el Cx.
- Prueba de desempeño (PT): proceso que verifica que un material, equipo, instalación o sistema cumple con los criterios definidos de desempeño. Los métodos y condiciones bajo las que las prestaciones se verifican se describen en uno o más protocolos de pruebas. (Performance Test).
- Re Comisionamiento (RCx): aplicación de los requisitos de Cx a un edificio o sistema que fue previamente sometido a un Proceso Cx. (Re-Commissioning).
- Registro de anomalías y su resolución: registro formal y actualizado de incidencias o anomalías encontradas y su resolución, recopilado por miembros del Equipo CxP durante el Cx. (Issues and Resolution Log).
- Requerimientos Actuales del Edificio (CFR): documento en el que se detallan los requisitos funcionales de un edificio existente y sus expectativas sobre cómo debe utilizarse y gestionarse. Debe incluir objetivos, indicadores medibles de rendimiento, consideraciones de costo, referencias, criterios de éxito e información de apoyo para cumplir con los requisitos de los ocupantes, de los usuarios y del Propietario. (Current Facility Requirements).
- Requerimientos del Proyecto (OPR): documento que detalla los requisitos funcionales del proyecto, de un edificio y de las expectativas sobre cómo debe utilizarse y operarse. Debe incluir objetivos, indicadores medibles de rendimiento, consideraciones de costo, referencias, criterios de éxito, requisitos de formación y de documentación e información de apoyo. (Owner's Project Requirements).

- Retro Comisionamiento (ReCx): aplicación de los requisitos de Cx a un edificio existente que no fue previamente sometido a un Proceso Cx. (Retro-Commissioning).
- Revisión del Diseño respecto a códigos o normativa: revisión de los documentos de diseño llevada a cabo por personal propio o entidad designada como organismo autorizado para determinar que el contenido de los mencionados documentos cumple con los códigos, normativa y otros requisitos administrados jurídicamente. (Design Review – Code or Regulatory).
- Revisión por pares del diseño: revisión técnica, objetiva e independiente del diseño de un proyecto completo o de una parte, llevada a cabo en fases específicas de su desarrollo por uno o más profesionales cualificados con el objetivo de mejorar la calidad del diseño. (Design Review – PEER).
- Revisión del Diseño - Comisionamiento: revisión de los documentos de diseño para determinar el cumplimiento de los OPR, incluida la coordinación entre los sistemas y ensamblajes que se están comisionando, las características y el acceso para las pruebas, la puesta en servicio y el mantenimiento, y otras revisiones requeridas por la OPR y el Plan de Comisionamiento. (Design Review – Commission- ing).
- Revisión de la capacidad constructiva del diseño: revisión de la integración efectiva y oportuna de los conocimientos constructivos en la concepción, planificación, diseño, montaje y funcionamiento del proyecto de un edificio con el fin de alcanzar, con precisión y eficiencia, sus objetivos en términos de costos y de reducción o prevención de errores, retrasos o sobrecostos. (Design Review – Constructability).
- Verificación: proceso por el que los documentos específicos, componentes, equipos, instalaciones, sistemas e interfases y sus prestaciones se confirman respecto a los criterios establecidos en los OPR. (Evaluation).

#### 4. APLICACIÓN

4.1. Introducción. Este estándar puede aplicarse para la entrega de todos los sistemas e instalaciones de un edificio o de una selección de los mismos. El alcance dependerá de cómo se diseñe y construya el edificio y de cómo se precise que funcione. El alcance debe estar descrito en los OPR, en los documentos contractuales y en el Plan de Cx y desarrollarse en base al Cx definido y contratado.

El proceso descrito en este estándar se aplica a proyectos genéricos y debe adaptarse a cada proyecto específico. Este estándar describe el Cx y puede utilizarse junto con otros documentos técnicos y directrices que describan detalles específicos para una correcta implantación de Cx en edificios, sistemas e instalaciones específicas. Este estándar puede aplicarse tanto a edificios nuevos como existentes.

#### 4.2. Requisitos

4.2.1. Los requisitos de este estándar son los siguientes:

- a. Establecer el menor número de actividades para implantar el Cx en la concepción, diseño, construcción, funcionamiento y modificación física de edificios, sistemas e instalaciones.
- b. Establecer el proceso y secuencia de actividades.
- c. Establecer los entregables y la documentación para la aplicación del proceso.

4.2.2. Actividades de Cx y Entregables.

**Tabla 25.**

| Actividad de Cx   | Documento Entregable                        |
|---|---|
| Inicio del Comisionamiento  | Definición de funciones y responsabilidades |
| Definir los requerimientos del proyecto                                   | Requerimientos del proyecto (OPR)           |
| Desarrollar el Plan de Cx   | Plan de Cx                                  |
| Establecer los requisitos para satisfacer los requerimientos del proyecto | Bases del Diseño (BOD)                      |
| Establecer los requisitos para el proveedor de Cx                         | Especificaciones de Cx                      |

|   |  |
|---|--|
| Revisión del Diseño respecto a los requerimientos | Informe de Revisión del Diseño                               |
| Revisión de Submittals                            | Informe de Revisión de Submittals                            |
| Verificaciones y Pruebas                          | Informes y listas de verificaciones de instalación y pruebas |
| Resolución de Anomalías                           | Registro de anomalías y su resolución                        |
| Preparación de los Manual de Sistemas             | Manual de Sistemas   |
| Coordinar la capacitación                         | Planes y registros de capacitación                           |
| Funcionamiento post ocupacional                   | Informe de Cx al fin período de garantía                     |
| Preparar informe de comisionamiento               | Informe final de Cx  |

#### 4.3. Conformidad

El proceso para cada actividad y entregable debe incluir una acción de conformidad tal y como se describe en los OPR y se refleja en los documentos contractuales y en el Plan de Cx correspondiente. Esta etapa debe formalizar la aceptación de CX por parte del Propietario. Bajo el alcance de este estándar, el CxP no puede aceptar trabajos de diseño o de instalación en nombre del Propietario.

## 5. COMIENZO DEL COMISIONAMIENTO

### 5.1. Generalidades

5.1.1. Introducción. En el comienzo de Cx, el Propietario es responsable de determinar el alcance de Cx, es decir, los sistemas e instalaciones a incluir, seleccionando al proveedor de servicios de Cx (CxP) para el proyecto, garantizando que las Actividades de Cx se incorporan a los acuerdos del equipo del proyecto que definen las funciones y responsabilidades de sus miembros, estableciendo un presupuesto para el Cx y desarrollando los Requerimientos del Proyecto (OPR).

5.1.2. El Propietario es responsable de seleccionar miembros calificados para formar el Equipo del Proyecto. El CxP lidera el Cx y debe actuar como un abogado objetivo para el Propietario.

5.1.3. Dirección y Conformidad. El Propietario debe dirigir, revisar y validar las actuaciones requeridas a lo largo del proyecto y por el Cx.

## 5.2. Requisitos de Cx

5.2.1. Funciones y Responsabilidades. El Propietario debe incluir en los contratos del Equipo de Diseño y del Equipo de Construcción sus funciones y responsabilidades dentro del Cx.

5.2.2. Requerimientos del Proyecto (OPR). Para proyectos de nueva construcciones o renovación integral, el Propietario debe comprometerse al desarrollo de los OPR como se describe en la Sección 6 de este estándar, previamente al desarrollo del proyecto arquitectónico. El Propietario debe solicitar la última versión aprobada de los OPR en la recepción provisional del proyecto.

5.2.3. El Plan de Cx. El Propietario debe solicitar el desarrollo del Plan de Cx, como se describe en la Sección 7 de este estándar, y los documentos asociados que definen las funciones y responsabilidades del Equipo del Proyecto, los protocolos de comunicación, los procedimientos del Cx, la documentación, las actividades y su planificación.

5.2.4. Listas de Verificación. Por acuerdo, el Propietario debe solicitar al Equipo de Proyecto, incluyendo al Proveedor de Servicios de Cx (CxP) y a los consultores y contratistas de los servicios de diseño e instalación, que desarrollen, apliquen y completen los procedimientos, observaciones y listas de verificaciones y pruebas de Cx, conforme al Plan de Cx.

5.2.5. Documentación de las Bases de Diseño. Para proyectos de construcción o renovación que requieren un diseño, se acuerda que el Propietario debe solicitar, el desarrollo y actualización de las Bases de Diseño (BOD) al Equipo de Diseño, tal y como se describe en la Sección 8 de este estándar.

5.2.6. Especificaciones de Cx. Para proyectos de construcción o renovación que requieren un diseño, se acuerda que el Propietario debe

solicitar al Equipo de Diseño y al de Construcción incluir las Especificaciones de Cx en los documentos contractuales del proyecto previamente a la solicitud de oferta formal a los contratistas o empresas de gerencia de construcción licitantes. Las Especificaciones Cx deben incluir las funciones y responsabilidades de cada miembro del Equipo del Proyecto y los requisitos y procedimientos asociados a cada entrega, la documentación a desarrollar y los requisitos de capacitación, los procedimientos de pruebas y los criterios de conformidad, tal y como se definen en los OPR que aplican a las partes contratadas y que el Equipo del Proyecto sigue para ejecutar el Plan de Cx. El Equipo del Proyecto debe incluir los requisitos de pruebas y verificaciones en la especificación del Alcance de Cx.

5.2.7. Revisiones del Diseño. Para el diseño de proyectos de construcción o renovación, el Propietario debe solicitar que el Equipo de Diseño revise, responda y participe en las actividades de resolución de anomalías identificadas en el informe de Revisión del Diseño definido en la Sección 10 de este estándar. El Propietario o su representante deben revisar los comentarios a este informe, opinar y participar en las actividades de resolución de posibles anomalías con instrucciones y directrices claras al equipo con el objetivo de cumplir los OPR.

5.2.8. Revisión de Submittals de Construcción. Para los proyectos de construcción o renovación que requieran diseño y/o submittals, el Propietario debe solicitar que los submittals de construcción de sistemas e instalaciones sometidas al Cx sean revisados de acuerdo con la Sección 11 de este estándar.

5.2.9. Verificaciones y Pruebas. El Propietario debe solicitar que las verificaciones y pruebas del proyecto sean realizadas y documentadas tal y como se requiere en los documentos contractuales y en el Plan de Cx.

5.2.10. Registro de Anomalías y su Resolución e Informes de Avance de Cx. El Propietario debe solicitar la elaboración y uso de los Informes de

Avance de Cx y de los registros de anomalías y su resolución tal y como se requiere en los OPR y en la Sección 13 de este estándar. El Propietario debe revisar el registro de anomalías y su resolución y los Informes de Avance de Cx, así como participar con los equipos correspondientes en las actividades de resolución de posibles anomalías con instrucciones y directrices claras cuando así se requiera.

5.2.11. Manual de Sistemas. El Propietario debe solicitar la elaboración y entrega del Manual de Sistemas del proyecto y que la información precisa para su preparación se entregue de acuerdo con la Sección 14 de este estándar. El Propietario debe asegurarse que existan entidades específicamente designadas para el desarrollo y confección del Manual y la Guía del Edificio.

5.2.12. Capacitación. El Propietario debe solicitar que el Equipo del Proyecto, incluyendo el Equipo de Diseño y el de Construcción, lleve a cabo la capacitación especificada en los OPR, en los documentos contractuales y en el Plan de Cx.

5.2.13. Ocupación Inicial y Funcionamiento. El Propietario del proyecto debe solicitar que las Actividades de Cx descritas en la Sección 16 de este estándar, sean realizadas. Esto debe incluir sesiones adicionales de capacitación, pruebas estacionales, resolución de anomalías, visitas a obra, planos actualizados, especificaciones y otros requisitos a implantar durante la Fase Inicial de Ocupación y Funcionamiento definida en los OPR, en los documentos contractuales y en el Plan de Cx.

5.2.14. Comisionamiento al Final del Periodo de Garantía. El Propietario debe solicitar:

- a. La realización de las Actividades de Cx asignadas al CxP durante el periodo de garantía.
- b. La actualización del Manual de Sistemas basada en las modificaciones de las prestaciones operativas para cumplir con los OPR.

- c. La actualización de los OPR con respecto a los cambios en los criterios y objetivos del Propietario.

5.2.15. Informe de Avance de Cx. El Propietario debe solicitar la elaboración y entrega de los Informes de Avance del Cx de acuerdo con la Sección 17 de este estándar. El Propietario debe asegurarse que existan entidades específicamente designadas para el desarrollo y confección de los Informes de Avance de Cx.

## 6. REQUERIMIENTOS DEL PROYECTO

6.1 Introducción. Los Requerimientos del Proyecto (OPR) constituyen la base para el diseño, construcción, ocupación y funcionamiento del edificio y también para la elaboración del Plan de Comisionamiento. El documento de los OPR evoluciona a lo largo de cada proyecto y es la herramienta principal de éxito para verificar y contrastar la calidad en la entrega de todas las fases del proyecto y durante la vida útil del edificio.

### 6.2 Requisitos

6.2.1 Durante la Fase de Prediseño, el Propietario junto con el Equipo del Proyecto, debe desarrollar y documentar los OPR.

6.2.2 El documento de los OPR debe enumerar y definir los sistemas e instalaciones que se someterán a Cx, incluyendo una tasa de Muestreo aprobada por el Propietario. Las prestaciones de proyecto de estos sistemas e instalaciones deben definirse junto con los criterios de conformidad.

6.2.3. El documento de los OPR debe aportar la siguiente información respecto a los sistemas objeto de Cx:

- a. Objetivos del edificio, tamaño, emplazamiento, requisitos del usuario y directrices del Propietario.
- b. Objetivos y referencias de los aspectos medioambientales, de sostenibilidad y de eficiencia.
- c. Requisitos del ambiente interior, incluyendo temperatura, humedad y ventilación.
- d. Dedicación de espacios, tipo de ocupación y horarios.

- e. Requisitos y Alcance del Cx claramente definidos
- f. Requisitos, expectativas y garantías de los equipos, sistemas e instalaciones.
- g. Requisitos de prestaciones funcionales, accesibilidad y mantenimiento.
- h. Requisitos de verificación de montaje y pruebas.
- i. Requisitos y formatos del Manual de Sistemas, de los Informes de Avance de Cx y de la documentación del proyecto.
- j. Requisitos de capacitación para el Personal de O&M del Propietario, para el personal de intervención en caso de emergencias y para los ocupantes, incluyendo el nivel de capacitación requerido, las cualificaciones de los instructores y los requisitos de documentación.
- k. Requisitos de hitos de entrega de las BOD por el Equipo de Diseño.
- l. Códigos y estándares aplicables así como la normativa local de edificación.
- m. Planificación del proyecto.
- n. Requisitos especiales del proyecto.
- o. Índice, estructura e hitos de entrega de las BOD durante las fases de diseño y construcción.
- p. Numeración, formato e hitos de entrega de las revisiones de diseño.
- q. Procedimientos aprobados de Muestreo para todas las revisiones, verificaciones y pruebas.
- r. Formatos e hitos de distribución y entrega de los Informes de Avance del Cx.

6.2.4 Los OPR deben incluirse en los documentos contractuales como anexos o como solicite el Propietario en los requisitos contractuales.

6.2.5 Los OPR deben actualizarse con la regularidad que solicite el Propietario.

### 6.3. Conformidad

6.3.1 Los OPR deben ser revisados por el CxP y aprobados por el Propietario durante la fase de prediseño. Las actualizaciones de los OPR durante la ejecución de las actividades del proyecto, deben ser formalmente aprobadas por el Propietario.

## 7. PLAN DE COMISIONAMIENTO

7.1. Introducción. El Plan de comisionamiento debe ser un documento estructurado que facilite los requisitos de documentación y las herramientas de verificación y documentación para el cumplimiento del diseño, construcción y funcionamiento del edificio y de sus sistemas e instalaciones con los OPR.

### 7.2. Requisitos

7.2.1 Al comienzo del proyecto, el CxP debe desarrollar el Plan de Cx inicial con apoyo del Equipo de Proyecto del Propietario. El Plan de Cx debe actualizarse y ampliarse durante las fases de diseño y construcción, a medida que el proyecto avanza.

7.2.2 Una copia del Plan de Cx final debe incluirse en el Informe Final de Cx.

7.2.3 El Plan de Cx debe incluir la siguiente información:

- a. Resumen de las Actividades de Cx desarrolladas específicamente para el proyecto.
- b. Responsabilidades y funciones del Equipo del Proyecto a lo largo del mismo.
- c. Documentación de los canales generales de comunicación, incluyendo la distribución del Plan de Cx durante las fases de diseño y construcción.
- d. Descripción de los detalles y del programa de las Actividades de Cx.
- e. Documentación y procedimientos de verificación del diseño del proyecto.
- f. Descripción general de las Actividades de Cx durante las fases de diseño, construcción y ocupación y funcionamiento.

- g. Directrices y formatos que se utilizarán para desarrollar la documentación del Cx, incluyendo el Manual de Sistemas y los planes de capacitación.
- h. Listado de documentos y formatos para la Revisión del Diseño, las listas de verificación y fichas de pruebas, el registro de anomalías y su resolución y los Informes de Avance de Cx que se utilizarán durante el proyecto para comunicar y monitorizar la información crítica asociada a las Actividades de Cx.
- i. Listado de los sistemas e instalaciones del proyecto a someterse al Cx y descripción de los procedimientos de verificación.
- j. Marco de referencia para los procedimientos a aplicar cuando la evaluación de Cx detecta incumplimientos de los OPR.

### 7.3. Conformidad

- 7.3.1. El Plan Cx debe ser aprobado por el Propietario e incluir un proceso de aprobación de las revisiones posteriores.

## 8. BASES DE DISEÑO

8.1. Introducción. Las Bases de Diseño (BOD) es un documento que debe facilitar información detallada del enfoque del Equipo de Diseño para cumplir los OPR, proporcionando al Propietario una mejor interpretación de los aspectos del diseño y una mayor seguridad en la aprobación de las decisiones críticas de diseño.

### 8.2 Requisitos.

8.2.1 Las BOD deben ser desarrolladas por el Equipo de Diseño de acuerdo con los Requerimientos del Proyecto (OPR). Las BOD deben actualizarse y ampliarse a medida que avanzan las fases de construcción y diseño. Las funciones de las BOD deben ser las siguientes:

- a. Describir los sistemas e instalaciones del edificio que el Equipo del Proyecto propone para cumplir con los OPR y conseguir la aprobación del Propietario.

- b. Describir en detalle el enfoque técnico del Equipo de Diseño para cada uno de los Requerimientos del Proyecto y que son parte del Alcance de Cx.
- c. Proporcionar un base para la Revisión del Diseño y de sus cambios a medida que el proyecto avanza.
- d. Coordinar los requisitos técnicos y la normativa aplicable.

8.2.2 El Equipo de Diseño debe presentar las BOD al Propietario y al Proveedor de los Servicios Cx (CxP) para su revisión en cada hito definido en los OPR y en el Plan de Cx.

8.2.3 El Propietario y el CxP deben evaluar cada entrega de las BOD para:

- a. El diseño e hipótesis de diseño cumpliendo con los OPR.
- b. Los requisitos de actualización de las BOD.
- c. Los requisitos de objetivos sostenibles de diseño y de certificaciones, cuando así se requiera.
- d. Las consideraciones alternativas de diseño en cada fase.
- e. Los requisitos de localización y montaje de sistemas, instalaciones y equipos respecto a su puesta en servicio y mantenimiento.
- f. Las oportunidades de mejora del funcionamiento y rendimiento.

8.2.4 El CxP debe documentar y monitorizar los aspectos asociados a las BOD utilizando el registro de anomalías y su resolución, incluyendo aquellas identificadas por el Propietario y miembros del propio Equipo de Diseño.

8.2.5 El Equipo de Diseño debe trabajar coordinadamente con el Propietario y con el CxP para resolver las anomalías detectadas dentro del Alcance de Cx.

### 8.3 Conformidad

8.3.1 Cada entrega de las BOD debe ser formalmente revisada y validada por el Propietario para proseguir con la etapa siguiente del proceso de diseño.

## **9. REQUISITOS DE COMISIONAMIENTO PARA CONTRATISTAS, PROVEEDORES Y FABRICANTES**

9.1 Introducción. Las responsabilidades de los contratistas, proveedores y fabricantes, incluidas las entidades contratadas directamente por el Propietario deben seguir los documentos contractuales, incluyendo las Actividades de Cx y los procedimientos definidos en las Especificaciones de Cx.

### **9.2 Requisitos**

9.2.1 Las Especificaciones de Cx deben desarrollarse para todos los sistemas e instalaciones que van a someterse a un Cx y deben incluirse en los documentos contractuales.

9.2.2 Las Especificaciones de Cx aplicables y los requisitos deben incluirse en todos los contratos con contratistas, subcontratistas, suministradores, proveedores de servicios y fabricantes para todos los sistemas e instalaciones que van a someterse a Cx.

9.2.3 Los contratistas, subcontratistas, suministradores, proveedores de servicios y fabricantes deben aportar la documentación definida en los documentos contractuales. Ejemplos de estos incluyen entregas, planos as-built, informes de montaje, calendario de las sesiones y material de capacitación O&M y los documentos de finalización de trabajos, de cumplimiento de normativa y de las condiciones operativas finales entregadas.

### **9.3 Conformidad**

9.3.1 El Propietario debe aprobar las Especificaciones de Cx incluidas en los documentos contractuales.

## **10. REVISIÓN DEL DISEÑO**

10.1 Introducción. La Revisión del Diseño debe realizarse para evaluar el cumplimiento de los Requerimientos del Proyecto (OPR).

### **10.2 Requisitos**

10.2.1 El CxP debe realizar una revisión de la factibilidad del Cx de los sistemas e instalaciones en los documentos de diseño para evaluar su conformidad respecto a los OPR. La Revisión del Diseño debe completarse y las anomalías detectadas quedar resueltas antes de emitirse los documentos contractuales para los sistemas a someterse a Cx. Los OPR y el Plan de Cx deben definir las tasas de Muestreo para la Revisión del Diseño.

10.2.2 El CxP debe realizar la Revisión del Diseño, como se establece en el Alcance de Cx y elaborar los correspondientes informes con comentarios, recomendaciones, clarificaciones y observaciones en el Informe de Avance de Cx para el Propietario y para el Equipo de Diseño, verificando el cumplimiento con los OPR.

10.2.3 El Equipo de Diseño, el Propietario y/o otras partes responsables deben contestar a la Revisión del Diseño del CxP con las respuestas adecuadas y acordar las revisiones precisas de los documentos del diseño del proyecto. Una vez esto realizado, el CxP debe volver a revisar estos documentos. Cualquier anomalía no resuelta debe comunicarse al Propietario para que actúe en consecuencia sobre el Equipo de Proyecto y el de Diseño.

10.2.4 Una copia de los informes y respuestas de la Revisión del Diseño deben incluirse en el Informe Final de Cx.

### 10.3 Conformidad

10.3.1 El Propietario debe aprobar el informe de Revisión del Diseño y las respuestas del Equipo de Diseño antes del inicio de la fase de construcción.

## 11. REVISIÓN DE SUBMITTALS

11.1 Introducción. Para proyectos de construcción o renovación con submittals por parte del contratista y/o del proveedor, debe realizarse una revisión de estos documentos para los sistemas e instalaciones sometidos a Cx, con el fin de evaluar el cumplimiento de los Requerimientos de Proyecto (OPR).

11.2 Requisitos

11.2.1 Los miembros designados del Equipo de Proyecto deben revisar los submittals de proyecto para los sistemas e instalaciones sometidos a Cx con respecto al cumplimiento de los OPR.

11.2.2 El Proveedor de Servicios de Cx (CxP) debe identificar los submittals de construcción entregados por el contratista respecto a los sistemas sometidos a Cx.

11.2.3 El CxP debe revisar los submittals de construcción al mismo tiempo que el Equipo de Diseño y aportar comentarios al mismo.

11.2.4 El Equipo de Diseño debe considerar y atender los comentarios aportados por el CxP y dar instrucciones al contratista de acuerdo con su mejor juicio profesional. Una copia de estas instrucciones debe facilitarse al CxP.

11.2.5 En el caso que el Propietario no retenga al Equipo de Diseño durante la fase de construcción, el Propietario debe asumir lo siguiente:

- a. Solicitar al CxP la revisión de los submittals de construcción para los sistemas sometidos a Cx al mismo tiempo que el Propietario o su representante debe realizar y aportar comentarios.
- b. Considerar los comentarios del CxP y dar instrucciones directamente a los contratistas de acuerdo con su mejor juicio profesional del Propietario. Una copia de estas instrucciones debe proporcionarse al CxP.

11.2.6 El informe de la revisión de submittals debe incluir un listado de los mismos, la fecha de revisión y un resumen de aquellos materiales y equipos que aparentemente no cumplen con los OPR. Cualquier proceso de muestreo de revisión de submittals aplicado debe estar de acuerdo con los OPR y el Plan de Cx.

11.2.7 Una copia de los informes de revisión de los submittals y su respuesta deben incluirse en el Informe Final de Cx.

### 11.3 Conformidad

11.3.1 El CxP debe mantener un registro de todas las revisiones Cx de los submittals y enviar un informe al Propietario y al Equipo de Diseño en

fase de construcción. Se establece que cualquier documento revisado que no cumpla con los OPR debe comunicarse inmediatamente a el Propietario para que proceda a aceptar o rechazar el sistema o equipo.

## 12. VERIFICACIONES DE INSTALACIÓN Y PRUEBAS

12.1 Introducción. Deben verificarse la correcta instalación, la coordinación, las pruebas y la interactividad entre los sistemas e instalaciones sometidas a Cx.

### 12.2 Requisitos

12.2.1 Los sistemas e instalaciones que van a someterse a Cx, identificadas en los Requerimientos del Proyecto (OPR) y en el Plan Cx, deben confirmarse que cumplan con los OPR y con los documentos contractuales.

12.2.2 Las listas de verificación o checklist y los procedimientos de pruebas con los formatos de informes necesarios deben desarrollarse previamente y utilizarse durante el montaje de los equipos e instalaciones. Todas las listas de verificaciones e informes de pruebas deben incluirse en el Informe Final de Cx.

- a. Las listas de verificaciones de montaje y los procedimientos de pruebas deben elaborarse para su revisión por el Propietario y por otros miembros designados del equipo.
- b. Los procedimientos de pruebas deben mencionar las entidades responsables de la realización de cada conjunto de pruebas.
- c. Cuando se requiera el resultado de una prueba sobre un sistema o instalación específica, debe puntualizar en la lista de verificación asociada al resultado de la prueba, una nota para su entrega al Proveedor de Servicios Cx (CxP).
- d. Los procedimientos de Muestreo deben aplicarse si se solicitan y definen en las Especificaciones de Cx.

12.2.3 Debe disponerse de un proceso efectivo y uniforme para la documentación de pruebas para el Cx de puesta en marcha y para la interacción entre equipos, sistemas e instalaciones sometidos a Cx. El

Equipo de Proyecto debe acordar los recursos técnicos aplicables a sus proyectos específicos.

12.2.4 El CxP debe convocar una reunión de inicio del proceso de Cx y su alcance para el Equipo de Proyecto con el fin de explicar los procedimientos de Cx. Asimismo, el CxP debe coordinar las Actividades de Cx desde el comienzo de la fase de construcción y en cualquier momento.

12.2.5 La verificación de los sistemas e instalaciones por el Equipo de Proyecto, debe incluir lo siguiente:

- a. Información completa de los equipos y materiales, detallando los que fueron especificados y los que fueron finalmente suministrados. El suministro real debe verificarse y documentarse.
- b. Las condiciones en que los equipos fueron suministrados a obra previamente a su montaje.
- c. Correcto montaje de los sistemas e instalaciones. La verificación debe centrarse en el montaje físico de los sistemas e instalaciones, en su capacidad y habilidad para cumplir con los requisitos de los documentos contractuales y en su accesibilidad para la realización de pruebas y para su futuro mantenimiento.
- d. Resultados satisfactorios de las pruebas realizadas sobre los sistemas e instalaciones.

12.2.6 Procedimientos de Realización de Pruebas

- a. Una vez elaboradas las listas de verificación y los procedimientos de pruebas, las entidades responsables deben ejecutar los protocolos de pruebas y repetirlos, si fuera necesario, hasta que se obtengan los resultados que confirmen que los equipos, sistemas e instalaciones han pasado satisfactoriamente las pruebas a las que han sido sometidas.
- b. El CxP dirige, testifica y documenta las pruebas llevadas a cabo por el Equipo de Proyecto tal y como requiere el Plan de Cx. c.

Los informes de pruebas completados deben entregarse al Equipo de Proyecto para su revisión y al CxP para su verificación.

12.2.7 Cualquier sistema o instalación sometida a Cx que no cumpla los requisitos y que esta incidencia no pueda resolverse a tiempo debe registrarse y numerarse en el registro de anomalías y su resolución para facilitar su seguimiento.

12.2.8 Todas las listas de verificación y procedimientos de pruebas deben compilarse en el Informe Final de Cx.

### 12.3 Conformidad

12.3.1 Un resumen de las pruebas y sus resultados deben comunicarse y reportarse al Propietario en el Informe de Avance del Proceso de Cx una vez concluida la fase de pruebas o en las fechas previstas por el Plan de Cx. La revisión de los informes resumen debe generar una respuesta de conformidad o aceptación por parte del Propietario.

## 13. DOCUMENTACIÓN DE ANOMALÍAS Y SU RESOLUCIÓN

13.1 Introducción. Las anomalías identificadas, resueltas o abiertas durante el Cx deben documentarse en el registro de anomalías y su resolución y en los Informes de Avance de Cx.

### 13.2 Requisitos

13.2.1 El CxP y el Equipo CxP deben desarrollar un registro formal de anomalías y su resolución con los documentos de apoyo correspondientes.

13.2.2 El registro de anomalías activas y su resolución incluirá todas las anomalías abiertas sin resolver, su situación y la persona o entidad responsable de su resolución.

13.2.3 Un registro formal de anomalías y su resolución debe mantenerse a lo largo del proyecto hasta que las anomalías queden resueltas o sean aceptadas por el Propietario.

13.2.4 Los registros de anomalías y su resolución y los Informes de Avance de Cx deben ser entregados al Equipo de Proyecto en los momentos establecidos por el Plan de Cx.

### 13.3 Conformidad

13.3.1 El Propietario debe revisar y validar el registro de anomalías y su resolución. Una vez aceptado, el registro debe estar incluido en el Informe Final de Cx.

## 14. MANUAL DE SISTEMAS

14.1 Introducción. El Manual de Sistemas debe entregarse al Propietario para su utilización en el funcionamiento del edificio y para la capacitación del personal de O&M.

### 14.2 Requisitos

14.2.1 El Manual de Sistemas debe contener la información precisa para entender, operar y mantener las instalaciones y sistemas del edificio.

14.2.2 El Manual de Sistemas es el conjunto de documentos de diseño, montaje y pruebas, incluyendo las actualizaciones y correcciones de los sistemas e instalaciones durante la fase de construcción. El Equipo del Proyecto debe responsabilizarse de la actualización del Manual de Sistemas durante el Cx en las fases de diseño, construcción y funcionamiento según se requiere en los OPR, Plan de Cx y documentos contractuales.

14.2.3 Las siguientes secciones, deben estar incluidas en el Manual de Sistemas:

Cap 1—Resumen Ejecutivo

Cap 2—Diseño y Construcción del Sistema

2.1 Copia del documento de OPR.

2.2 Copia del documento de las BOD.

2.3 Copia de los registros y documentos de diseño del proyecto.

Cap 3—Información sobre el Edificio, Sistemas e Instalaciones dentro del Alcance de Cx.

3.1 Copia de las especificaciones del edificio y sus equipos.

3.2 Copia de los submittals aprobados.

3.3 Copia del manual de operación y mantenimiento (O&M) del fabricante.

3.4 Copia de las garantías.

3.5 Listado de contratistas y proveedores con los datos de contacto.

#### Cap 4—Funcionamiento del Sistema

4.1 Guía del Edificio, incluyendo el plan de funcionamiento, los horarios de funcionamiento, consignas, rangos y limitaciones de los equipos y del edificio, la memoria de funcionamiento de los sistemas a ponerse en marcha y los procedimientos de emergencia. La Guía del Edificio debe incluir las instrucciones de operación, que son los criterios y procedimientos de funcionamiento del edificio, para los sistemas de control (climatización, refrigeración e iluminación), seguridad, contra incendios, emergencias y los programas de mantenimiento, incluyendo las instalaciones puestas en marcha.

#### Cap 5—Capacitación

5.1 Copia del plan y materiales de capacitación.

5.2 Registros de capacitación.

#### Cap 6—Reporte Final de Cx.

6.1 Copia del Plan de Cx final

6.2 Copia de los informes de Revisión del Diseño y de los Submittals.

6.3 Copia de los informes de pruebas, listas de verificaciones de montaje y procedimientos de pruebas utilizados para la verificación completa de los sistemas e instalaciones puestos en marcha

6.4 Copia de todos los Informes de Avance del Proceso de Cx.

6.5 Copia de los registros de anomalías y su resolución.

6.6 Plan de resolución para anomalías e incidencias no resueltas.

6.7 Informe de Cx Preliminar antes de la emisión del certificado de ocupación.

6.8 Informe Final de Cx a la terminación del Proceso Cx.

### 14.3 Conformidad

14.3.1 Los contenidos de la versión preliminar del Manual de Sistemas entre los Capítulos 2 y 4 deben revisarse y verificarse por el CxP antes de que se imparta la formación al personal O&M y a los ocupantes.

14.3.2 El Propietario debe aprobar la versión final del Manual de Sistemas para su aplicación en el funcionamiento operativo del edificio.

## 15. CAPACITACIÓN

15.1 Introducción. El personal de Operación y Mantenimiento (O&M) y los ocupantes deben recibir una formación sobre los sistemas que están siendo sometidos a Cx, en cumplimiento con los Requerimientos del Proyecto (OPR), para gestionar y mantener los sistemas e instalaciones del edificio. El Plan de Capacitación se considera un elemento esencial en la preparación y entrega de la propia formación al personal y ocupantes del edificio.

### 15.2 Requisitos

15.2.1 El plan de formación debe incluir los siguientes elementos:

- a. Nivel de formación del personal O&M, del personal de intervención en caso de emergencias y de los ocupantes.
- b. Resumen de los temas considerados de formación relacionados con los sistemas, subsistemas, equipos e instalaciones. Estos temas deben tener en cuenta el diseño, montaje, funcionamiento y mantenimiento de los sistemas, instalaciones y equipos específicos.
- c. Objetivos y métodos de capacitación para cada tema considerado.
- d. La ubicación planificada de las sesiones de formación (aula, en el mismo edificio o en otro lugar) y la duración mínima de cada sesión de formación en horas, que se completará según lo requerido por los OPR, el Plan de Cx o los documentos contractuales.
- e. Cualificaciones de los instructores.

- f. Requisitos del material que será utilizado durante el proceso de capacitación.
- g. Informe de capacitación, registros y requisitos para su archivo.

15.2.2 Todos los archivos y material de capacitación así como su propia impartición deben prepararse y realizarse tal y como se especifica en los documentos contractuales y en los OPR. Una copia del plan, del material y de los registros de formación deben incluirse en la versión final del Manual de Sistemas como indica la Sección 14 de este estándar.

### 15.3 Conformidad

15.3.1 El Plan de Capacitación, su desarrollo e impartición deben revisarse para su aprobación por el CxP y el Propietario. El Plan de Capacitación debe entregarse y aprobarse antes de iniciar su impartición. Así mismo debe definirse en los OPR y en los documentos contractuales unas encuestas de evaluación por parte de los asistentes a las sesiones de capacitación.

## 16. FUNCIONAMIENTO POST OCUPACIONAL

16.1 Introducción. Las Actividades de Cx ya en fase de ocupación y funcionamiento del edificio, incluyendo la ejecución de las pruebas estacionales diferidas y las anomalías surgidas en el periodo de garantía, deben completarse antes de la finalización del mencionado período con el fin de entregar un edificio que cumple las necesidades del Propietario. Estas Actividades de Cx deben iniciarse una vez concluida la recepción provisional.

### 16.2 Requisitos

16.2.1 Las Actividades de Cx deben prorrogarse hasta el final del período contractual de garantía.

16.2.2 Deben completarse tanto las pruebas estacionales diferidas como aquellas que no pudieron realizarse o cuyo resultado no fue satisfactorio sobre los sistemas e instalaciones del edificio. El CxP debe determinar cuándo debe realizarse el Cx de estas pruebas en función de las condiciones climatológicas, de las condiciones de carga/demanda o de las interacciones por la propia ocupación del edificio, requerido para

completar las Actividades de Cx sobre todos los sistemas e instalaciones sometidas a Cx.

16.2.3 El contratista principal o el Propietario deben coordinar las llamadas e intervenciones del contratista para resolver las anomalías identificadas durante el Cx y enviar la documentación/información correspondiente al CxP una vez que se hayan resuelto y/o que el Propietario haya aceptado las condiciones finales.

16.2.4 La formación adicional o pendiente debe impartirse como parte de las actividades post ocupacionales conforme al Plan de Capacitación y al Plan de Cx.

16.2.5 Durante el desarrollo de las actividades post ocupacionales, debe analizarse el funcionamiento, mantenimiento y modificaciones de los sistemas e instalaciones del edificio así como la documentación asociada con el fin de evaluar su cumplimiento con respecto a los OPR actualizados.

16.2.6 A la conclusión de la Actividades Cx post ocupacionales, el Manual de Sistemas, la documentación de pruebas, los registros de anomalías y su resolución, los informes de formación y el Informe de Cx final deben actualizarse y aprobarse.

## **17. INFORME DE COMISIONAMIENTO**

17.1 Introducción. El Informe de Avance del Proceso de Cx debe facilitarse para resumir o recapitular el Cx y el funcionamiento del edificio y entregarse a el Propietario y a otros agentes que así lo requieran.

### **17.2 Requisitos**

17.2.1 Los Informes de Avance de Cx que se vayan generando deben enviarse según se establece en los OPR, en el Plan de Cx y en los requisitos jurídicos aplicables.

17.2.2 El Informe de Cx final debe incluir el Plan de Cx final, los resultados de su implantación y un resumen ejecutivo describiendo el Cx e identificando los sistemas e instalaciones que se sometieron al mismo. El informe debe identificar dónde está archivado la versión final de los

documentos de OPR y de BOD o incluir una copia de los mismos e indicar la localización de los planos y registros del proyecto.

17.3 El Informe de Cx final debe incluir lo siguiente:

- a. Resumen Ejecutivo.
- b. Copia de las últimas actualizaciones del Plan de Cx.
- c. Copia de los informes de Revisión del Diseño y de los submittals.
- d. Copia completa de las verificaciones del CxP, del contratista y del suministrador aprobado, Cx de la puesta en marcha y de las fichas de pruebas, incluyendo lo utilizado durante las actividades post ocupacionales.
- e. Copia de todos los Informes de Avance del Proceso de Cx.
- f. Copia de los registros de las anomalías y su resolución, incluyendo la descripción de aquellas y las medidas adoptadas para su corrección y el análisis de aquellos sistemas e instalaciones que no funcionan de acuerdo con los OPR
- g. Todas las anomalías no resueltas y las pruebas estacionales diferidas, incluyendo un plan aprobado por el Propietario identificando el responsable de la resolución de la anomalía o de la realización de la prueba pendiente

17.4 Conformidad

17.4.1 El CxP debe presentar el Informe de Cx final tanto a el Propietario como a otros agentes, para su revisión y aprobación según se establece en los OPR o en los requisitos jurídicos aplicables.

## ESFUERZOS ADICIONALES

Implementar, o tener un contrato para implementar, las siguientes actividades del proceso de puesta en servicio, además de las requeridas según los requisitos previos de comisionamiento.

Completar las siguientes actividades del proceso de puesta en servicio (CxP) para sistemas y conjuntos mecánicos, eléctricos, de plomería y de energía renovable de

acuerdo con la Guía ASHRAE 0–2005 y la Guía ASHRAE 1.1–2007 para sistemas HVAC&R, en lo que se refiere a energía, agua y ambiente interior. calidad y durabilidad.

La autoridad encargada debe hacer lo siguiente:

- Revisar las presentaciones de los contratistas.
- Verificar la inclusión de requisitos del manual de sistemas en los documentos de construcción.
- Verificar la inclusión de requisitos de capacitación de operadores y ocupantes en los documentos de construcción.
- Verificar actualizaciones y entrega del manual de sistemas.
- Verificar la impartición y eficacia de la capacitación de operadores y ocupantes.
- Verificar las pruebas estacionales.
- Revisar las operaciones del edificio 10 meses después de su finalización sustancial.
- Desarrollar un plan de puesta en servicio continuo.

Incluya todas las tareas de puesta en servicio mejoradas en OPR y BOD.

# COMISIONAMIENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

## REQUISITOS

Contenido

1. Introducción

1.1. Códigos y normas

1.2. Seguridad

2. Fundamentos del sistema fotovoltaico

2.1. Rendimiento de los módulos fotovoltaicos

2.1.1. Respuesta a la irradiación

2.1.2. Respuesta a la temperatura

2.1.3. Condiciones de prueba estándar.

2.1.4. Conjuntos fotovoltaicos

2.2. Tipos de sistemas FV

3. Documentación del sistema

4. Comisionamiento de los sistemas FV

4.1. Comprobación final de la instalación

4.2. Inspección visual

4.2.1. Etiquetas y marcas

5. Pruebas y mediciones del sistema

5.1. Pruebas de continuidad

5.2. Pruebas de polaridad

5.3. Pruebas de tensión y corriente

5.3.1. Pruebas de tensión en circuito abierto

5.3.2. Pruebas de corriente de cortocircuito

5.4. Pruebas de resistencia de aislamiento

5.5. Pruebas de funcionamiento del sistema

5.6. Informes de prueba

6. Pruebas de rendimiento del sistema

6.1. Verificación de la producción de potencia y energía

6.1.1. Verificación de la potencia de salida de CA

- 6.1.2. Verificación de la producción de energía de CA
- 6.2. Mediciones I-V
- 6.3. Otras pruebas
  - 6.3.1. Análisis de la calidad de la energía
  - 6.3.2. Imágenes térmicas
  - 6.3.3. Pruebas de eficiencia del inversor
  - 6.3.4. Pruebas de seguimiento del punto de máxima potencia
  - 6.3.5. Análisis de sombreado
- 7. Mantenimiento del sistema
  - 7.1. Pruebas
  - 7.2. Solución de problemas
- 8. Anexos
  - 8.1. Checklist de Comisionamiento

## 1 INTRODUCCIÓN

Los sistemas solares fotovoltaicos (FV) se están instalando en un número cada vez mayor en todo el mundo y se espera que produzcan energía eléctrica limpia de forma segura y confiable durante varias décadas de funcionamiento. Sin embargo, estos sistemas pueden ser inseguros, de bajo rendimiento o inoperantes, si no se evalúan y prueban antes de su puesta en servicio inicial y además si no reciben mantenimiento y pruebas rutinarias durante su vida útil.

Cualquier sistema eléctrico puede someterse a pruebas para verificar su rendimiento y evaluar el estado del cableado y los equipos. Esto es especialmente importante en el caso de las instalaciones fotovoltaicas, que están sometidas a condiciones ambientales extremas y a los efectos deteriorantes de la intemperie durante muchos años. Para ayudar a garantizar el funcionamiento seguro a largo plazo de estos sistemas, los instaladores de sistemas fotovoltaicos deben ejecutar un proceso de comisionamiento y establecer de un programa de pruebas y mantenimiento periódico. Estas prácticas ayudan a promover la seguridad y optimizar el rendimiento, además de proporcionar la información necesaria para solucionar, diagnosticar y remediar eficazmente los problemas del sistema.

El presente documento ofrece una visión general del proceso de comisionamiento y pruebas de los sistemas fotovoltaicos interactivos que están interconectados a la red eléctrica. Aborda los códigos y normas aplicables, además de los equipos de prueba, los procedimientos y la interpretación de los resultados. Véase la figura 4.

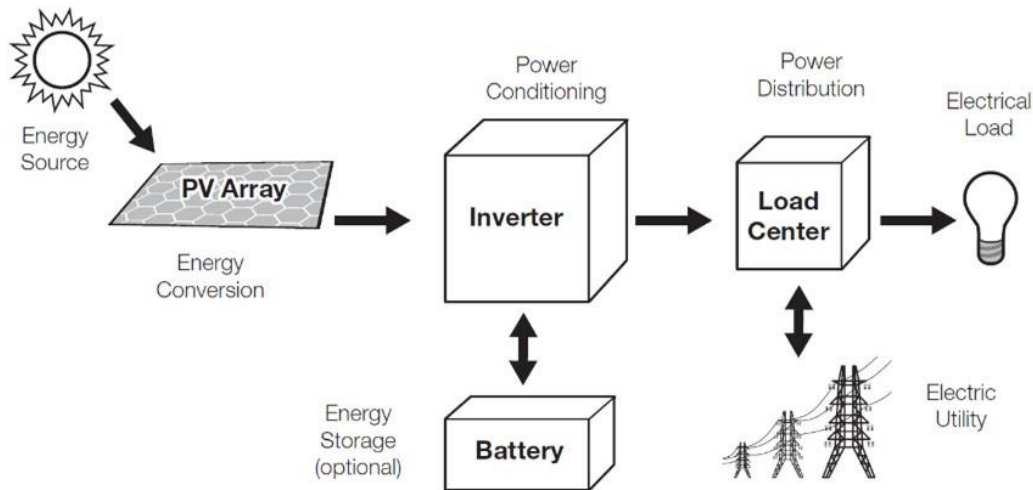


Figura 4. Visión general del sistema fotovoltaico.

### 1.1 Códigos y normas

En México la NOM-001-SEDE-Vigente regula los requisitos de las instalaciones eléctricas, incluidos los sistemas solares fotovoltaicos (FV).

Esta norma deriva del Código Eléctrico Nacional (NEC o NFPA 70) y se convierte en la base para las inspecciones y aprobaciones de las instalaciones eléctricas.

Los capítulos 1 a 4 de la NOM se aplican generalmente a todos los sistemas eléctricos y cubren los requisitos de instalación, el cableado y la protección, los métodos y materiales de cableado y los equipos de uso general. El artículo 690 cubre los requisitos especiales de instalación para los sistemas solares fotovoltaicos; sin embargo, también se aplican muchos otros artículos. Además, el artículo 705 cubre los requisitos para la interconexión de los sistemas fotovoltaicos y otros equipos de generación distribuida a otras fuentes, como la red de

suministro. Aunque la NOM no aborda específicamente el rendimiento de los sistemas fotovoltaicos, sí establece requisitos para la calidad y seguridad

general de las instalaciones eléctricas. Muchos de estos requisitos pueden verificarse mediante inspecciones visuales y una revisión de los documentos de diseño e instalación del sistema. Sin embargo, algunos requisitos de NOM sólo pueden validarse mediante pruebas y mediciones eléctricas. Entre ellos se incluye la verificación de la continuidad de los sistemas de puesta a tierra, la verificación de las tensiones y corrientes del sistema y la medición de la resistencia del aislamiento para determinar la integridad del cableado.

La norma internacional IEC 62446 Sistemas fotovoltaicos (FV) - Requisitos para las pruebas, la documentación y el mantenimiento, define la documentación mínima, las pruebas de puesta en servicio y los criterios de inspección para los sistemas FV conectados a la red. La información derivada de esta norma tiene por objeto verificar el funcionamiento seguro y adecuado de los sistemas fotovoltaicos y servir de guía para los diseñadores, instaladores y personal de servicio. Esta norma de la IEC cubre los requisitos específicos para las pruebas y la puesta en servicio de los sistemas fotovoltaicos que no se contemplan en el NOM ni en el NEC ni en otros códigos de instalaciones eléctricas.

El estándar NFPA 70B Práctica recomendada para el mantenimiento de equipos eléctricos, proporciona guías sobre los métodos de prueba y el mantenimiento preventivo de los sistemas eléctricos. Esta norma puede utilizarse en parte para ayudar a verificar los requisitos de la NOM y el NEC a través de las mediciones del sistema eléctrico.

## 1.2 Seguridad

La realización de pruebas eléctricas en cualquier sistema fotovoltaico debe ser llevada a cabo por personas calificadas que tengan conocimientos y experiencia en las mediciones de sistemas eléctricos, en los equipos de prueba utilizados, en los equipos o sistemas que se están probando, y que sean conscientes de los riesgos que conlleva. El trabajo con sistemas fotovoltaicos implica la exposición a circuitos energizados con altos voltajes y corrientes potencialmente letales, lo que supone un riesgo de descarga eléctrica. Los sistemas de baterías y las instalaciones de alto voltaje también pueden presentar riesgos de quemaduras eléctricas y de arco eléctrico. Cuando estos riesgos eléctricos se combinan con otros, como el trabajo en altura y en

lugares difíciles expuestos a los elementos, es imperativo que quienes instalan y dan servicio a los sistemas fotovoltaicos sigan todas las normas y directrices de seguridad aplicables.

Las mejores prácticas para prevenir los riesgos eléctricos y otros riesgos de seguridad comunes asociados a las instalaciones fotovoltaicas incluyen lo siguiente:

- Realizar una evaluación de riesgos antes de realizar cualquier trabajo en el lugar.
- Trabajar en equipos y circuitos eléctricos en estado desenergizado utilizando procedimientos de bloqueo y etiquetado.
- Llevar el EPP adecuado, incluyendo ropa de protección, casco no conductor, protección para los pies con clasificación de riesgo eléctrico y gafas de seguridad siempre.
- Utilizar herramientas manuales aisladas eléctricamente y herramientas eléctricas debidamente conectadas a tierra o con doble aislamiento mantenidas en buen estado.
- Evitar el contacto con líneas eléctricas aéreas y conductores eléctricos enterrados.
- Utilizar escaleras con barandillas de fibra de vidrio cuando se trabaje sobre o cerca de conductores energizados.
- Mitigar los riesgos de caídas y utilizar sistemas personales de detención de caídas (PFAS) siempre que se trabaje a alturas no protegidas de 1.80 m o más.
- Mantener un lugar de trabajo ordenado y tener precaución.

En algunos casos, es inevitable trabajar sobre equipos energizados, por ejemplo, cuando se realizan mediciones en sistemas fotovoltaicos que siempre están energizados cuando están expuestos a la luz solar. Algunos equipos de prueba, como los megóhmetros y los comprobadores de aislamiento, también producen tensiones de prueba elevadas, por lo que deben observarse las precauciones de seguridad adecuadas al utilizar estos equipos. Siempre se deben usar guantes aislantes eléctricos adecuados y otros EPP aplicables cuando se trabaje o se prueben circuitos energizados. El nivel de EPP necesario depende de los niveles de tensión y de las corrientes de fallo de los circuitos sometidos a prueba. Se debe tener cuidado siempre que se toque un sistema fotovoltaico o las superficies conductoras asociadas para protegerse de una descarga eléctrica, especialmente cuando se sospeche que hay fallos.

Las recomendaciones generales de seguridad para el uso de equipos de pruebas eléctricas incluyen:

- Seguir las instrucciones del fabricante para el funcionamiento seguro de cualquier instrumento de prueba.
- Utilizar los instrumentos de prueba únicamente para el fin previsto, dentro de sus límites y valores nominales establecidos.
- Inspeccionar cuidadosamente el equipo de prueba y los cables antes de cada uso.
- Mantenga adecuadamente los instrumentos de prueba y las calibraciones recomendadas.
- Planificar y revisar por adelantado todos los procedimientos de prueba, seguridad y emergencia.
- Utilizar el equipo de protección personal adecuado, incluyendo guantes aislantes eléctricos.
- Trabajar con un compañero.

## 2 FUNDAMENTOS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Los sistemas fotovoltaicos convierten la radiación solar en energía eléctrica. Es esencial comprender las especificaciones de los módulos fotovoltaicos y los diseños de los sistemas para poder realizar pruebas y mediciones e interpretar los resultados.

La celda solar (solar cell) es un dispositivo eléctrico que convierte la energía de la luz directamente en electricidad por el efecto fotovoltaico, se conectan eléctricamente formando circuitos en serie y/o en paralelo para producir mayores voltajes, corrientes y niveles de potencia.

Los módulos fotovoltaicos están formados por circuitos de celdas solares sellados en un laminado de protección ambiental, y son los componentes fundamentales de los sistemas fotovoltaicos. Los paneles fotovoltaicos incluyen uno o más módulos fotovoltaicos ensamblados como una unidad precableada de fábrica. Una cadena (string) es un grupo de módulos o paneles fotovoltaicos conectados en serie. Un conjunto fotovoltaico (array) es la unidad completa de generación de energía, formada

por cualquier número cadenas de módulos o paneles fotovoltaicos conectados en paralelo. Ver Figura 5.

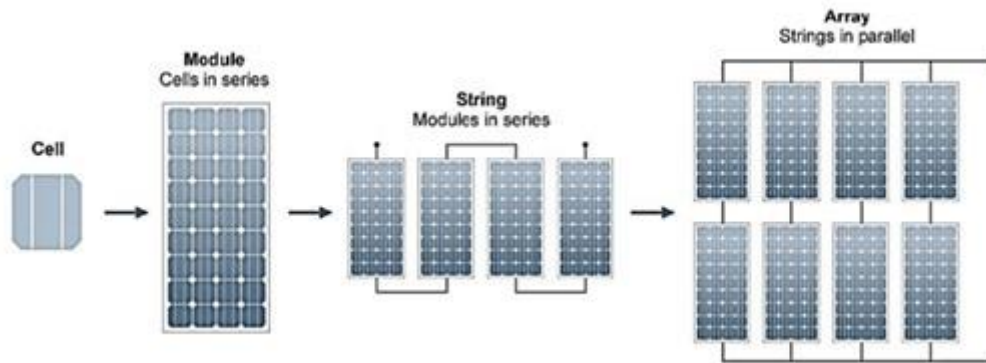


Figura 5. Celda, módulo, cadena, conjunto.

Las celdas solares, módulos y conjuntos fotovoltaicos producen energía en corriente continua cuando se exponen a la luz solar. Su rendimiento eléctrico está representado por su característica corriente-voltaje (I-V). Una curva I-V representa un número infinito de pares de puntos de funcionamiento de corriente y tensión para un módulo generador fotovoltaico, en unas condiciones de funcionamiento de irradiación solar y temperatura determinadas. Véase la figura 6.

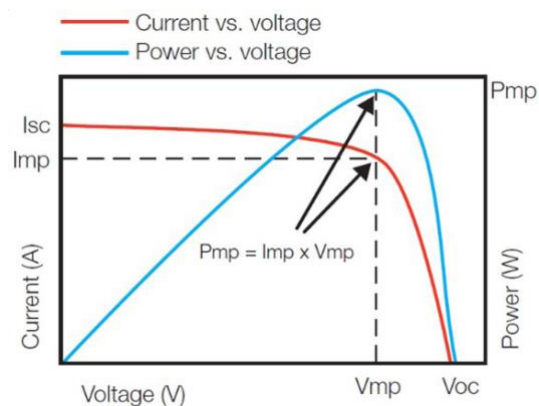


Figura 6.. Las curvas I-V representan el rendimiento eléctrico de los módulos y conjuntos fotovoltaicos

Los módulos FV producen una salida de tensión y corriente que varía con la irradiación solar y la temperatura. Los puntos de funcionamiento clave a lo largo de la curva I-V son calificados por el fabricante en condiciones de prueba especificadas y colocados en las etiquetas del producto. Estos parámetros I-V nominales son la base para el dimensionamiento y el diseño de la fuente fotovoltaica y los circuitos de salida, y para la comparación con las mediciones en campo en los conjuntos fotovoltaicos.

■ La tensión de circuito abierto ( $V_{oc}$ ) es la tensión de CC máxima en una curva I-V determinada y es el punto de funcionamiento de un módulo fotovoltaico sin carga conectada.  $V_{oc}$  corresponde a una resistencia infinita o condición de circuito abierto, y a una corriente y potencia de salida nulas. La tensión en circuito abierto es independiente del área de la celda solar, aumenta con la disminución de la temperatura de misma y se utiliza para determinar las tensiones máximas del circuito para los módulos y conjuntos fotovoltaicos. En el caso de las celdas solares de silicio cristalino, la tensión en circuito abierto suele ser del orden de 0.5 V a 0.6 V a 25°C. Los módulos fotovoltaicos típicos tienen entre 60 y 72 celdas solares conectadas en serie con un  $V_{oc}$  que oscila entre unos 34 V y 44 V.

■ La corriente de cortocircuito ( $I_{sc}$ ) es la corriente máxima en una curva I-V.  $I_{sc}$  corresponde a una resistencia nula y a una condición de cortocircuito, a una tensión nula y a una potencia nula. La corriente de cortocircuito es directamente proporcional a la irradiación solar, y los valores nominales se utilizan para dimensionar los conductores del circuito fotovoltaico y los dispositivos de sobrecorriente. Dado que los módulos fotovoltaicos están limitados por la corriente de forma inherente, se pueden cortocircuitar para las pruebas utilizando un dispositivo de cortocircuito con la clasificación adecuada. Las celdas solares individuales pueden producir corrientes de cortocircuito hasta

su valor nominal o incluso mayores en la práctica, con valores de  $I_{sc}$  8 A y superiores.

El punto de máxima potencia ( $P_{mp}$ ) de un módulo fotovoltaico es el punto de funcionamiento en el que el producto de la corriente y la tensión es máximo. El punto de máxima potencia se sitúa en la "rodilla" de la curva I-V y representa el punto de funcionamiento de mayor eficiencia para un módulo fotovoltaico en las condiciones

dadas de irradiación solar y temperatura de la celda. Los módulos fotovoltaicos típicos tienen una potencia máxima nominal de 200 W a 500 W o mayores.

- La tensión de máxima potencia ( $V_{mp}$ ) es la tensión de funcionamiento correspondiente a  $P_{mp}$  y suele ser de entre el 70% y el 80% de la tensión en circuito abierto.

- La corriente de máxima potencia ( $I_{mp}$ ) es la corriente de funcionamiento en  $P_{mp}$ , y suele ser aproximadamente el 90% de la corriente de cortocircuito.

El punto de funcionamiento específico en una curva I-V viene determinado por la carga eléctrica según la Ley de Ohm. En consecuencia, la resistencia de carga para hacer funcionar un módulo o conjunto fotovoltaico en su punto de máxima potencia es igual a la tensión de máxima potencia dividida por la corriente de máxima potencia ( $V_{mp}/I_{mp}$ ). Por ejemplo, consideremos un módulo FV con una tensión de máxima potencia ( $V_{mp}$ ) = 35.8 V, y una corriente de máxima potencia ( $I_{mp}$ ) = 4.89 A. La resistencia de carga necesaria para hacer funcionar este módulo a su máxima potencia es igual a  $V_{mp} \div I_{mp} = 35.8 \text{ V} \div 4.89 \text{ A} = 7.32 \Omega$ . La potencia nominal máxima en corriente continua es simplemente el producto de la corriente y la tensión de máxima potencia. Véase la figura 7.

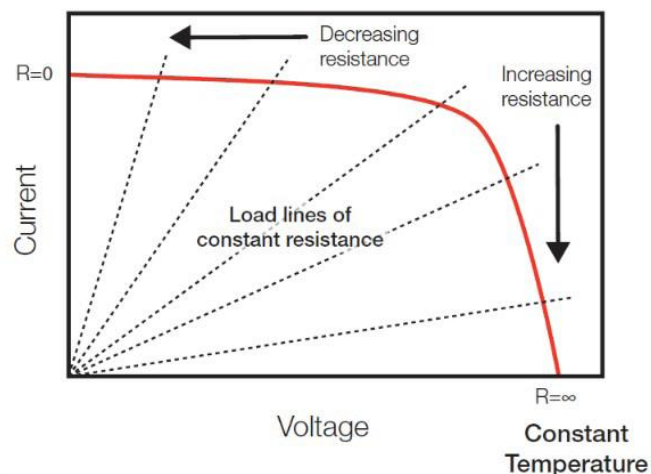


Figura 7. El punto de funcionamiento en una curva I-V viene determinado por la resistencia de la carga eléctrica según la Ley de Ohm.

En la práctica, el punto de funcionamiento en la curva I-V viene determinado por el equipo específico conectado a la salida del conjunto fotovoltaico.

Si la carga es una batería, el voltaje de la batería establece el punto de funcionamiento en la curva I-V. Si el conjunto fotovoltaico está conectado a un inversor interactivo, el inversor trata de hacer funcionar el sistema fotovoltaico en su punto de máxima potencia siempre que la tensión del conjunto fotovoltaico esté dentro de los límites del inversor. El seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT) se refiere al proceso o equipo electrónico utilizado para hacer funcionar los módulos o conjuntos fotovoltaicos en su punto de máxima potencia en condiciones variables de la curva I-V. Los circuitos MPPT forman parte de los inversores interactivos, de algunos controladores de carga y también están disponibles como equipos independientes o como parte de las cajas combinadoras de circuitos fotovoltaicos. Las mediciones de los puntos de funcionamiento del conjunto fotovoltaico y el seguimiento del punto de máxima potencia pueden verificarse durante las pruebas del sistema.

### 2.1.1 Respuesta a la irradiación

Los cambios en la radiación solar tienen un efecto lineal y proporcional en la corriente y la potencia máxima de salida de un módulo o conjunto fotovoltaico. Véase la figura 8.

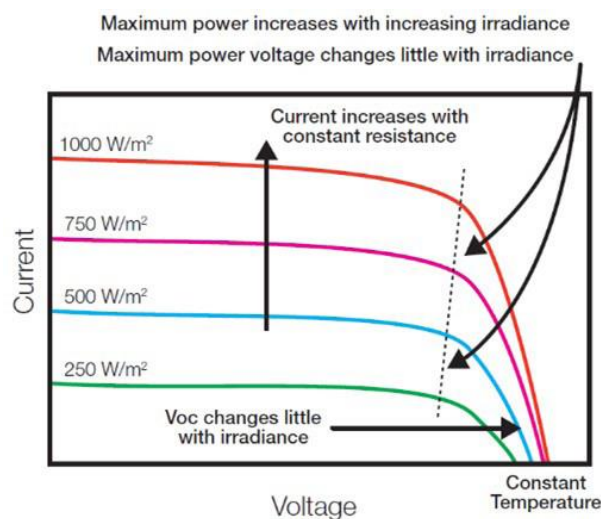


Figura 8. Los cambios en la radiación solar tienen un efecto lineal y proporcional directo sobre la corriente y la potencia máxima de salida de un módulo o conjunto fotovoltaico.

Por lo tanto, si se duplica la irradiación solar en la superficie del conjunto fotovoltaico, se duplica la corriente y la potencia máxima (suponiendo una temperatura constante). La variación de la irradiación tiene un efecto menor sobre la tensión, principalmente en los niveles de irradiación más bajos. Dado que el voltaje varía poco con los cambios en los niveles de irradiación por encima de 200 W/m<sup>2</sup>, los sistemas fotovoltaicos son muy adecuados para las aplicaciones de carga de baterías. Véase la figura 9.

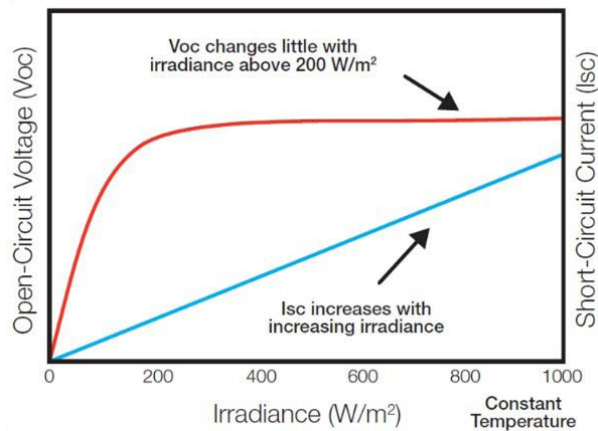


Figura 9. La corriente y la tensión del módulo fotovoltaico se ven afectadas de forma diferente por la irradiancia solar.

La corriente de cortocircuito (Isc), la corriente de máxima potencia (Imp) y la potencia máxima (Pmp) en una condición de irradiación solar pueden corregirse para estimar el valor de estos parámetros en otro nivel de irradiación:

$$I_{sc2} = I_{sc1} \times (E_2/E_1)$$

$$P_{mp2} = P_{mp1} \times (E_2/E_1)$$

$$I_{mp2} = I_{mp1} \times (E_2/E_1)$$

donde

I<sub>sc1</sub> = corriente nominal de cortocircuito a la irradiación E<sub>1</sub> (A)

I<sub>sc2</sub> = corriente de cortocircuito con la nueva irradiación E<sub>2</sub> (A)

E<sub>1</sub> = irradiación solar nominal (W/m<sup>2</sup>)

E<sub>2</sub> = nueva irradiación solar (W/m<sup>2</sup>).

P<sub>mp1</sub> = potencia máxima nominal a la irradiancia E<sub>1</sub> (W)

P<sub>mp2</sub> = nueva potencia máxima a la nueva irradiancia E<sub>2</sub> (W).

$I_{mp1}$  = corriente de potencia máxima original a la irradiancia  $E_1$  (A)

$I_{mp2}$  = nueva corriente de potencia máxima a la nueva irradiancia  $E_2$  (A).

Los instaladores y los especialistas en comisionamiento verifican el rendimiento de los sistemas fotovoltaicos en campo midiendo la irradiación solar que incide sobre los conjuntos fotovoltaicos y correlacionando la potencia medida con las especificaciones. Por ejemplo, si se ha establecido que la potencia máxima nominal de un sistema fotovoltaico es de 10 kW bajo niveles de radiación incidente de 1.000 W/m<sup>2</sup> a temperaturas de funcionamiento normales, la potencia del conjunto PV debería ser de unos 7 kW si la irradiación solar es de 700 W/m<sup>2</sup>, suponiendo una temperatura constante.

#### 2.1.2 Respuesta a la temperatura

La corriente y la tensión de salida de un módulo fotovoltaico dependen de la temperatura. En el caso de los módulos fotovoltaicos de silicio cristalino, el aumento de la temperatura de la celda solar provoca una disminución apreciable de la tensión y la potencia, y un ligero aumento de la corriente. Las temperaturas de funcionamiento más elevadas de las celdas solares también reducen la eficiencia y la vida útil de las mismas. Los efectos de la temperatura en la corriente del módulo fotovoltaico son un orden de magnitud menor que en la tensión y la potencia, y no se tienen en cuenta en lo que respecta a la instalación o la seguridad.

Los coeficientes de temperatura relacionan los efectos de la variación de la temperatura de la celda solar con su tensión, corriente y potencia.

En el caso de los módulos fotovoltaicos de silicio cristalino, el coeficiente de temperatura para la tensión es de aproximadamente  $-0.4\%/^{\circ}\text{C}$ , el coeficiente de temperatura para la corriente de cortocircuito es de aproximadamente  $+0.04\%/^{\circ}\text{C}$  y el coeficiente de temperatura para la potencia máxima es de aproximadamente  $-0.45\%/^{\circ}\text{C}$ . Obsérvese que los coeficientes de temperatura de la potencia y la tensión son negativos, ya que estos parámetros disminuyen al aumentar la temperatura. Véase la figura 10.

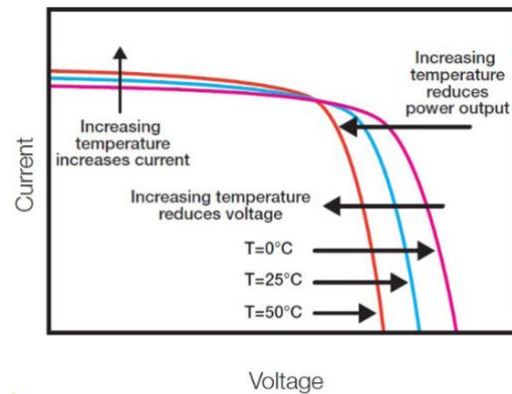


Figura 10. En los módulos fotovoltaicos de silicio cristalino, el aumento de la temperatura de la celda solar provoca una disminución de la tensión y la potencia, y un pequeño aumento de la corriente.

Dado que los módulos FV producen su máxima tensión a las temperaturas más bajas, esta tensión determina los valores mínimos de tensión requeridos para los módulos y los componentes del circuito de CC asociados [NOM 690.7]. En el caso de los módulos FV de silicio cristalino, la tensión máxima de los conjuntos FV se determina multiplicando la tensión nominal de circuito abierto ( $V_{oc}$ ) del módulo por el número de módulos en serie y por un factor de corrección de la tensión [Tabla 690.7]. Cuando se utilicen módulos fotovoltaicos que no sean de silicio cristalino (película fina), o si los coeficientes de temperatura se proporcionan con las instrucciones de instalación enumeradas, las correcciones por temperatura deben seguir las instrucciones del fabricante utilizando los coeficientes proporcionados.

2.1.3 Condiciones de prueba estándar Las condiciones de prueba estándar (STC) son una condición de calificación universal para los módulos y conjuntos fotovoltaicos, especifican la potencia eléctrica a un nivel de irradiación solar de  $1000 \text{ W/m}^2$  con una distribución espectral AM 1,5 y una temperatura de celda solar de  $25^\circ\text{C}$ .

El rendimiento de los módulos y conjuntos fotovoltaicos se representa a veces en otras condiciones de prueba más cercanas a las operaciones reales en campo, como las condiciones de prueba PVUSA (PTC), que se basan en una irradiación solar de  $1000 \text{ W/m}^2$ , una temperatura de las celdas solares de  $45^\circ\text{C}$  y una velocidad del viento de 1

#### 2.1.4 Conjuntos fotovoltaicos

Las fuentes de energía fotovoltaica se construyen a partir de las conexiones en serie y en paralelo de los módulos fotovoltaicos individuales para lograr una salida de corriente y tensión de CC prevista. Los circuitos de fuentes fotovoltaicas suelen estar formados por módulos individuales conectados en serie para conseguir una tensión de salida deseada para el equipo de utilización de corriente continua conectado.

A continuación, los circuitos fuente fotovoltaicos se conectan en paralelo en cajas combinadoras situadas dentro del conjunto o en inversores para aumentar la corriente y la potencia de salida hasta los niveles deseados. Véase la figura 11.

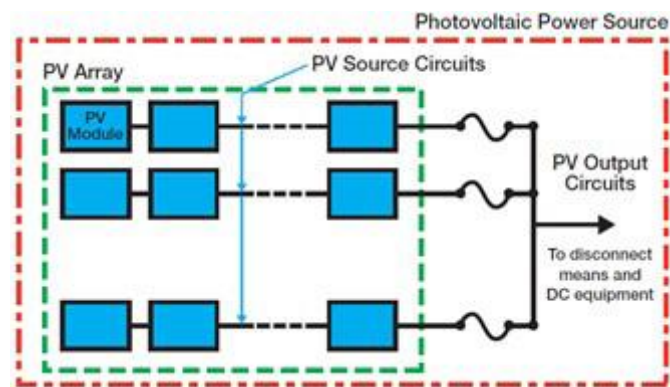


Figura 11. Las fuentes de energía fotovoltaica están formadas por circuitos fuente conectados en paralelo de módulos FV conectados en serie.

Una cadena es una conexión en serie de módulos fotovoltaicos. Los módulos fotovoltaicos se configuran eléctricamente en serie conectando el terminal negativo de un módulo al terminal positivo del siguiente, y así sucesivamente. En la conexión en serie de módulos fotovoltaicos similares, las tensiones se suman, y la tensión de la cadena resultante es la suma de las tensiones de los módulos individuales. La salida de corriente de la cadena resultante sigue siendo la misma que la salida de corriente de un módulo individual. Véase la Figura 12.

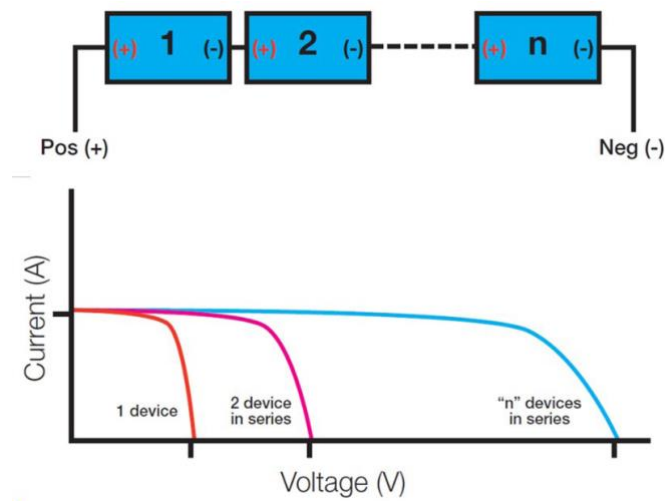


Figura 12. Los módulos FV se configuran eléctricamente en serie conectando el terminal negativo de un módulo al terminal positivo del siguiente, y así sucesivamente.

La conexión de módulos fotovoltaicos similares en serie aumenta la tensión mientras la corriente se mantiene igual.

$$V_{\text{string}} = V_1 + V_2 \dots + V_n$$

$$V_{\text{string}} = V_1 \times n$$

$$I_{\text{string}} = I_1 = I_2 \dots = I_n$$

La conexión en serie de módulos fotovoltaicos con corrientes nominales diferentes provoca una pérdida de potencia, con un efecto similar al de sombrear parcialmente un conjunto, o al de tener partes de un circuito fuente en serie situadas en superficies orientadas en distintas direcciones y que reciben niveles diferentes de irradiación solar. La salida de corriente resultante de una cadena de módulos PV de corrientes diferentes se limita en última instancia al módulo de salida de corriente más bajo de toda la cadena y debe evitarse. Sin embargo,

es aceptable conectar en serie módulos fotovoltaicos con diferente salida de tensión, siempre que cada módulo tenga la misma salida de corriente nominal. Véase la figura

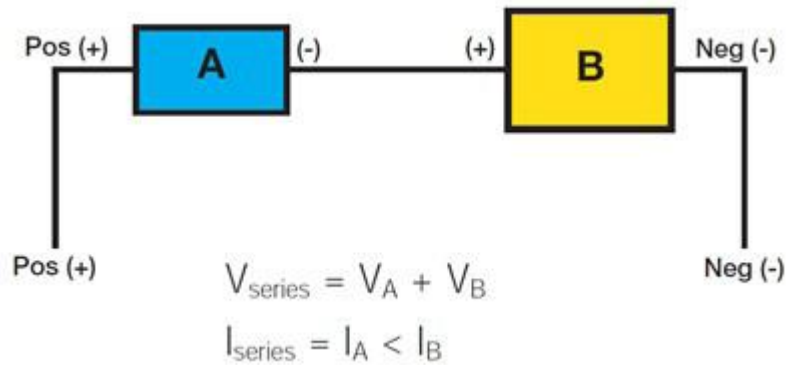


Figura 13. Evite conectar en serie módulos FV distintos.

Cuando se conectan en serie módulos distintos, las tensiones siguen sumándose, pero la corriente está limitada por el módulo de menor intensidad de salida en serie.

Las cadenas en serie de módulos fotovoltaicos se configuran eléctricamente en paralelo conectando los terminales negativos de cada cadena juntos y las cadenas positivas juntas. Normalmente, se requiere un dispositivo de sobrecorriente en cada cadena [690.g]. En la conexión en paralelo de las cadenas, las corrientes de las cadenas se suman y la tensión resultante de las cadenas es la media de las tensiones individuales de las cadenas. Las conexiones en paralelo de cadenas con diferente salida de corriente, o de cadenas en diferentes planos son aceptables, pero pueden requerir un dimensionamiento diferente del circuito según sea necesario. Véanse las figuras 14.

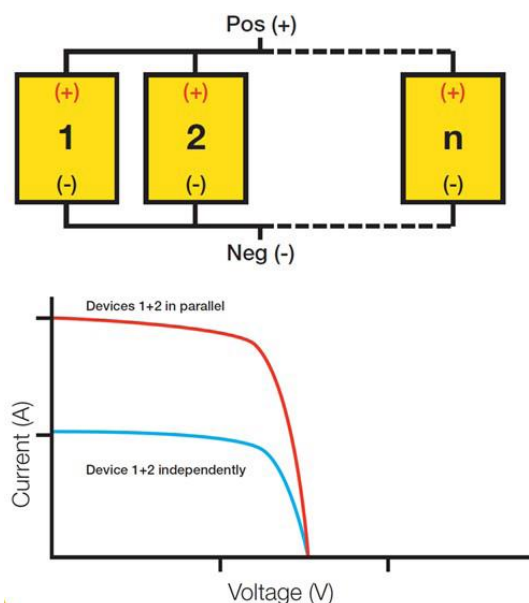


Figura 14. Los módulos fotovoltaicos se conectan en paralelo uniendo los terminales negativos y los positivos en un punto común.

La conexión de módulos fotovoltaicos similares en paralelo aumenta la corriente mientras la tensión se mantiene igual.

$$V_{string} = V_1 = V_2 \dots = V_n$$

$$V_{string} = (V_1 + V_2 + \dots + V_n) / n$$

$$I_{string} = I_1 + I_2 \dots + I_n$$

Los conjuntos fotovoltaicos monopolares constan de dos conductores del circuito de salida, uno positivo y otro negativo. Los conjuntos fotovoltaicos bipolares combinan dos conjuntos monopolares con una toma central conectada a tierra. Por lo tanto, los conjuntos bipolares tienen una tensión positiva y negativa referida a tierra. Algunos inversores están específicamente diseñados y catalogados para su uso con conjuntos bipolares. Véase la figura 15.

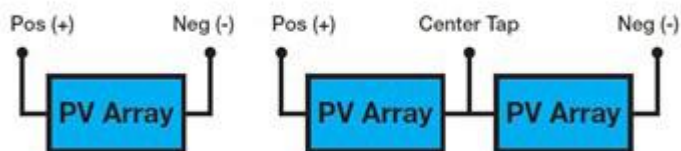


Figura 15. Los conjuntos fotovoltaicos monopolares constan de dos conductores de circuito de salida, mientras que los conjuntos bipolares combinan dos conjuntos monopolares con una toma central.

Los diodos de bypass se conectan en paralelo con cadenas de celdas solares en serie para evitar el sobrecalentamiento de las celdas solares cuando éstas o partes de un conjunto están a la sombra. Véase la figura 16.

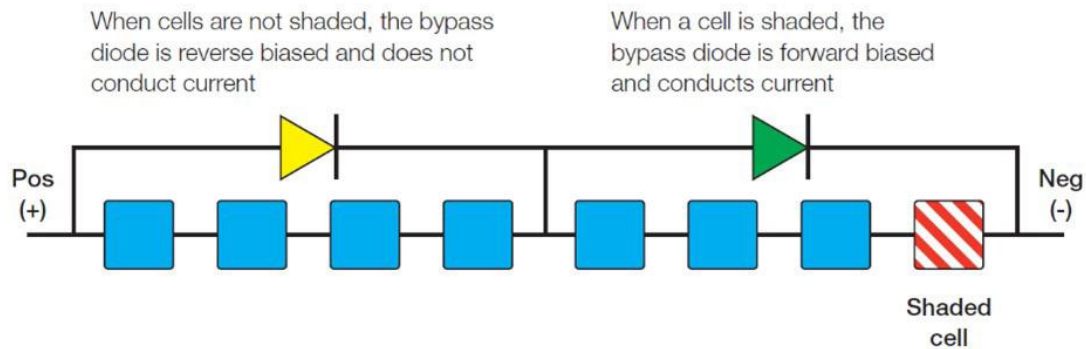


Figura 16. Los diodos de bypass se conectan en paralelo con cadenas de celdas solares en serie para evitar el sobrecalentamiento cuando éstas o partes de un conjunto están a la sombra.

Los diodos de bypass son esencialmente válvulas de retención eléctricas que permiten el flujo de corriente en una sola dirección. Cuando los módulos de las cadenas en serie están parcialmente sombreados, puede producirse una tensión inversa en las celdas solares o módulos sombreados. El diodo de bypass desvía la corriente alrededor de la zona sombreada y evita el sobrecalentamiento de las celdas solares. La mayoría de los módulos fotovoltaicos están equipados con diodos de bypass instalados de fábrica. Los diodos de bypass pueden o no ser reparables a través de las cajas de conexiones de los módulos.

#### Inversores a nivel de módulo

Los conjuntos fotovoltaicos diseñados con módulos de CA y microinversores son cada vez más populares en las instalaciones más pequeñas con conjuntos no homogéneos. Los inversores a nivel de módulo pueden optimizar la salida para conjuntos situadas en diferentes planos que reciben diferentes cantidades de radiación solar, o que utilizan diferentes tipos de módulos, o para conjuntos con sombreado parcial. Estos diseños no tienen circuitos de salida o fuente de corriente continua fotovoltaica, sino que combinan la salida de corriente alterna de varios inversores en paralelo en un dispositivo de sobrecorriente específico. Estos diseños son esencialmente circuitos de alimentación que consisten en fuentes de CA, a diferencia de los circuitos derivados que suministran cargas eléctricas.

#### 2.2 Tipos de sistemas fotovoltaicos

Los tipos de sistemas fotovoltaicos se clasifican en función de las cargas para las que están diseñados y de sus conexiones con otros sistemas y fuentes eléctricas. Los componentes específicos necesarios dependen del tipo de sistema y de sus requisitos funcionales y operativos.

Los sistemas fotovoltaicos autónomos funcionan independientemente de otros sistemas eléctricos y suelen utilizarse para aplicaciones de alimentación remota o de reserva, como la iluminación, el bombeo de agua, los dispositivos de seguridad para el transporte, las comunicaciones, los hogares sin conexión a la red y muchos otros. Los sistemas autónomos pueden estar diseñados para alimentar cargas eléctricas de corriente continua y/o alterna y, salvo algunas excepciones, utilizan baterías para almacenar la energía. Un sistema autónomo puede utilizar un conjunto fotovoltaico como única fuente de energía, o puede utilizar además turbinas eólicas, un motor-generador u otra fuente auxiliar en aplicaciones híbridas. Los sistemas fotovoltaicos autónomos no están pensados para producir una salida de CA que funcione en paralelo con la red eléctrica u otras fuentes. Véase la figura 17.

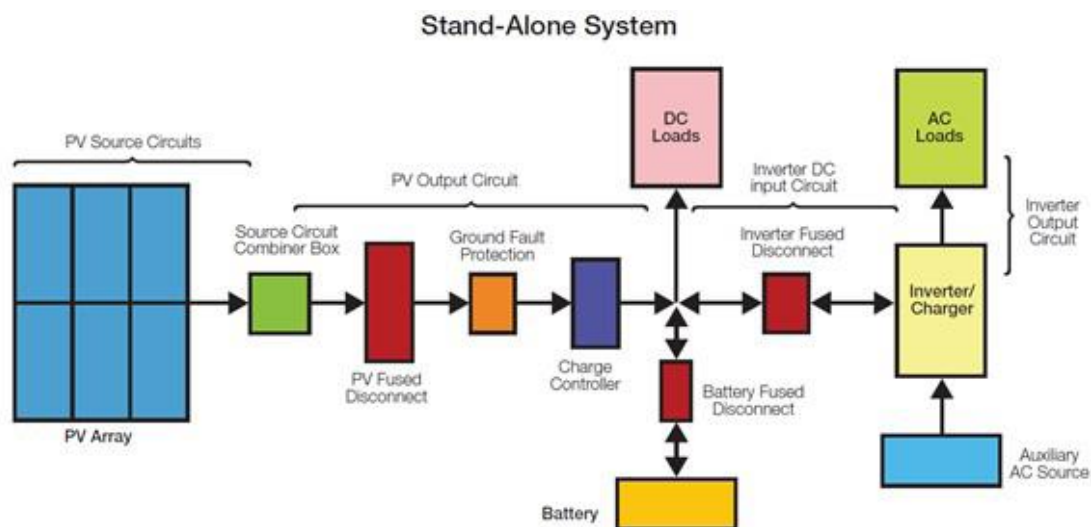


Figura 17. Los sistemas fotovoltaicos independientes funcionan de forma autónoma y están diseñados para satisfacer cargas eléctricas específicas.

Los sistemas fotovoltaicos interactivos funcionan en paralelo y están interconectados y sincronizados con la red eléctrica. Cuando se conectan a los sistemas de distribución

locales, los sistemas fotovoltaicos interactivos complementan la energía suministrada por la compañía eléctrica a un edificio o instalación. La corriente alterna producida por los sistemas interactivos suministra a las cargas eléctricas del lugar o se retroalimenta a la red cuando la producción del sistema fotovoltaico es mayor que la demanda de carga del lugar. Por la noche, durante el tiempo nublado o en cualquier otro periodo en el que las cargas eléctricas sean mayores que la producción del sistema fotovoltaico, el resto de la energía necesaria se recibe de la compañía eléctrica. Los sistemas fotovoltaicos interactivos deben desconectarse de la red durante los cortes de suministro o las perturbaciones por motivos de seguridad. Sólo los inversores interactivos especiales basados en baterías pueden proporcionar energía autónoma para las cargas críticas independientemente de la red durante los cortes. Véase la figura 18.

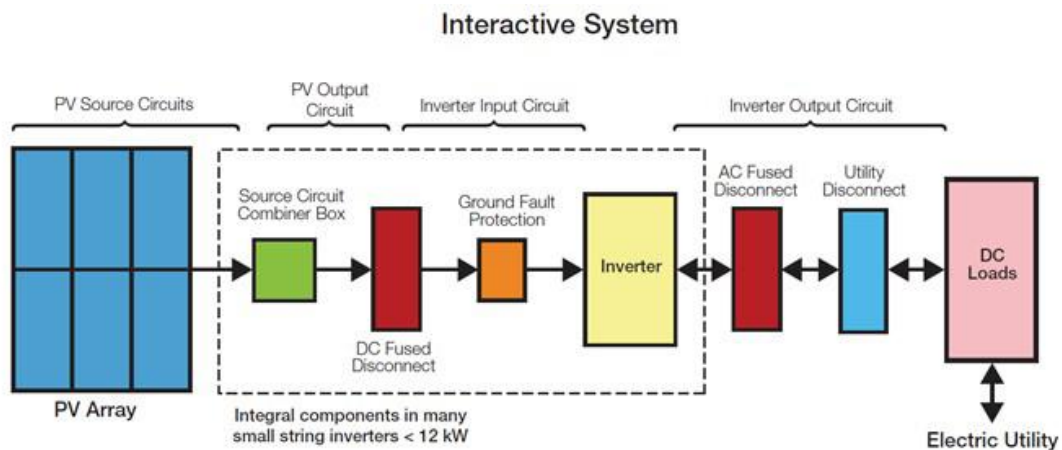


Figura 18. Los sistemas fotovoltaicos interactivos funcionan en paralelo con la red eléctrica y complementan las cargas eléctricas del lugar.

### 3 DOCUMENTACIÓN DEL SISTEMA

Todas las instalaciones fotovoltaicas deben contar con una documentación adecuada en la que se detallen el diseño del sistema y todos los componentes y materiales utilizados en su construcción. La documentación también debe incluir información sobre la seguridad y los procedimientos de funcionamiento y mantenimiento del sistema. Una documentación adecuada del sistema ayuda a garantizar un funcionamiento seguro y confiable del mismo, y suele ser necesaria para los siguientes

fines:

- Proceso de obtención de permisos y verificaciones
- Aprobación de la interconexión por parte de la compañía eléctrica
- Información para los proveedores de mantenimiento
- Información para el propietarios y personal de servicio
- Información para los servicios de emergencia

La documentación del sistema fotovoltaico es un registro permanente asociado a una instalación fotovoltaica, incluidos los registros de mantenimiento y pruebas. Esta información es fundamental para el mantenimiento eficaz y la evaluación del sistema a lo largo del tiempo.

Los componentes clave de un paquete de documentación del sistema FV deben incluir lo siguiente:

- Las potencias de CC y CA del sistema; el fabricante, el modelo y la cantidad de módulos fotovoltaicos, inversores, baterías, controladores y todos los demás componentes principales, según corresponda.
- Las fechas de instalación, puesta en marcha e inspección del sistema.
- Los nombres, direcciones postales, números de teléfono y direcciones de correo electrónico del cliente/propietario, del diseñador del sistema, del contratista de la instalación y de cualquier otra parte responsable o subcontratista.
- Un plano del sitio que identifique la ubicación de los equipos en los edificios o en relación con los límites de la propiedad.
- Un análisis de sombreado y estudio de producción de energía.
- Un diagrama unifilar que describa el diseño general del sistema, incluidos los tipos de módulos, el número total de módulos, los módulos por cadena y el número total de cadenas; los tipos y el número de inversores; y cualquier otro componente importante.
- Planos eléctricos y mecánicos completos
- Los tipos, tamaños y valores nominales de todos los componentes del balance del sistema anotados en el diagrama unifilar, o anotados y proporcionados en una tabla separada, incluyendo las especificaciones de todos los conductores, conductos, cajas de conexión, cajas combinadoras de circuitos de origen, desconectores, dispositivos de protección contra sobrecorriente y equipos de puesta a tierra, según corresponda.

- Hojas de datos y especificaciones de los módulos fotovoltaicos, inversores y otros componentes principales, incluidos los sistemas de montaje de los módulos.
- Manuales de instalación y de usuario/operador que proporcionan información importante sobre el funcionamiento y el mantenimiento seguros del equipo.
- Información sobre el funcionamiento y el mantenimiento, incluidos los procedimientos para verificar el correcto funcionamiento y rendimiento del sistema, y cómo determinar si hay un problema y qué hacer. También deben proporcionarse los procedimientos para aislar/desconectar el equipo y los procedimientos de parada de emergencia. Debe proporcionarse un plan de mantenimiento y los intervalos para todo el mantenimiento rutinario (programado) del sistema, como la limpieza del conjunto según sea necesario. Las guías de funcionamiento y mantenimiento deben diferenciar las tareas que pueden ser realizadas por el propietario, de las que requieren un servicio profesional debido a la complejidad de las tareas, las necesidades especiales de los equipos o los problemas de seguridad.

También deben proporcionarse formularios u hojas de registro para documentar las actividades de mantenimiento a lo largo del tiempo.

- Registro y evidencia de la capacitación o adiestramiento al propietario y al personal de servicio encargado de la operación y mantenimiento del sistema fotovoltaico
- Detalles de la garantía de los principales componentes, indicando los términos y condiciones, y cómo se gestiona el proceso de garantía y quién lo hace. También deben abordarse las garantías del sistema, incluida la calidad de la mano de obra, el sellado de la cubierta contra la intemperie o las garantías de rendimiento, según proceda.
- Copias de todos los informes de pruebas de puesta en servicio y datos de verificación.
- Los detalles financieros y de contratación son también una parte importante de la documentación del sistema y pueden incluirse con los elementos técnicos mencionados anteriormente o en un archivo separado. Estos documentos incluirían los contratos de construcción, las facturas y los pagos de materiales y mano de obra, los permisos de construcción, los certificados de inspección, los acuerdos de interconexión y las solicitudes y aprobaciones de los programas de incentivos, como los reembolsos y los formularios fiscales.

#### 4 COMISIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

El comisionamiento de los sistemas fotovoltaicos implica revisiones a los documentos, inspecciones visuales, pruebas y mediciones para verificar el funcionamiento seguro y adecuado del sistema, se lleva a cabo, antes de su funcionamiento y arranque inicial. Un proceso de comisionamiento ayuda a mejorar la seguridad y el control de calidad, permite verificar que la instalación se ajusta a los planos, a los requisitos de los códigos y normas y que funciona como se espera. Algunas de las pruebas realizadas durante la puesta en servicio pueden repetirse durante el mantenimiento periódico de rutina para ayudar a garantizar que el sistema siga funcionando satisfactoriamente durante su vida útil.

Los pasos clave del procedimiento de puesta en marcha de un sistema fotovoltaico suelen incluir:

- Completar los detalles finales de la instalación.
- Completar las inspecciones visuales.
- Verificación del cumplimiento de los requisitos de la normatividad vigente.
- Realización de pruebas de verificación eléctrica.
- Voc, Isc, resistencia de aislamiento, polaridad.
- Verificación de la funcionalidad del sistema, incluyendo el arranque, el funcionamiento, el apagado y los procedimientos de emergencia.
- Verificación de que la potencia del sistema y la producción de energía cumplen las expectativas de rendimiento.
- Completar la documentación del sistema, incluidos los cambios en los planos de construcción.
- Realización de la orientación y formación de los usuarios sobre el funcionamiento y la seguridad del sistema.

##### 4.1 Comprobación final de la instalación

Una comprobación final confirma que la instalación está completa antes de realizar cualquier prueba y comenzar las operaciones. Normalmente, el contratista de la instalación realizará la comprobación final, antes de las inspecciones formales por parte del propietario del edificio. A excepción del conjunto fotovoltaico, todos los circuitos

deben estar sin tensión siempre que sea posible para preparar las pruebas del sistema. Se puede utilizar una lista de tareas para ayudar a comprobar los elementos a medida que se completan, y normalmente incluye los siguientes elementos:

- Verificación de que todos los componentes estructurales y eléctricos están correctamente instalados y anclados.
- Verificación de que todos los componentes se han instalado de forma ordenada y profesional, incluidas las mejores prácticas de instalación del cableado.
- Verificación de las conexiones y terminaciones adecuadas, incluyendo las especificaciones de par de apriete de las terminales.
- Verificar que todas las etiquetas, marcas y rótulos requeridos del sistema y del equipo son correctos y están en los lugares adecuados.
- Verificar que todas las calibraciones o ajustes de los inversores, controladores de carga u otros equipos están correctamente configurados o programados.
- Verificar que todos los desconectores están abiertos, los fusibles retirados y los procedimientos de bloqueo/etiquetado estén colocados.
- Identificar y completar cualquier elemento no resuelto.
- Completar la limpieza del lugar y restablecer las condiciones originales.

#### 4.2 Inspección visual

Las inspecciones visuales de los sistemas fotovoltaicos deben realizarse como parte del comisionamiento y de forma rutinaria a lo largo de la vida útil del sistema para verificar y garantizar que el sistema se mantiene en un estado seguro y de funcionamiento adecuado. Las inspecciones visuales permiten evaluar muchas áreas, la frecuencia y el nivel de detalle dependen del tipo y el tamaño del sistema. Las inspecciones visuales se complementan con otras observaciones, mediciones de prueba y datos de rendimiento para evaluar completamente la seguridad y el estado de los sistemas fotovoltaicos.

Las inspecciones iniciales se utilizan principalmente para identificar los detalles de la instalación sin terminar y verificar el cumplimiento de los requisitos del código aplicable. Las inspecciones visuales realizadas después de la instalación durante el mantenimiento rutinario periódico tienden a buscar daños físicos o la degradación de

los equipos a causa de las temperaturas extremas, la humedad u otras condiciones ambientales.

Antes del arranque inicial, todos los sistemas fotovoltaicos deben ser inspeccionados para comprobar que cumplen con los numerosos requisitos de la normatividad vigente. Entre los requisitos clave de la NOM cubiertos en el artículo 110 Requisitos de las instalaciones eléctricas se incluyen:

- Todos los equipos deben estar debidamente listados, identificados y etiquetados, ser adecuados para las condiciones de uso y estar instalados de acuerdo con las instrucciones del producto listado [110.3].
- Todos los equipos se instalarán de forma pulcra y profesional, de acuerdo con las normas de calidad de la industria de la construcción eléctrica [110.12].
- Todos los equipos deben estar asegurados mecánicamente y provistos de una ventilación o refrigeración adecuada, según sea necesario [110.13].
- Todas las terminaciones y conexiones eléctricas se realizarán utilizando productos y métodos de instalación aprobados [110.14]. Esto incluye la consideración de los materiales de los conductores y terminales, los valores nominales de temperatura y el uso de terminales especialmente aprobados para el uso de conductores finos trenzados o más de un conductor. Los conectores a presión que utilizan un tornillo de fijación tienen pares de apriete requeridos, y estos valores deben registrarse y verificarse en la puesta en marcha.
- Todo el equipo eléctrico debe estar marcado con la identificación del fabricante y las especificaciones y valores nominales aplicables [110.21].
- Se proporcionarán espacios de trabajo suficientes en torno a cualquier equipo eléctrico que pueda ser objeto de servicio o mantenimiento mientras esté energizado [110.26]. También se requieren espacios libres y espacios dedicados en torno a ciertos equipos eléctricos, como los centros de carga o tableros de distribución.

Los requisitos de la NOM incluidos en el artículo 69o Sistemas solares fotovoltaicos también deben evaluarse y verificarse durante las inspecciones visuales. Estos requisitos abordan las siguientes áreas:

- Cálculo de las tensiones y corrientes de los circuitos
- Determinación de los tamaños y valores nominales de los conductores y de los dispositivos de sobrecorriente
- Localización de los medios de desconexión
- Métodos de cableado y conectores
- Puesta a tierra de equipos y sistemas
- Marcas y etiquetas
- Conexión a otras fuentes (también art. 705)
- Instalación de baterías y reguladores de carga
- Muchos artículos de los cuatro primeros capítulos de la NOM también se aplican a la mayoría de las instalaciones fotovoltaicas, entre otros:
  - Artículo 110 Requisitos para las instalaciones eléctricas
  - Artículo 230 Servicios
  - Artículo 240 Protección contra sobreintensidades
  - Artículo 250 Puesta a tierra y conexión a tierra
  - Artículo 300 Métodos de cableado
  - Artículo 310 Conductores para el cableado general
  - Artículo 314 Cajas de salida, de dispositivos, de tiro y de empalme
  - Artículo 338 Cable de entrada de servicio: Tipos SE y USE
  - Artículo 344 Conductos metálicos rígidos: Tipo RMC
  - Artículo 356 Tubo flexible no metálico estanco: Tipo LFNC
  - Artículo 358 Tubos eléctricos metálicos: Tipo EMT
  - Artículo 400 Cordones y cables flexibles
  - Artículo 408 Cuadros de distribución y de distribución
  - Artículo 445 Generadores
  - Artículo 450 Transformadores
  - Artículo 480 Baterías de almacenamiento
  - Artículo 705 Fuentes de producción de energía eléctrica interconectadas 4.2.1

#### 4.2.1 Etiquetas y marcas

Se requieren numerosas marcas, etiquetas y señales para identificar los sistemas fotovoltaicos y sus componentes, y para advertir a los operadores, al personal de servicio o a los equipos de emergencia de las condiciones peligrosas. Las marcas y etiquetas de los fabricantes identifican el tamaño, el tipo, las especificaciones y los valores nominales de los módulos fotovoltaicos, los inversores, los controladores, las cajas combinadoras, los conductores, las canalizaciones, los dispositivos de sobrecorriente, los interruptores y todos los demás componentes eléctricos. Estas marcas se colocan en el producto en el momento de la fabricación e incluyen las marcas del listado del organismo de homologación. Los inspectores pueden verificar estas marcas durante las inspecciones y basarse en ellas para sus aprobaciones [110.2, 110.3, 100.21].

Se requieren marcas y etiquetas adicionales para todo el sistema y para determinados componentes de los sistemas fotovoltaicos, que debe proporcionar y colocar el instalador. Entre ellas se incluyen etiquetas adicionales en los conductores de CC y en los conductos [690.4, 690.31], en los conectores [690.33], en los medios de desconexión [690.14, 690.17] y en el punto de conexión a la red eléctrica [690.54, 705.10, 705.12]. También se requieren etiquetas y marcas en los módulos fotovoltaicos [690.51], los módulos de corriente alterna [690.52], la fuente de energía fotovoltaica [690.53], el equipo de protección contra fallos a tierra [690.5] y los sistemas de almacenamiento de baterías [690.55]. También se requiere un etiquetado especial para los conjuntos bipolares [690.7], los conjuntos fotovoltaicos sin conexión a tierra [690.35], las instalaciones con sistemas autónomos o fuentes de alimentación múltiples [690.56] y los inversores autónomos que proporcionan una única alimentación de 120 voltios [690.10].

## 5 PRUEBAS Y MEDICIONES DEL SISTEMA

Los sistemas fotovoltaicos deben someterse a pruebas exhaustivas en el momento del comisionamiento y periódicamente a lo largo de su vida útil para garantizar un rendimiento adecuado y un funcionamiento seguro. Las mediciones de referencia en el momento de la puesta en marcha del sistema se comparan con los valores nominales del sistema y las expectativas de aceptación, y sirven de referencia para

comparar con futuras mediciones. Los cambios en los resultados de las pruebas a lo largo del tiempo se utilizan para hacer un seguimiento de la degradación del sistema e identificar los problemas que requieren atención o servicio por razones de seguridad o rendimiento. Los circuitos o componentes que se modifican o sustituyen deben volver a probarse en consecuencia.

Existen varios tipos de pruebas eléctricas realizadas en sistemas fotovoltaicos que se utilizan para verificar los requisitos de la NOM y el rendimiento del sistema. En muchos casos, la información sobre el rendimiento del sistema es medida, registrada y mostrada por los inversores del sistema FV o los controladores de carga, y puede utilizarse para verificar las funciones del sistema y su correcto funcionamiento.

A continuación, se resumen los tipos de pruebas más comunes que se realizan en los sistemas FV y la información que proporcionan:

- Las pruebas de continuidad y resistencia verifican la integridad de los sistemas de puesta a tierra y de unión, los conductores, las conexiones y otras terminaciones.
- Las pruebas de polaridad verifican la polaridad correcta de los circuitos FV de corriente continua y las terminaciones adecuadas de los equipos de utilización de corriente continua.
- Las pruebas de tensión y corriente verifican que el conjunto fotovoltaico y los parámetros de funcionamiento del sistema están dentro de las especificaciones.
- Las pruebas de resistencia del aislamiento verifican la integridad del cableado y del equipo y se utilizan para detectar la degradación y los fallos del aislamiento del cableado.
- Las pruebas de rendimiento verifican que la potencia del sistema y la producción de energía son coherentes con las expectativas. Estas pruebas también requieren mediciones de la temperatura del conjunto y de la irradiación solar.
- En el caso de los sistemas fotovoltaicos autónomos o híbridos que incorporan almacenamiento de energía y fuentes de energía adicionales, pueden realizarse las siguientes pruebas adicionales:
  - Mediciones de la tensión, la capacidad y la gravedad específica de la batería.
  - Verificación de los puntos de ajuste del regulador de carga y de la compensación de la temperatura.

- Verificación de las funciones de control de la corriente de carga y de la carga.
- Verificación del rendimiento y la integridad del cableado de otras fuentes.

### 5.1 Pruebas de continuidad

Las pruebas de continuidad se utilizan habitualmente para verificar las conexiones de tierra y de unión en los sistemas eléctricos. Estas pruebas también verifican el correcto funcionamiento de los medios de desconexión y la función de los dispositivos de protección contra sobrecorrientes, como los fusibles y los interruptores. Las mediciones de la resistencia también pueden utilizarse para estimar la caída de tensión en conductores, terminaciones y otras conexiones, así como para evaluar los devanados de motores y transformadores.

Una conexión a tierra adecuada de los sistemas fotovoltaicos reduce el riesgo de descarga eléctrica para el personal, los efectos de los rayos y las sobretensiones en los equipos. Hay dos tipos básicos de conexión a tierra. La puesta a tierra del sistema conecta un conductor de corriente de un sistema eléctrico con la tierra, o el potencial de tierra. La puesta a tierra del equipo conecta a tierra las partes metálicas que no transportan corriente, como los marcos de los módulos fotovoltaicos, los bastidores, los gabinetes, las cajas de conexiones, los conductos y otros componentes metálicos. Todos los sistemas fotovoltaicos requieren la conexión a tierra de los equipos, y la mayoría también requiere la conexión a tierra del sistema. Los requisitos específicos de conexión a tierra para los sistemas FV se abordan en el artículo 690, parte V, de la NOM y los requisitos generales de conexión a tierra y enlace se tratan en el artículo 250. Véase la figura 19.

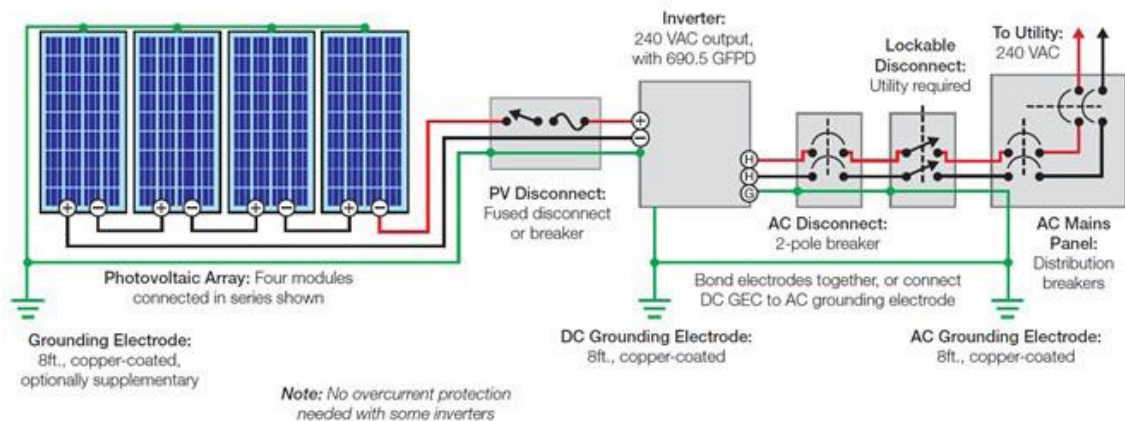


Figura 19. Todos los sistemas FV requieren una conexión a tierra del equipo y la mayoría también requiere una conexión a tierra del sistema.

Algunos sistemas fotovoltaicos se instalan con un conductor de circuito de corriente continua conectado a tierra, ya sea el conductor positivo o negativo, o la toma central de los conjuntos bipolares [690.41]. Esta conexión debe realizarse en un único punto del circuito de salida fotovoltaico [690.42]. En el caso de los inversores interactivos con protección contra fallos a tierra [690.5], esta conexión se realiza normalmente en el interior del inversor en bornes específicos según las instrucciones del fabricante.

La conexión entre el conductor puesto a tierra y el sistema de electrodos de tierra se realiza a través del dispositivo de protección contra fallas a tierra. Cuando se detecta una condición de falla a tierra por el flujo de corriente en este conductor, el circuito se abre y el inversor muestra una indicación de fallo a tierra. Se requieren etiquetas especiales para advertir que los conductores normalmente conectados a tierra pueden no estarlo y estar energizados. Deben tomarse las precauciones de seguridad apropiadas alrededor de cualquier conjunto fotovoltaico cuando se sospeche que hay fallos a tierra.

Los sistemas fotovoltaicos sin conexión a tierra están permitidos por la NOM, pero requieren inversores especialmente listados y diseñados para su uso con conjuntos sin conexión a tierra, cableado especial o protección para el cableado, y requieren medios de desconexión, protección contra sobrecorriente y protección contra fallas a tierra en ambos conductores de CC del conjunto sin conexión a tierra [690.35].

Los conjuntos fotovoltaicos sin conexión a tierra son comunes, debido a los menores costos de los inversores y a la capacidad de detectar mejor los fallos del conjunto.

La puesta a tierra de los equipos de los sistemas fotovoltaicos es un reto especial, debido al gran número de módulos fotovoltaicos individuales en los conjuntos y a sus múltiples conexiones a las estructuras metálicas de soporte. Los fabricantes de módulos fotovoltaicos están obligados a proporcionar detalles sobre los métodos y componentes de puesta a tierra de equipos aceptables en sus instrucciones de instalación, de acuerdo con la norma UL 1741 para la seguridad de los módulos. Sin embargo, las diferentes estructuras de montaje suministradas por los distintos fabricantes suelen requerir prácticas y accesorios de conexión a tierra especializados. Asegúrese de seguir las instrucciones del fabricante del módulo y del sistema de montaje para las prácticas adecuadas de conexión a tierra del equipo.

Las pruebas de resistencia y continuidad eléctrica pueden utilizarse para confirmar los siguientes requisitos de la NOM:

- Verifique que el acabado o el anodizado del aluminio u otros componentes metálicos se haya eliminado o penetrado satisfactoriamente para las conexiones de enlace de los equipos [250.12, 250.96].
- Verificar que todos los electrodos de puesta a tierra disponibles en un edificio están unidos entre sí y forman un único sistema de electrodos de puesta a tierra [250.50]. Esto incluye las tuberías de agua metálicas subterráneas; el acero estructural del edificio; los electrodos encapsulados en concreto; los anillos de tierra; y los electrodos de varilla, tubo y placa, según estén disponibles.
- Verificar que el conductor del electrodo de puesta a tierra es continuo y que la viabilidad de cualquier empalme, soldadura u otra conexión irreversible se realiza con medios aprobados donde se permita [250.64]. Verificar también la conexión del conductor del electrodo de puesta a tierra con el electrodo de puesta a tierra.
- Verificar que las canalizaciones metálicas, los gabinetes, los marcos, los accesorios y otros componentes que sirven como conductores de puesta a tierra del equipo están correctamente unidos entre sí [250.86, 250.96]. Los circuitos que funcionan con más de 250 voltios a tierra requieren métodos especiales de unión para garantizar la

continuidad eléctrica de las canalizaciones metálicas, como el uso de tuercas de seguridad y casquillos de unión listados [250.97].

- Verificar que la continuidad del conductor de puesta a tierra del equipo es la primera en hacer y última en desconectar para cualquier equipo de enchufe y receptáculo y que no está abierto por ningún dispositivo de desconexión [250.124].
- Verificar que las canalizaciones y los gabinetes metálicos están unidos en un conductor eléctrico continuo [300.10]. La pérdida de continuidad mecánica, debida a una instalación incorrecta o a un soporte inadecuado, también puede provocar la pérdida de continuidad eléctrica [300.11, 310.12].
- Verifique que las partes metálicas de todos los bastidores de los módulos fotovoltaicos, las estructuras de soporte y otros equipos estén conectados al sistema de puesta a tierra del equipo [690.43]. Se permiten dispositivos especiales de conexión de equipos, listados e identificados para la conexión a tierra de los marcos de los módulos a las estructuras de soporte, cuando estén aprobados para tipos específicos de módulos y estructuras de montaje. Consulte las instrucciones del fabricante del módulo FV y del sistema de montaje para obtener información adicional.
- Verifique la continuidad de las conexiones a tierra de los equipos y de los puentes de conexión cuando se retiren los módulos fotovoltaicos o los inversores de un circuito para su mantenimiento [690.48]. También se aplican requisitos similares para mantener la continuidad de los conductores de puesta a tierra de los equipos a las cajas metálicas que contienen receptáculos, luminarias y otros dispositivos que pueden retirarse para el servicio [250.148].
- Verificar que la continuidad entre los conductores del circuito de fuente y del circuito de salida del conjunto fotovoltaico conectados a tierra permanezca unida al conductor del electrodo de puesta a tierra siempre que se retire un inversor u otro equipo para el servicio [690.49].

Las pruebas de continuidad pueden realizarse con un óhmetro convencional capaz de medir resistencias bajas. La mayoría de los multímetros digitales también incluyen funciones de prueba de continuidad que producen una indicación de aprobación o rechazo, como una alarma audible cuando se verifica la continuidad. A menudo, pueden

ser necesarios cables de prueba muy largos para verificar la continuidad de las conexiones a tierra en los sistemas fotovoltaicos, debido a las grandes distancias de separación entre los componentes. Para obtener lecturas precisas, la resistencia de los cables de prueba se tiene en cuenta o se anula poniendo a cero el óhmetro antes de realizar cualquier medición de resistencia. También es crucial una superficie limpia y una conexión confiable de los cables de prueba al circuito que se está probando. Las pruebas de continuidad y resistencia sólo deben realizarse en circuitos y conductores sin tensión.

## 5.2 Pruebas de polaridad

Al igual que para cualquier circuito de corriente continua, la polaridad del cableado del conjunto y de los equipos de corriente continua es una preocupación crítica para las instalaciones fotovoltaicas. La polaridad de cada circuito de fuente de energía fotovoltaica debe verificarse antes de conectarla a cualquier equipo de utilización de corriente continua, como baterías, controladores de carga, inversores o cargas eléctricas. Sin la protección de sobrecorriente requerida para los circuitos de fuente y de salida del conjunto fotovoltaico [690.9, 240], la inversión de la polaridad de la conexión de un conjunto a una batería puede provocar resultados desastrosos y dañar los módulos fotovoltaicos o el cableado del circuito de origen. Un conjunto con polaridad invertida también puede actuar como carga y descargar la corriente de una batería sin algún tipo de protección contra la corriente inversa, como un diodo de bloqueo. Algunos inversores tienen rectificadores en su entrada de CC para protegerlos de las conexiones de polaridad inversa, pero muchos no los tienen y pueden resultar dañados si se invierten las conexiones inadvertidamente.

La inversión de la polaridad de un módulo FV dentro de un determinado circuito de fuente en serie puede producirse en el caso de las conexiones cableadas, aunque este problema se ha eliminado en gran medida gracias a los conectores de los módulos FV instalados en fábrica y al requisito de que estén polarizados, marcados y no sean intercambiables [690.33]. En el caso de los módulos fotovoltaicos que utilizan diodos de bypass, la inversión de la polaridad del módulo dentro de un circuito de fuente en serie

obligará a ese módulo a funcionar con una tensión inversa limitada por la caída de tensión a través de los diodos de bloqueo, normalmente alrededor de 0.7 V para cada diodo. El resultado es que la corriente de los demás módulos de la cadena en serie “puenteará” al módulo invertido, y la salida de tensión neta de toda la cadena se reducirá por la tensión del módulo invertido más la caída de tensión a través de los diodos de bypass. Los diodos de bypass evitan que los módulos fotovoltaicos funcionen con grandes tensiones inversas que pueden provocar una elevada disipación de energía y daños en el módulo.

La inversión de la polaridad de un circuito de fuente fotovoltaica individual dentro de una caja combinadora simplemente cancelará la salida de corriente de otras cadenas conectadas en paralelo y cableadas con la polaridad adecuada. En el caso de las instalaciones fotovoltaicas más grandes, con docenas de circuitos fuente que terminan en varias cajas combinadoras a lo largo del conjunto fotovoltaico, el seguimiento de cada circuito fuente y su polaridad puede ser un reto. Para ayudar a reducir la confusión y promover mejores prácticas de gestión del cableado, la NOM exige que todos los conductores de los circuitos fotovoltaicos estén claramente identificados mediante el etiquetado, la agrupación o el código de colores en todas las terminaciones, conexiones o empalmes [690.4]. Todos los fusibles del circuito de la fuente y los diodos de derivación del módulo deben comprobarse si los módulos o las cadenas se conectan alguna vez con la polaridad invertida.

La polaridad se verifica midiendo la tensión en los circuitos energizados, antes de cerrar los desconectores y hacer funcionar el sistema por primera vez. La mayoría de los multímetros digitales pueden utilizarse para este fin, así como los equipos especializados de prueba de conjuntos fotovoltaicos capaces de medir la tensión de corriente continua en el rango apropiado.

La polaridad debe verificarse en los siguientes componentes y circuitos de corriente continua del sistema fotovoltaico:

- Módulos fotovoltaicos
- Circuitos de la fuente fotovoltaica
- Circuitos de salida fotovoltaicos
- Medios de desconexión

- Circuitos de baterías y reguladores de carga
- Terminaciones de entrada del inversor
- Cargas eléctricas

### 5.3 Pruebas de tensión y corriente

Las pruebas básicas de tensión y corriente se realizan en los circuitos de corriente continua y alterna de los sistemas fotovoltaicos para verificar que estos parámetros están dentro de los límites aceptables antes comenzar el funcionamiento del sistema. Se pueden realizar pruebas detalladas de tensión y corriente en los circuitos y conjuntos de fuentes fotovoltaicas para verificar su rendimiento. Las pruebas para la verificación del rendimiento requieren mediciones adicionales de la irradiación solar y de las temperaturas del conjunto, así como la traslación de los resultados de las pruebas a una condición de prueba de referencia.

Antes del funcionamiento del sistema, debe verificarse la tensión de los siguientes circuitos y fuentes en los sistemas FV:

- Verificar la tensión de CA y la fase correcta en el suministro de la red, las terminales de CA del inversor y los desconectores.
- Verificar la tensión de CC y la polaridad correcta de los circuitos de fuente y salida del conjunto fotovoltaico y de los desconectores de CC.
- Verifique la tensión de CC y la polaridad correcta de los subsistemas de batería, cargador y controlador de carga.

Muchos inversores fotovoltaicos disponen de una monitorización de datos integral que mide muchos parámetros del sistema en los lados de CC y CA del inversor, incluyendo la tensión, la corriente y la potencia de CC. Por lo general, las mediciones del circuito de la fuente deben realizarse en las cajas combinadoras en los sistemas más grandes, donde los circuitos de la fuente pueden aislarse e identificarse para las pruebas.

#### 5.3.1 Pruebas de la tensión en circuito abierto

Antes de cerrar los desconectores de CC del conjunto fotovoltaico, se debe probar la tensión en circuito abierto (Voc) de cada circuito fuente del conjunto fotovoltaico y

compararla con las expectativas. Esta prueba también puede utilizarse para verificar la polaridad correcta.

Estas pruebas simplemente verifican la instalación correcta y no pretenden verificar el rendimiento. Las pruebas de tensión en circuito abierto requieren un voltímetro adecuado capaz de leer tensiones de CA y CC de 600 V a 1000 V o mayores.

La mayoría de los sistemas fotovoltaicos tienen cadenas idénticas compuestas por el mismo número de módulos conectados en serie.

En estos casos, deben esperarse lecturas de tensión en circuito abierto similares en las mismas condiciones de prueba, normalmente con un 5% de diferencia. Una tensión inferior a la esperada puede deberse a un cableado incorrecto del conjunto, a módulos defectuosos o a diodos de bypass en cortocircuito. También debe verificarse que las mediciones de la tensión en circuito abierto de la cadena operan dentro de los límites de tensión de CC para los inversores, controladores de carga o cualquier otro equipo de utilización de CC.

Si también se miden las temperaturas medias de las celdas solares, las mediciones de la tensión en circuito abierto pueden traducirse fácilmente a una condición de temperatura de referencia para compararla con las especificaciones del sistema. Basándose en un coeficiente estándar de tensión-temperatura de  $-0.4\%/^{\circ}\text{C}$  para los módulos fotovoltaicos de silicio cristalino, el cambio de tensión correspondiente debería ser del 2.5% por cada  $10^{\circ}\text{C}$  de cambio en la temperatura del módulo.

### 5.3.2 Pruebas de corriente de cortocircuito

Las pruebas de corriente de cortocircuito se llevan a cabo en los circuitos de la fuente de la cadena fotovoltaica para verificar que las lecturas son correctas y que los circuitos están libres de fallos importantes. Al igual que las pruebas de tensión en circuito abierto, estas pruebas sólo pretenden verificar el correcto funcionamiento del sistema, no su rendimiento. Se necesita un equipo de pruebas adecuado, capaz de cortocircuitar de forma segura los circuitos de corriente continua de alta tensión. La mayoría de los multímetros digitales pueden medir la corriente continua hasta 10 A, pero requieren un dispositivo de cortocircuito adecuado para medir la corriente con seguridad. También existen pinzas amperimétricas para medir la corriente continua, que también requieren

un dispositivo de cortocircuito externo. Algunos interruptores y desconectores pueden tener valores nominales de corriente continua y tensión de ruptura de carga para cortocircuitar los circuitos de la fuente.

La corriente de cortocircuito es directamente proporcional a la irradiación solar que incide sobre el conjunto. Por lo tanto, estas pruebas deben realizarse rápidamente, en condiciones de cielo despejado y con un nivel de irradiación lo más constante posible. Asegúrese de que el conjunto no está a la sombra ni sucio antes de la prueba. Las lecturas de la corriente de cortocircuito tomadas en condiciones estables deben estar típicamente dentro del 5% o entre ellas para su aceptación. Si las mediciones de irradiación se realizan simultáneamente con las mediciones de corriente de cortocircuito, los resultados pueden trasladarse fácilmente a una condición de irradiación de referencia, por ejemplo 1000 W/m<sup>2</sup>, para comparar con las especificaciones.

#### 5.4 Pruebas de resistencia de aislamiento

Las pruebas de resistencia de aislamiento se utilizan para verificar y demostrar la integridad de los sistemas y equipos de cableado eléctrico, tal y como exige la NOM [110.7]. Estas pruebas pueden utilizarse para evaluar la degradación o los daños en el aislamiento del cableado y para localizar fallos dentro de los conjuntos fotovoltaicos y otros circuitos del sistema. Las pruebas de aislamiento son un elemento importante del comisionamiento, las pruebas de aceptación y el mantenimiento preventivo de los sistemas fotovoltaicos.

Los conductores eléctricos suelen estar aislados con una cubierta exterior para protegerlos del contacto con el personal, los equipos u otros conductores. Cuando los conductores están expuestos en los puntos de terminación o en las barras colectoras, la separación de los terminales y los espacios de aire proporcionan propiedades aislantes. En comparación con los conductores que tienen una resistencia muy baja del orden de unos pocos ohmios o menos, los aislantes tienen una resistencia muy alta medida en megaohmios (MΩ).

La calidad del aislamiento de un conductor puede determinarse midiendo su resistencia. La resistencia del aislamiento se determina aplicando una tensión de

prueba constante a un conductor y midiendo el flujo de corriente entre el conductor y tierra, o entre otros conductores del sistema desenergizados.

A medida que el aislamiento del cableado se degrada, su resistencia disminuye y el pequeño flujo de corriente a través del aislamiento aumenta. Cuanto mayor sea su valor de resistencia, mejor será la calidad del aislamiento del conductor. Una corriente de fuga excesiva puede suponer un peligro de descarga eléctrica, dañar el equipo y degradar el rendimiento del sistema.

Los daños en el aislamiento del cableado pueden deberse a una instalación incorrecta, o a cualquier número de factores ambientales, como los impactos o las vibraciones, los animales o los insectos, o el deterioro por la temperatura o la luz solar, u otras condiciones adversas.

Debido a la degradación de los módulos fotovoltaicos y de los sistemas de cableado a lo largo de muchos años de exposición directa a la intemperie, los conjuntos fotovoltaicos más antiguos tendrán naturalmente una menor resistencia de aislamiento que cuando eran nuevos. Se recomienda realizar pruebas de resistencia de aislamiento con un intervalo de mantenimiento de 3 años, o con mayor frecuencia si las circunstancias lo exigen.

La resistencia de aislamiento se mide entre los conductores bajo prueba y la tierra, o entre otros conductores. Las pruebas de resistencia de aislamiento y corriente de fuga se utilizan para verificar la integridad de los siguientes circuitos y componentes del sistema fotovoltaico:

- Verificación de la integridad de los módulos FV y de los conductores del circuito de fuente y de salida del conjunto.
- Medición de la corriente de fuga a través de los dispositivos de sobrecorriente y desconexión, incluidos los fusibles, interruptores e interruptores.
- Medición de la resistencia de aislamiento de cualquier equipo con bobinas, como motores, generadores, transformadores e inductores.
- Comprobar la resistencia del electrodo de tierra.

Para mantener la seguridad y evitar dañar los componentes durante las pruebas, las siguientes guías y precauciones se aplican a las pruebas de aislamiento de los circuitos del sistema fotovoltaico y los equipos asociados:

- Utilice siempre guantes de goma aislados con protectores de cuero cuando realice las pruebas de aislamiento. Asegúrese de que la zona de pruebas y el equipo están protegidos del acceso de personas no autorizadas.
- Aísle los circuitos para las pruebas abriendo los desconectores y verifique que los circuitos estén desenergizados utilizando los procedimientos LOTO antes de conectar el comprobador de aislamiento. La excepción son los circuitos de la fuente de corriente continua fotovoltaica que siempre están energizados cuando están expuestos a la luz.
- El cable de prueba con conexión a tierra debe ser siempre el primero en realizar y el último en interrumpir cualquier medición del circuito.

Nunca utilice los comprobadores de aislamiento en un entorno explosivo o cerca de materiales combustibles.

- Nunca utilice comprobadores de aislamiento en circuitos con cualquier equipo electrónico, incluyendo inversores, controladores de carga o instrumentación, o equipos de supresión de sobretensiones, ya que la aplicación de altas tensiones de prueba puede dañar estos equipos.
- No realice nunca pruebas de aislamiento en baterías u otros sistemas de almacenamiento de energía.
- Asegúrese siempre de que los circuitos se descargan adecuadamente antes y después de las pruebas de aislamiento, ya sea a través del equipo de prueba o externamente con una resistencia de carga. Esto es especialmente importante para los módulos fotovoltaicos, los devanados de los motores y los métodos de cableado en paralelo con características capacitivas.

#### Equipo de prueba

Las pruebas de resistencia de aislamiento se suelen medir con un megóhmetro. Un megóhmetro es un tipo especial de óhmetro que mide valores muy altos de resistencia aplicando altas tensiones de prueba entre los conductores y midiendo la corriente de

fuga. Los megaóhmetros pueden ser alimentados por una fuente externa, por baterías internas o por una manivela. Las tensiones de prueba varían entre 50 Vdc y 5000 Vdc, según el instrumento y su finalidad.

#### Consideraciones sobre las pruebas

La resistencia de aislamiento varía con el tipo de aislamiento y es inversamente proporcional al volumen de aislamiento probado. Por ejemplo, un conductor aislado de 500 pies de longitud suele tener una quinta parte de la resistencia de aislamiento que el mismo conductor aislado de sólo 100 pies de longitud. La resistencia del aislamiento también disminuye con el tiempo, ya que el aislamiento se degrada y también se ve afectado por la temperatura y la humedad. La resistencia de aislamiento es inversamente proporcional a la temperatura; a medida que la temperatura disminuye en 10°C, la resistencia de aislamiento se duplica. Por ejemplo, un conductor con una resistencia de aislamiento de 4 MΩ a 20°C tendría una resistencia de 1 MΩ a 40°C. En consecuencia, es importante medir y evaluar las lecturas de resistencia de aislamiento a temperaturas constantes y registrar esta información con los resultados de las pruebas. Para evitar los efectos de la condensación y la humedad, las pruebas de resistencia de aislamiento en seco sólo deben realizarse cuando la temperatura del conductor esté por encima del punto de rocío.

#### Procedimientos de prueba

Las pruebas de resistencia de aislamiento se realizan aplicando altas tensiones a los conductores y equipos y determinando la resistencia mediante la medición de la corriente de fuga. Todos los circuitos deben estar aislados de otros para la prueba y descargados antes y después de la misma. Las conexiones a tierra o de enlace se dejan conectadas. Cualquier equipo de supresión de sobretensiones debe retirarse de los circuitos. Los cables de prueba deben realizar una conexión fiable con el circuito bajo prueba y puede ser necesario limar o esmerilar algunos componentes metálicos recubiertos.

La tensión de prueba depende de los circuitos o equipos probados. Por lo general, es más alta que las tensiones de funcionamiento de los circuitos o equipos bajo prueba, pero no más alta que las tensiones nominales de los equipos o conductores. Los fabricantes pueden utilizar tensiones más elevadas para las pruebas de los equipos que para las pruebas de campo. La norma IEC 62446 recomienda una tensión de prueba de 250 V para los conjuntos fotovoltaicos con una tensión máxima inferior a 120 V, una tensión de prueba de 500 V para los conjuntos fotovoltaicos de 120 V a 500 V y una tensión de prueba de 1000 V para los conjuntos superiores a 500 V (asegúrese de que los módulos están preparados para 1000 V para esta prueba).

La resistencia de aislamiento y otras pruebas eléctricas de los conjuntos fotovoltaicos se miden generalmente en las cajas combinadoras de los circuitos fuente, donde se puede acceder a los circuitos individuales del conjunto. Las pruebas pueden llevarse a cabo en seco, o se puede rociar un agente humectante sobre partes de un conjunto para localizar mejor los fallos. Las pruebas de aislamiento pueden realizarse utilizando cualquiera de los dos métodos siguientes:

1. Entre el conductor positivo de corriente continua y la tierra, y entre el conductor negativo de corriente continua y la tierra.
2. Entre los conductores positivo y negativo de corriente continua en cortocircuito y la tierra. Requiere un dispositivo de cortocircuito adecuado para la corriente y la tensión del circuito.

La conexión a tierra se realiza a los marcos metálicos del módulo o a las estructuras de soporte, a los sistemas de electrodos de tierra del edificio o directamente a tierra. Algunos módulos y estructuras de soporte pueden no tener una estructura de soporte o marcos metálicos.

En el caso de los sistemas no conectados a tierra, las pruebas deben realizarse entre los cables del conjunto y la tierra, y también entre los cables del conjunto y el marco.

La norma IEC 62446 recomienda 0.5 M $\Omega$  como valor mínimo aceptable de resistencia de aislamiento para los conjuntos fotovoltaicos que funcionan a menos de 120 V. Para tensiones del sistema superiores a 120 V, se considera aceptable 1 M $\Omega$  o más. Las pruebas realizadas durante el comisionamiento del sistema pueden utilizarse como

línea de base con la que se pueden comparar las mediciones posteriores para evaluar el estado y la degradación del cableado.

La norma ASTM E2047, Standard Test Method for Wet Insulation Integrity Testing of Photovoltaic Arrays (Método de prueba estándar para la prueba de integridad del aislamiento húmedo de los conjuntos fotovoltaicos), proporciona directrices sobre los procedimientos de prueba y la interpretación de los resultados para la prueba de resistencia del aislamiento húmedo de los conjuntos fotovoltaicos. Esta norma puede utilizarse junto con la norma IEC 62446 para realizar pruebas de resistencia del aislamiento en matrices fotovoltaicas.

#### 5.5 Pruebas de funcionamiento del sistema

Las pruebas funcionales del sistema verifican el correcto funcionamiento del mismo, incluyendo el encendido, el apagado y las condiciones nominales de funcionamiento. Estas pruebas confirman que los parámetros de funcionamiento del sistema están dentro de los límites esperados y nominales, pero no están destinadas a verificar los valores nominales del sistema de acuerdo con las especificaciones o las disposiciones de la garantía. Para verificar el rendimiento con los valores nominales del sistema se requieren pruebas adicionales detalladas, utilizando mediciones adicionales y datos de normalización.

El conocimiento del equipo específico utilizado y las instrucciones de instalación y funcionamiento del producto son cruciales para verificar su funcionamiento seguro y adecuado durante las pruebas funcionales. La mayoría de los inversores y reguladores de carga proporcionan alguna indicación del rendimiento y del estado de funcionamiento, como la potencia de salida o la producción de energía, así como indicaciones de fallos o errores, como parámetros fuera de límite o fallos de tierra del conjunto. Esta información es muy útil para verificar el correcto funcionamiento del sistema y puede reducir la necesidad de realizar mediciones manuales en circuitos energizados.

Las pruebas funcionales del sistema garantizan que el sistema se inicie y funcione correctamente y que pueda desconectarse con seguridad.

Entre los tipos de pruebas funcionales que se realizan en los sistemas fotovoltaicos se encuentran:

- Verificar el correcto funcionamiento de los medios de desconexión y las secuencias de conexión y desconexión de los componentes.
- Verificar que los inversores interactivos y los módulos de CA desenergizan su salida a la red de la compañía eléctrica cuando se pierde la tensión de la red [690.61]. Se trata de un requisito de seguridad para evitar que los inversores interactivos funcionen como un sistema eléctrico aislado sin control de tensión o frecuencia y para evitar que retroalimenten los sistemas eléctricos desenergizados. Estas funciones son realizadas internamente por todos los inversores interactivos de la red eléctrica listados según las normas IEEE 1547 y UL 1741.
- Verificar que los inversores interactivos reconectan automáticamente su salida a la red una vez que la tensión se ha restablecido durante al menos 5 minutos [690.61].
- Verificar que los inversores interactivos basados en baterías desconectan las cargas de CA de la fuente de la compañía eléctrica cuando funcionan en modo autónomo [690.61].
- Verificar la tensión y la frecuencia de red adecuadas para el funcionamiento de los inversores, incluida la evaluación de la caída de tensión entre la salida de CA del inversor y el punto de conexión a la red.

## 5.6 Informes de pruebas

Las mediciones y los resultados de las pruebas de los sistemas fotovoltaicos deben resumirse claramente en un informe de prueba que incluya la siguiente información:

- Información del sistema.
- Registro de inspección visual y observaciones.
- Identificación de los circuitos probados, pruebas realizadas y registro de las mediciones.
- Interpretación y resumen de los resultados, identificando las necesidades especiales de mantenimiento o las acciones correctivas.
- Firmas de la(s) persona(s) responsable(s) y fecha(s) de las pruebas.

En el anexo de la norma IEC 62446 se presenta un ejemplo de formato de informe de pruebas.

## 6 PRUEBAS DE RENDIMIENTO DEL SISTEMA

Los sistemas fotovoltaicos están diseñados para producir una potencia eléctrica específica en determinadas condiciones de funcionamiento.

Las pruebas de rendimiento verifican que la potencia del sistema y la producción de energía son las esperadas, basándose en los valores nominales de los componentes y del sistema y en las condiciones de funcionamiento dadas. Los datos de rendimiento también pueden ayudar a identificar los problemas que requieren servicio o mantenimiento y también pueden utilizarse para determinar los ingresos financieros del sistema y las disposiciones de la garantía.

### 6.1 Verificación de la producción de potencia y energía

La producción de potencia y energía son los parámetros fundamentales del rendimiento del sistema fotovoltaico. Los métodos y procedimientos para verificar el rendimiento del sistema fotovoltaico se basan en los principios de funcionamiento del módulo fotovoltaico y en la consideración de los efectos de la temperatura y la radiación solar. Muchos parámetros pueden ser monitorizados automáticamente y mostrados por medidores, inversores, controladores u otros equipos de procesamiento de energía del sistema.

En el caso de los sistemas fotovoltaicos interactivos, los indicadores clave del rendimiento del sistema son la potencia de salida en CA (kW) y la producción de energía (kWh). La medición y verificación de la potencia en CA puede realizarse en cualquier momento cuando el sistema funciona en condiciones de luz solar constante y cerca de los niveles máximos de producción. La producción de energía se mide durante periodos más largos de meses y años para compararla con las expectativas y el recurso solar disponible.

La verificación del rendimiento de los sistemas fotovoltaicos autónomos es intrínsecamente más compleja, ya que implica más mediciones y múltiples interacciones entre el almacenamiento de energía, el control de la carga y las cargas del

sistema que afectan a la producción del sistema fotovoltaico. El estado de la batería es la clave del rendimiento de los sistemas fotovoltaicos autónomos, y el fallo de la batería suele ser el indicador de muchos otros problemas del sistema. Normalmente, los sistemas fotovoltaicos autónomos se diseñan para producir una cantidad específica de energía en una media diaria para satisfacer las cargas del sistema. Las mediciones del consumo energético diario pueden ser utilizadas por el propietario/operador del sistema para controlar sus cargas y gestionar la energía disponible. Las mediciones de la tensión mínima diaria de la batería y los amperios-hora netos suministrados y retirados de una batería también pueden utilizarse para evaluar si la batería está recibiendo suficiente carga. El déficit de carga suele estar indicado por la disminución de las tensiones mínimas de la batería. El rendimiento de las cargas eléctricas puede verificarse midiendo su consumo de corriente o de energía, y si funcionan según lo previsto.

#### 6.1.1 Verificación de la potencia de salida de corriente alterna

La potencia de salida de CA de los sistemas interactivos está relacionada con la potencia nominal máxima de CC del conjunto ajustada por varios factores de reducción de potencia. Los factores incluyen varios tipos de pérdidas del sistema de CA y CC y la eficiencia de conversión de potencia del inversor, que en combinación dan como resultado una salida de potencia de CA normalmente del 70 al 85 por ciento de la potencia nominal de CC del conjunto fotovoltaico en condiciones de prueba estándar (STC). La producción de CA real de un sistema fotovoltaico interactivo en cualquier momento puede compararse con las expectativas, utilizando las fórmulas básicas de corrección de la radiación solar y la temperatura.

Para poder comparar las mediciones de potencia con los datos de referencia en STC, es necesario realizar mediciones precisas y simultáneas de la temperatura del módulo y de la radiación solar.

El procedimiento típico para verificar la potencia en CA prevista para los sistemas fotovoltaicos interactivos comienza con los valores nominales en CC del conjunto fotovoltaico y la aplicación de los factores de reducción de potencia aplicables. El valor

nominal de CC del conjunto se suele tomar como la suma de todos los valores nominales de potencia máxima (Pmp) de los módulos individuales en STC. El producto de los factores de reducción de potencia y el valor nominal en corriente continua da la potencia estimada en corriente alterna del sistema. Las traducciones de la temperatura y la radiación solar proporcionan una estimación de las condiciones reales de funcionamiento.

A continuación, se indican los principales factores de reducción de potencia utilizados para estimar la potencia de salida en CA de los sistemas fotovoltaicos en unas condiciones de funcionamiento determinadas.

- Valores nominales: Este factor de reducción de potencia tiene en cuenta la precisión de la potencia nominal del fabricante y el rendimiento garantizado. Las tolerancias de fabricación hacen que la mayoría de los módulos fotovoltaicos produzcan menos de su potencia nominal en el STC, y la norma UL 1703 de listado de módulos sólo requiere que la potencia del módulo esté dentro de  $\pm 10\%$  de la potencia nominal del módulo. Las pruebas adicionales de cualificación del diseño contempladas en la norma IEC 61215 pueden establecer una tolerancia de potencia dentro del 3% de los valores nominales. Un factor de reducción de potencia de 0.95 representa que la potencia de salida del conjunto en STC es un 5% inferior a la potencia nominal del fabricante.
- Inversor y transformador: El factor de reducción de potencia para el inversor y el transformador es su eficiencia combinada en la conversión de la potencia de CC en potencia de CA. Los inversores interactivos modernos tienen eficiencias ponderadas del orden del 95%. También hay que tener en cuenta la eficiencia de los transformadores separados de los inversores. Este factor debe incluir también la eficiencia de seguimiento del punto de máxima potencia del conjunto para el inversor, que suele ser del orden del 98% al 100%.
- Desajuste del módulo: El factor de reducción de potencia por desajuste de los módulos fotovoltaicos tiene en cuenta las tolerancias de fabricación que dan lugar a módulos fotovoltaicos con características de corriente-tensión ligeramente diferentes. En consecuencia, cuando se conectan eléctricamente, normalmente en serie, los módulos no funcionan con sus respectivas eficiencias máximas. Un factor

de reducción de potencia de 0.98 representa una pérdida del 2% debido al desajuste y es una suposición razonable. Los sistemas fotovoltaicos que utilizan módulos de corriente alterna o microinversores no tendrían ningún desajuste de módulos, porque los módulos fotovoltaicos están conectados individualmente a inversores de seguimiento del punto de máxima potencia.

- Cableado de CC: Este factor de reducción de potencia tiene en cuenta las pérdidas en los circuitos de CC desde el conjunto fotovoltaico hasta el inversor. Incluye las caídas de tensión en el cableado, las conexiones, los fusibles, los diodos, los interruptores o cualquier otro componente, según corresponda. Estas pérdidas pueden determinarse en campo, midiendo las caídas de tensión en todo el circuito de CC. Las pérdidas en los conductores del circuito de CC pueden calcularse fácilmente a partir del capítulo 9, tabla 8, de la NOM. Las pérdidas totales del cableado de CC y de las conexiones suelen ser del orden del 2% en la mayoría de los sistemas fotovoltaicos, lo que da lugar a un factor de reducción de potencia de 0.98. Los sistemas que utilizan módulos de CA o microinversores tienen pérdidas de cableado y conexión de CC insignificantes, y los módulos de CA están clasificados para especificaciones de CA, no de CC.

- Cableado de CA: Este factor de reducción de potencia tiene en cuenta las pérdidas en los circuitos de CA desde el inversor hasta el punto de interconexión de la red eléctrica, o donde se mide la salida del sistema. Incluye las caídas de tensión en el cableado, los fusibles y los desconectores, y suele ser del orden del 1% o menos en la mayoría de los sistemas fotovoltaicos, lo que da como resultado un factor de reducción de potencia de 0.99.

- Suciedad: Este factor tiene en cuenta la acumulación de suciedad, nieve y otras materias extrañas en las superficies de los módulos fotovoltaicos que reducen la cantidad de radiación solar recibida. Las instalaciones fotovoltaicas situadas en zonas áridas y polvorrientas con lluvias poco frecuentes pueden sufrir pérdidas por suciedad del 20% al año o superiores.

- El mantenimiento rutinario y la limpieza del sistema, según sea necesario, pueden eliminar en gran medida las pérdidas por suciedad, y se puede utilizar un factor de reducción de potencia por defecto de 1.0 para los conjuntos limpios.

- Edad: El factor de reducción de potencia por edad tiene en cuenta las pérdidas de rendimiento a lo largo del tiempo debido principalmente a la degradación de los módulos fotovoltaicos. La pérdida de rendimiento suele ser del 0.5% al 1% anual en la mayoría de los conjuntos fotovoltaicos de silicio cristalino.

#### 6.1.2 Verificación de la producción de energía de CA

Una medida clave del rendimiento del sistema fotovoltaico es la energía CA (kWh) que produce a lo largo del tiempo. La producción de energía de los sistemas fotovoltaicos interactivos depende de muchos factores, como el tamaño del conjunto fotovoltaico, el recurso de energía solar local y las temperaturas de funcionamiento del conjunto fotovoltaico. También depende de la eficiencia del inversor en la conversión de corriente continua a corriente alterna, de su eficacia en el seguimiento del punto de potencia máxima del conjunto, y de otras pérdidas en el sistema, como la caída de tensión, el sombreado y la suciedad del conjunto. La producción de energía se mide a lo largo de meses y años para compararla con el tamaño y las expectativas de rendimiento a largo plazo.

Los medidores de energía eléctrica y suelen ser utilizados por las empresas de servicios públicos y también se utilizan para registrar la energía producida por los sistemas fotovoltaicos y forman parte de la mayoría de los inversores interactivos.

#### 6.2 Mediciones I-V

Para evaluar el rendimiento de los módulos y conjuntos fotovoltaicos con fines de clasificación, se pueden medir sus curvas I-V. Para ello es necesario un equipo de pruebas especializado que pueda aplicar carga al módulo o el conjunto en todo el rango de la curva I-V, desde el cortocircuito (carga de resistencia cero) hasta la condición de circuito abierto (carga de resistencia infinita). El conjunto puede cargarse con cualquier equipo que esté clasificado para la tensión y la potencia del módulo fotovoltaico en cuestión y que pueda variar la carga. La carga puede ser una resistencia variable o una fuente de alimentación de CC variable que pueda absorber la corriente del módulo fotovoltaico.

Algunos comprobadores de I-V de conjuntos utilizan una carga capacitiva que se carga rápidamente desde la tensión cero hasta la tensión de circuito abierto del conjunto, mientras que el punto de corriente y tensión se registra con un sistema de adquisición de datos de alta velocidad. Junto con las mediciones I-V, también se registran la temperatura de la celda solar del módulo fotovoltaico bajo prueba y la irradiación solar incidente. Los puntos de datos I-V se procesan y normalizan a una condición nominal de referencia para compararlos con los valores nominales del módulo o del conjunto. Además de obtener todos los datos de corriente y tensión comentados anteriormente, las curvas I-V detalladas pueden ayudar a evaluar lo siguiente para los módulos y conjuntos fotovoltaicos:

- Determinar el verdadero punto de potencia máxima del conjunto en relación con la tensión de funcionamiento para inversores, sistemas de baterías y otros equipos de utilización de corriente continua.
- Determinar los índices de degradación de la tensión y la potencia a partir de las mediciones de referencia y de las mediciones posteriores a lo largo del tiempo.
- Determinar los cambios en la resistencia en serie y en derivación del conjunto a lo largo del tiempo.
- Identificar los problemas de cableado del conjunto o los fallos de los módulos.
- Analizar los efectos del sombreado en la producción eléctrica.
- Evaluar las pérdidas debidas al desajuste de los módulos y a los métodos de cableado del conjunto.
- Establecer los valores nominales de los módulos o de los conjuntos para las garantías de rendimiento o para la garantía.
- Localizar los diodos de bypass abiertos; requiere una prueba de la curva I-V o una fuente de alimentación de corriente continua que invierta la polarización (aplique una tensión negativa) al módulo sometido a prueba.

Los comprobadores I-V están preparados para las entradas máximas de corriente y tensión de los conjuntos fotovoltaicos, y miden y registran los puntos de datos I-V de cada curva. Los datos I-V o la curva I-V pueden mostrarse en el comprobador, y los datos suelen poder descargarse en computadoras personales para traducirlos a condiciones nominales de referencia.

## Procedimientos de prueba

Las mediciones I-V precisas en campo requieren unas condiciones de prueba ideales. Para obtener los mejores resultados y minimizar los errores en la traducción de los datos, las mediciones deben realizarse con niveles de irradiación solar en el conjunto superiores a  $800 \text{ W/m}^2$  en condiciones de cielo despejado y estable cerca del mediodía solar, con una velocidad mínima del viento.

La norma ASTM E1036 Métodos estándar para probar el rendimiento eléctrico de módulos y conjuntos fotovoltaicos terrestres no concentradores utilizando celdas solares de referencia proporciona guías para realizar mediciones de I-V en módulos y conjuntos fotovoltaicos en campo y, concretamente, para normalizar los resultados a las condiciones de prueba estándar. Esta norma sólo aborda el rendimiento, y no la seguridad. Los métodos de conversión prescritos son bastante complejos y suelen utilizarse en hojas de cálculo o programas informáticos para obtener los resultados.

### 6.3 Otras pruebas

También se pueden realizar pruebas especiales en los sistemas fotovoltaicos, para el mantenimiento preventivo o para solucionar problemas específicos. Estas pruebas requieren el uso de equipos especializados.

#### 6.3.1 Análisis de la calidad de la energía

Los analizadores de potencia son instrumentos de prueba multifuncionales que se utilizan para diagnosticar varios problemas de los sistemas eléctricos. Además de un multímetro digital básico, los analizadores de calidad de la energía tienen capacidades de adquisición de datos y funciones de osciloscopio para evaluar las formas de onda. Pueden utilizarse para supervisar las condiciones de la red, como las caídas y subidas de tensión, el factor de potencia y los ángulos de fase, los armónicos y otras condiciones a lo largo del tiempo. También pueden utilizarse para medir las corrientes de ondulación de CA en los circuitos de CC que pueden tener que considerarse para el

dimensionamiento de los conductores y la selección de los dispositivos de protección contra sobrecorriente.

### 6.3.2 Imágenes térmicas

La termografía IR se está convirtiendo en una herramienta muy popular para la evaluación de los sistemas eléctricos y, en particular, de los conjuntos fotovoltaicos. Las imágenes térmicas pueden identificar puntos calientes o equipos sobrecalentados, gradientes térmicos dentro de los conjuntos fotovoltaicos, y pueden ayudar a localizar problemas en desarrollo internos de los módulos fotovoltaicos individuales antes de que fallen. Entre los problemas más comunes que pueden identificarse con la termografía se encuentran los conectores defectuosos de los módulos, los diodos de derivación en cortocircuito o los fallos en las barras colectoras de los módulos. La termografía también puede identificar, terminales, interruptores, desconectores o fusibles defectuosos o sueltos, también conexiones y terminales de baterías u otros equipos.

### 6.3.3 Pruebas de eficiencia del inversor

El rendimiento del inversor es la relación entre la potencia de salida de CA y la potencia de entrada de CC. El rendimiento del inversor varía con el nivel de potencia y la tensión de entrada, y también se ve afectado por la temperatura del inversor. La mayoría de los inversores interactivos comerciales tienen una eficiencia de conversión de potencia ponderada del 95% o superior en la mayor parte de su rango de funcionamiento. La medición de la eficiencia de la muestra puede realizarse en campo midiendo simultáneamente la entrada de potencia de CC y la salida de potencia de CA en los terminales del inversor. Muchos inversores miden y muestran estos datos, o pueden medirse con un equipo independiente. La tensión y la corriente de entrada de CC también pueden medirse para determinar la potencia de entrada del inversor y, en el caso de los inversores con factores de potencia unitarios, la potencia de CA puede determinarse midiendo también la tensión y la corriente de salida de CA del inversor. Se necesitan analizadores para determinar la potencia de los circuitos y componentes reactivos.

#### 6.3.4 Pruebas de seguimiento del punto de máxima potencia

La eficacia de los circuitos de seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT) puede evaluarse como parte de las pruebas I-V. Esta medición requiere el funcionamiento del sistema fotovoltaico en condiciones estables y el registro de la tensión de funcionamiento y la potencia de salida del conjunto, para luego desconectar inmediatamente el conjunto y medir su curva I-V para determinar la verdadera potencia máxima. La relación entre la potencia de funcionamiento y la potencia máxima real define la eficiencia del MPPT.

#### 6.3.5 Análisis de sombreado

Un análisis de sombreado evalúa y cuantifica el impacto del sombreado en los generadores fotovoltaicos. El sombreado puede deberse a cualquier obstáculo en las proximidades de los generadores fotovoltaicos que interfiera con la ventana solar.

Lo ideal es que no haya sombras en los conjuntos entre las 9 y las 15 horas solares del año, ya que la mayor parte de la radiación solar y el pico de producción del sistema se producen durante este periodo. Incluso una pequeña cantidad de sombra en los paneles fotovoltaicos durante las horas de máxima generación puede reducir drásticamente la producción del sistema.

Las cartas de recorrido del sol son la base para realizar evaluaciones de sombreado. Midiendo los ángulos de altitud y acimut del peor caso de un objeto de sombreado desde la ubicación sistema PV, se puede trazar una imagen a escala de la obstrucción en una carta de posición del sol para la latitud dada. Esto muestra la parte de la ventana solar que está obstruida por la sombra. Conociendo la cantidad de energía solar que se puede recibir durante los distintos periodos del día, el análisis de las sombras puede utilizarse para estimar la reducción de la radiación solar recibida durante las horas de sombra del día y del año y, en última instancia, estimar la reducción de la producción de energía de un sistema fotovoltaico. En el caso de los sistemas fotovoltaicos más grandes con varias filas paralelas, una frente a otra en el conjunto, una fila de módulos puede dar sombra a la de atrás durante los meses de invierno si las filas están demasiado juntas. Véase la figura 20.

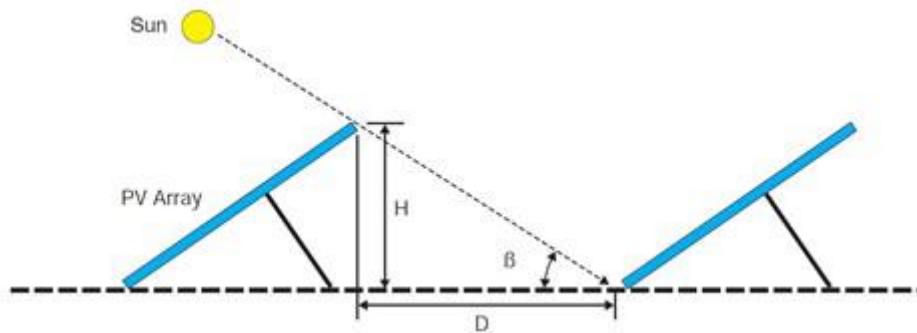


Figura 20. Las filas múltiples de conjuntos fotovoltaicos montados en bastidores deben estar separadas para evitar el sombreado.

Las filas de conjuntos fotovoltaicos pueden estar menos espaciadas en latitudes más bajas utilizando ángulos de inclinación más bajos.

Las distancias mínimas de separación necesarias entre las filas de paneles fotovoltaicos y otros obstáculos dependen de la latitud, la altura del obstáculo y el momento del día y del año en que se desea evitar el sombreado. Para evitar el sombreado en el solsticio de invierno, entre las 9:00 y las 15:00 horas, la distancia de separación entre los módulos fotovoltaicos y los obstáculos debe ser al menos 2 veces la altura del obstáculo en latitudes de  $30^\circ$ , 2-1/2 veces la altura en latitudes de  $35^\circ$ , 3 veces la altura en latitudes de  $40^\circ$  y 4 veces la altura en latitudes de  $45^\circ$ . Véase la figura 21.

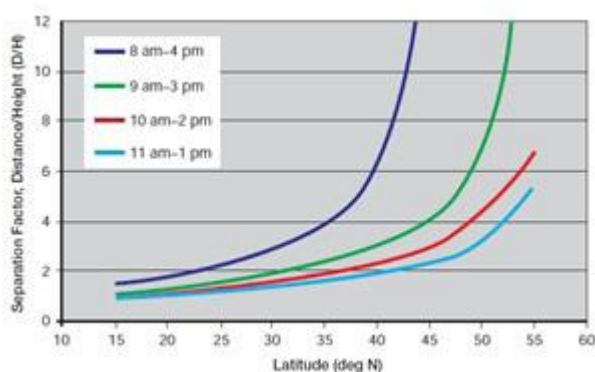


Figura 21. Factor de separación en función de la latitud para las filas del conjunto orientadas al sur.

Los sistemas fotovoltaicos requieren un mantenimiento periódico para garantizar un funcionamiento seguro y confiable a largo plazo, y para maximizar su rendimiento. Un programa de mantenimiento garantiza que las revisiones y pruebas esenciales se lleven a cabo de forma regular. El mantenimiento ayuda a identificar y evitar posibles problemas que afecten a las funciones, el rendimiento o la seguridad del sistema. Cuando se identifican discrepancias a través de las pruebas del sistema o las mediciones de rendimiento, se utiliza un proceso sistemático de resolución de problemas para diagnosticar e identificar los problemas y tomar medidas correctivas.

El nivel y la frecuencia del mantenimiento suelen depender del tamaño y el tipo de sistema, así como de las consecuencias de un fallo del sistema o de su bajo rendimiento. Un plan de mantenimiento cubre los tipos y el calendario de todo el mantenimiento y servicio del sistema requerido, incluyendo:

- Inspección de los componentes del sistema y de los métodos de cableado.
- Evaluación de las fijaciones estructurales y del sellado contra la intemperie.
- Limpieza y eliminación de residuos alrededor de los módulos.
  
- Realización del mantenimiento de las baterías u otros equipos.
- Realización de pruebas eléctricas y verificación del funcionamiento del sistema.
- Sustituir o reparar los componentes del sistema dañados o averiados.

Las inspecciones visuales del sistema completo deben realizarse con el mantenimiento regular, como las inspecciones durante el comisionamiento.

La principal diferencia es que, durante las inspecciones de mantenimiento, no es necesario evaluar los aspectos del sistema relacionados con el cumplimiento de los códigos, ya que normalmente no se habrán cambiado los equipos. Sin embargo, la integridad de la instalación eléctrica debe evaluarse cuidadosamente para detectar efectos de deterioro con el paso del tiempo, debido a las condiciones del lugar, o debido a componentes de mala calidad o por daños físicos.

Las inspecciones visuales y el mantenimiento periódico de los módulos y conjuntos fotovoltaicos deben incluir lo siguiente:

- Inspeccionar cualquier daño físico de los módulos o conjuntos fotovoltaicos, incluidos los marcos doblados o los cristales rotos. Los módulos con laminados fracturados o

dañados acabarán admitiendo la humedad y desarrollarán fallos y una elevada corriente de fuga, por lo que deben ser retirados del conjunto y sustituidos.

- Inspeccione si hay deslaminación, humedad o corrosión en el interior de los módulos, especialmente cerca de las conexiones de las barras colectoras de las celdas solares y de los bordes de los laminados. Las decoloraciones en el interior de los laminados de los módulos pueden ser un indicador de la existencia de puntos calientes y de la degradación de las conexiones internas de las celdas solares, lo que puede provocar el fallo de los módulos, la reducción del rendimiento del sistema y el riesgo de incendio.
- Retire las hojas, la basura y otros residuos que se acumulan alrededor de los paneles fotovoltaicos durante el mantenimiento regular.

Estos materiales también pueden suponer un peligro de incendio, así como un problema para el correcto drenaje y pueden provocar problemas de moho e insectos, o la degradación de los sistemas de cableado.

- Evalúe cualquier condición que contribuya a aumentar el sombreado de los conjuntos fotovoltaicos, incluida la vegetación en crecimiento y otras obstrucciones.

Cuando las observaciones visuales no puedan determinar el alcance de los problemas de sombreado, debe realizarse una evaluación del sombreado solar.

Limpie las superficies según sea necesario para minimizar la suciedad producida por los excrementos de los pájaros, las emisiones, el polvo o la suciedad que se deposita y acumula. La suciedad extensa puede reducir la producción del conjunto entre un 10 y un 20% o más en regiones áridas y polvorientas con lluvias poco frecuentes.

Inspeccione la calidad de todos los puntos de fijación y las penetraciones del edificio para detectar signos de degradación o fugas de agua, incluyendo el sellado contra la intemperie y la seguridad estructural, y realice las reparaciones necesarias.

Las inspecciones y observaciones visuales se complementan con pruebas y mediciones eléctricas para verificar plenamente la integridad y el rendimiento del sistema. Muchas de las pruebas eléctricas realizadas durante la puesta en marcha también se llevan a cabo durante las pruebas de mantenimiento. En particular, las pruebas que ayudan a evaluar los problemas o los efectos de degradación a lo largo del tiempo, como las pruebas de resistencia del aislamiento, las pruebas de continuidad del sistema de puesta a tierra y la verificación del rendimiento son indicadores clave de la seguridad y

la salud del sistema. Otras pruebas específicas pueden repetirse según sea necesario, en función de los requisitos del proyecto.

### 7.1 Pruebas

Las pruebas durante las actividades de mantenimiento deben incluir muchas de las pruebas realizadas durante la puesta en servicio del sistema, incluidas las pruebas de tensión y corriente, las pruebas de resistencia del aislamiento, las pruebas de continuidad y la verificación del rendimiento. Por lo general, no es necesario realizar pruebas de polaridad, a menos que se sospeche que hay problemas. La frecuencia de las pruebas de mantenimiento depende de los requisitos de la instalación.

Las pruebas de mantenimiento tienen como objetivo principal evaluar las tendencias de ciertas mediciones y la degradación a lo largo del tiempo. Por ejemplo, se espera que la potencia y la tensión de la mayoría de las instalaciones fotovoltaicas se degraden entre un 0,5% y un 1% al año, de acuerdo con las garantías de rendimiento del fabricante. La suciedad o el sombreado de los conjuntos fotovoltaicos también disminuirán en consecuencia la corriente y la potencia esperadas.

### 7.2 Solución de problemas

La resolución de problemas en los sistemas fotovoltaicos requiere personas calificadas que conozcan en detalle los diseños de los sistemas y los fundamentos del funcionamiento de los componentes y del sistema. La mayoría de los componentes de procesamiento de energía del sistema fotovoltaico, incluidos los reguladores de carga y los inversores, suelen incluir funciones integradas de monitorización y visualización de datos, y estos datos pueden utilizarse a menudo para identificar problemas del sistema. Los contratistas de instalaciones fotovoltaicas suelen utilizar estos sistemas de monitorización para hacer un seguimiento del rendimiento de sus sistemas instalados y revisar los datos para verificar el rendimiento e iniciar las actividades de servicio y mantenimiento necesarias. Los instaladores fotovoltaicos experimentados serán capaces de reconocer ciertas tendencias y datos que indiquen problemas específicos en los sistemas y enviar una solución eficaz y rápida al problema.

## 8. ANEXOS

### CHEK LIST DE COMISIONAMIENTO



Comisionamiento Instalaciones eléctricas

Energía y Medio Ambiente  
Dirección de Urbanismo Sostenibilidad  
y Bienes Inmuebles

#### Sistema Fotovoltaico

|                  |                     |          |
|------------------|---------------------|----------|
| Fecha            | Módulos: Marca      | Modelo   |
| Campus           | Módulos: Capacidad  | Cantidad |
| Edificio / Nivel | Inversor: Marca     | Modelo   |
| Ubicación        | Inversor: Capacidad | Cantidad |
| Identificación   | Capacidad Total: DC | AC       |

| No. | Observación   | Si<br>(bien) | No<br>(mal) | N/A | Comentarios |
|-----|---|--------------|-------------|-----|-------------|
| 1   | Documentación del proyecto  |              |             |     |             |
|     | Estudio de generación y estudio de sombreado  |              |             |     |             |
|     | Diseño ejecutivo del sistema, planos, diagramas, memorias, detalles   |              |             |     |             |
|     | Planos eléctricos y mecánicos de interconexión y adecuaciones   |              |             |     |             |
|     | Hojas de datos y especificaciones   |              |             |     |             |
|     | Manuales del sistema, de instalación, operación y mantenimiento   |              |             |     |             |
|     | Capacitación de operación, paro de emergencia y mantenimiento   |              |             |     |             |
|     | Documentos legales, contratos, dictámenes, garantías  |              |             |     |             |
|     | Informes de inspecciones, mediciones y pruebas  |              |             |     |             |
| 2   | Inspecciones visuales   |              |             |     |             |
|     | Proyecto de acuerdo al diseño ejecutivo   |              |             |     |             |
|     | Cumplimiento con códigos y estándares vigentes  |              |             |     |             |
|     | Componentes instalados y anclados de acuerdo al fabricante  |              |             |     |             |
|     | Leyendas, etiquetas y rótulos de acuerdo a normatividad   |              |             |     |             |
|     | Detalles finales resueltos y completos incluyendo limpieza  |              |             |     |             |
| 2   | Pruebas en circuitos de CA, previo al arranque del sistema  |              |             |     |             |
|     | Apriete de terminales   |              |             |     |             |
|     | Resistencia de aislamiento  |              |             |     |             |
|     | Tensión, fase, frecuencia, desbalance y armónicos de voltaje  |              |             |     |             |
| 3   | Pruebas de continuidad y puesta a tierra  |              |             |     |             |
|     | Puesta a tierra del sistema, puente de unión principal, electrodos, conductor del electrodo de puesta a tierra, uniones de sistemas |              |             |     |             |
|     | Puesta a tierra de equipos, canalizaciones, registros, gabinetes, marcos de módulos, bastidores, estructuras, bases                 |              |             |     |             |
|     | Puesta a tierra y unión de sistemas contra descargas atmosféricas   |              |             |     |             |
|     | Prueba de resistencia eléctrica del sistema de electrodos (antes de interconectar con otros sistemas)                               |              |             |     |             |

| No. | Observación   | Sí<br>(bien) | No<br>(mal) | N/A | Comentarios |
|-----|---|--------------|-------------|-----|-------------|
| 4   | Pruebas en circuitos de CC, previo al arranque del sistema                                    |              |             |     |             |
|     | Apriete de terminales   |              |             |     |             |
|     | Resistencia de aislamiento  |              |             |     |             |
|     | Polarizado, Voc, Isc, curva V-I por string y por circuito de entrada al inversor              |              |             |     |             |
| 5   | Pruebas funcionales del sistema   |              |             |     |             |
|     | Operación de interruptores y desconectores de CA y CC   |              |             |     |             |
|     | Encendido y sincronización con la red, generación, apagado                                    |              |             |     |             |
|     | Protección anti isla y reestablecimiento automático   |              |             |     |             |
|     | Protecciones de falla a tierra y arco eléctrico   |              |             |     |             |
|     | Pruebas y comisionado del Monitoreo del sistema   |              |             |     |             |
|     | Pruebas y comisionado del equipo de medición de energía                                       |              |             |     |             |
| 6   | Pruebas de desempeño del sistema  |              |             |     |             |
|     | Lecturas de temperatura ambiental, temperatura de los módulos e irradiación solar             |              |             |     |             |
|     | Lecturas de CA: Voltaje, corriente, potencia, fp, desbalance, regulación, armónicas           |              |             |     |             |
|     | Lecturas de CC: Voltaje, corriente, potencia por string y por circuito de entrada al inversor |              |             |     |             |
|     | Pruebas de termografías IR a todos los componentes del sistema                                |              |             |     |             |

| Contratista / Instalador Eléctrico |
|------------------------------------|
| Empresa                            |
| Nombre                             |
| Firma                              |
| Fecha                              |

| Inspector / Comisionador |
|--------------------------|
| Empresa                  |
| Nombre                   |
| Firma                    |
| Fecha                    |

Antes o como parte de la revisión de 10 meses de las operaciones del edificio, el CxA debe emitir un plan de puesta en servicio continuo. El comisionamiento de Sistemas fotovoltaicos debe estar incluido en el comisionamiento mejorado de los 10 meses propuestos. El plan debe proporcionar al personal operativo del edificio procedimientos, guiones de prueba en blanco y un cronograma para las actividades Cx en curso. Puede ser ejecutado por los operadores del edificio, además de sus actividades normales de mantenimiento preventivo, o por un CxA independiente.

El plan debe incluir lo siguiente:

- Definición del proceso de puesta en marcha en curso
- Roles y responsabilidades definidas
- Calendario recomendado para la puesta en servicio de sistemas construidos
- Documentación y actualización continua del plan operativo del edificio y los requisitos actuales de las instalaciones durante toda la vida útil del edificio.
- Materiales de prueba en blanco, incluidas pruebas de rendimiento funcional para todos los sistemas ya construidos encargados en el edificio, así como un registro de problemas.
- Dirección de pruebas de equipos nuevos y modernizados.

