



AVANCES DE LAS NORMATIVAS DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICACIONES EN AMÉRICA LATINA CON BASE EN LA ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA

Luisa Julia Salazar Gil¹, Víctor Manuel Guzmán Arguís²

¹ Departamento de Conversión y Transporte de Energía Eléctrica, Coordinación de Tecnología e Ingeniería Eléctrica, Universidad Simón Bolívar, e-mail: luisalazar@usb.ve

² Departamento de Electrónica y Circuitos, Coordinación de Tecnología e Ingeniería Electrónica, Universidad Simón Bolívar, e-mail: vguzman@usb.ve

RESUMEN

La búsqueda de soluciones para reducir el consumo de energía en edificaciones está basada en preocupaciones ambientales, sociales y económicas. La zonificación bioclimática identifica medidas de confort y diseño apropiado según regiones climáticas, de acuerdo a las características de variables climatológicas. La existencia de modelos urbanos, diseños arquitectónicos e innovaciones tecnológicas que propician hábitats de mayor dependencia energética, establece la necesidad de identificar soluciones locales y apropiadas para contribuir a un hábitat sustentable. El trabajo contempla el avance de normativas de ahorro y eficiencia energética en Latinoamérica basadas en la zonificación bioclimática en los últimos 10 años. Se presenta un panorama de los avances, identificándose distintos enfoques y criterios de zonificación a través del tiempo, y su aplicación en distintos países de la región. Los resultados indican que se requiere de normas exigentes de eficiencia energética y confort. México responde a este requerimiento y Perú va en esta línea con la publicación en Mayo 2014, de la norma EM110 en el reglamento nacional de edificaciones.

Palabras clave: Zonificación Bioclimática, Normativa, Avances, Ahorro y Eficiencia Energética.

INTRODUCCIÓN

La concientización sobre el problema energético y el deterioro ambiental que ha sufrido el planeta ha llevado a la creación del concepto de sostenibilidad aplicado a las actividades desarrolladas por el ser humano, con el cual se promueve el interés de satisfacer las necesidades de las actuales generaciones sin comprometer ni agotar los recursos para que las generaciones del futuro logren atender las suyas [1].

Por otro lado, es bien conocida la crisis energético-ambiental que afecta nuestro planeta por la manera inconsciente y dispendiosa en que la energía ha sido utilizada en el último siglo. Las edificaciones constituyen el escenario fundamental de las actividades humanas, a la vez que son grandes consumidoras de energía. Según estadísticas internacionales, alrededor del 40% de la energía total consumida se destina a ellas, y el resto está repartido entre la industria y el transporte [2]. Estos hechos hacen relevante la necesidad de establecer criterios para que las edificaciones sean energéticamente eficientes.

Parte del éxito de un país consiste en sostener en el tiempo una visión acertada sobre el uso de sus recursos naturales pues éstos llegan a ser, junto con su gente, sus principales activos que, puestos al servicio de una estrategia de desarrollo nacional, deben conducir al bienestar colectivo [3].

Las decisiones tomadas durante las etapas del diseño de las edificaciones, junto a la conducta del usuario, marcan el comportamiento de la edificación en términos del consumo de energía y de la eficiencia en su uso durante su ciclo de vida. La edificación debe concebirse en armonía con el clima y con las características socioculturales, económicas y tecnológicas del país, pues sus efectos se reflejarán en la calidad de los espacios habitables, el uso racional de la energía y el impacto ambiental [3].

En las últimas décadas del siglo XX el deterioro progresivo que se ha dado en el medio ambiente producto de las diversas actividades humanas, ha creado un debate a escala internacional con el objeto de reducir y revertir estos efectos negativos [1]. A pesar del aumento de conciencia sobre el problema es poco lo que se ha logrado disminuir a nivel global. Por el contrario se ha visto un gran aumento del consumo de energía en el planeta durante los últimos años, de manera más marcada en los países desarrollados, pero significativamente creciente en los países en vías de desarrollo. Para revertir esta tendencia se ha impulsado la creación de estrategias y alternativas conceptuales aplicables a los procesos de diseño y edificación, por medio de las cuales se pueden aprovechar los recursos naturales y energéticos de modo tal que su impacto sea mínimo. Los objetivos son diseñar y construir edificaciones donde se consideren las condiciones climáticas locales, con materiales constructivos adecuados a estas, para lograr reducir su consumo energético durante su ciclo de vida, y al mismo tiempo obtener el adecuado confort térmico interior.

Como consecuencia debería producirse un cambio en los criterios de diseño, construcción y remodelación de edificaciones para adecuarlos a las condiciones climáticas, geográficas y culturales, procurando ambientes confortables y de una alta calidad de habitabilidad a la vez que eficientes desde el punto de vista energético, enmarcado todo ello dentro del concepto Bioclimático [3]. En este contexto, y con el fin de establecer criterios y lineamientos generales para que la producción y operación de las edificaciones utilicen en forma más eficiente la energía eléctrica, se inserta el desarrollo de este trabajo, donde se plantea la revisión de la normativa latinoamericana existente en el tema de ahorro y eficiencia energética en las edificaciones con base a la zonificación climática, personajes, conceptos bioclimáticos, y la situación de Venezuela, para que lo expuesto pueda traducirse a largo plazo en un mejor uso de la energía con repercusiones en una estructura de costos más racional y por tanto en una economía más competitiva.

La eficiencia energética consiste en buscar los medios para disminuir la energía consumida en la prestación de cada servicio. Esta condición requiere reconsiderar el urbanismo de las ciudades, así como de la promoción del concepto de desarrollo sustentable en todas las ramas de la actividad humana. Al integrar, partiendo del diseño de una vivienda, todos los componentes energéticos y medioambientales, se puede reducir significativamente el consumo de energía y, por ende, las emisiones de CO₂ [4].

1. CONCEPTOS DE ZONIFICACIÓN BIOCLIMÁTICA

En los años 70, cuando ocurrió la primera gran crisis del petróleo, la mayoría de los países desarrollados establecieron un control de la eficiencia energética edilicia, en particular Suecia, Alemania, Inglaterra y Francia, implementando políticas activas para el ahorro de energía en edificios. Otros países con clima más moderado y no tan energético - dependientes como España e Italia establecieron normas de calidad térmica edilicia con estándares bastante más bajos.

En este contexto, la zonificación bioambiental fue desarrollada para identificar medidas de diseño apropiado que permitieran promover habitabilidad y confort según regiones climáticas a través de estrategias de acondicionamiento natural, según las características de las variables climatológicas.

Este enfoque implica el logro del bienestar (el aspecto social) con el mínimo impacto ambiental (aspecto ecológico) y el uso mínimo de recursos (aspecto económico), con la convicción de que las acciones actuales contribuirán al desarrollo de las generaciones futuras.

La zonificación bioclimática permite identificar áreas geográficas con condiciones climáticas similares, donde el diseño arquitectónico, mediante la aplicación de estrategias de acondicionamiento natural, puede promover el confort térmico, reducir la demanda de energía para calefacción o refrigeración y evitar o reducir impactos perjudiciales.

Las variaciones climáticas sobre la superficie de la tierra responden a una serie de factores: latitud, altura sobre el nivel del mar, continentalidad o distancia a la costa, y el ‘efecto barrera’ causado por cadenas de montañas, como la Cordillera de los Andes. Así, en ciertos países, las variaciones obedecen al factor predominante, mientras en otros se puede detectar el impacto de varios o todos los factores mencionados.

2. ESTUDIOS Y PERSONAJES DE LA ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

El precursor del bioclimatismo fue Víctor Olgyay (1910 – 1970), arquitecto urbanista húngaro [5]. En la década de 1950 formalizó el diseño bioclimático, como una disciplina dentro de la arquitectura. Autor de numerosos libros entre los que destaca el libro "Arquitectura y Clima: Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas", en 1963. En 1967 fue profesor visitante de la Facultad de Arquitectura de la Universidad del Valle en Cali (Colombia) donde lleva adelante una gran investigación proyectual. En 1969 es invitado a la Argentina como asesor de asistencia técnica de las Naciones Unidas. Junto a Israel Loterztein del INTI y Raúl Álvarez Forn del Bowcentrum realizan una investigación inédita que se publica como libro en 1973 y aún hoy es material de consulta en facultades de Arquitectura e Ingeniería del país.

En la actualidad uno de los especialistas en Arquitectura bioclimática más reconocidos del mundo es el arquitecto israelí Baruch Givony [6]. Principalmente a partir de la publicación en 1969 del

libro "*Man, Climate and Architecture*" (Hombre, clima y arquitectura). Donde llega a la síntesis en un climograma realizado sobre un Diagrama psicrométrico donde traza una zona de confort higrotérmico para invierno y verano. Luego propone otras zonas donde es posible alcanzar el confort mediante la incorporación y/o aplicación de estrategias de diseño pasivo. Avanza en los trabajos realizados por los hermanos Olgyay y Edward Mazria. Supera a los modelos de Mahonny y Olgyay; ya que da recomendaciones de diseño edilicio. Donde Martin Evans presentó en ASADES'2007 una versión mejorada del modelo de Mahonny y Koenisberg de los cuales fue discípulo.

Su trabajo fue principalmente dirigido para hombres y mujeres caucásicos en clima moderado. En función de esto a mediados de los años '70 visita Brasil y elabora un climograma corregido para zonas tropicales y subtropicales.

Cuba fue pionera en la región de América Latina [6] en el desarrollo de investigaciones sobre esta temática, en su aplicación a la docencia de pre y postgrado, y en el establecimiento de pautas y regulaciones de la construcción encaminadas a la aplicación en los proyectos de estos conocimientos.

Se destacan los trabajos realizados por Joaquín Rayo en la Facultad de Arquitectura en los años 60, resultado de lo cual es su publicación "Sombrigramas para la Habana" [13]. Importantes resultados se obtuvieron en la época de los 70 y 80, entre ellos el comportamiento de las variables climáticas en Cuba, posibles zonas de confort para las condiciones del país, el desempeño térmico de diferentes tipos de edificaciones y morfologías urbanas, el comportamiento de materiales y elementos de construcción y el efecto sobre la salud de las personas producido por la exposición sistemática a determinadas condiciones ambientales.

Sin embargo, la base material disponible entonces para el desarrollo de tales investigaciones, se ha ido envejeciendo y deteriorando, sin posibilidades de reemplazo por razones económicas. Estos factores han provocado una cierta involución en los resultados de investigación en este campo, si se compara con el desarrollo alcanzado 26 años atrás.

Otras áreas y países hispanoamericanos que estaban sin desarrollo alguno, o con resultados muy incipientes, cuando Cuba contaba ya con un serio y sistemático trabajo realizado por múltiples instituciones, exhiben hoy impresionantes resultados de investigaciones rigurosas, fundamentadas en el proceso lógico sin el cual no se concibe hoy el valor científico de los resultados en este campo: simulación automatizada, estudio en modelos a escala de laboratorio y estudio en prototipos a escala natural, países como Argentina, Chile, Brasil, México y Perú.

Por el importante desarrollo entre los países destaca Argentina, que logra su desarrollo en la Arquitectura Bioclimática gracias a varios arquitectos rusos entre los cuales destacan:

Alexander Klein, un pionero en el estudio y propuestas de soluciones relativas a la climatización natural de la edificación según diferentes factores y condicionantes de diseño integrados (localización geográfica, costos, uso, construcción, clima local, etc.) [7]. Las construcciones diseñadas y construidas por Alexander Klein no respondían al 100% a las que actualmente se conocen a nivel internacional como de "bajo consumo energético", pero son las bases fundacionales de la Arquitectura Bioclimática moderna.

Wladimir Kontantinovsky, conocido a partir de 1928 como Wladimiro Acosta, quien desarrollo el “Sistema Helios” en 1938 y lo aplico a sus obras realizadas en Argentina. El método planteado en su trabajo es muy similar al método gráfico de Klein, pues se baso en el estudio de la posición del sol para una determinada posición geográfica [8].

Juan Wernly, sintetizó magistralmente el problema bioclimático regional del Nordeste Argentino (NEA) en el campo del diseño arquitectónico regional con su publicación “Los problemas del clima. Factor de Diseño”, publicado en 1975 por la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional del Nordeste en Argentina. Actualmente entre las universidades que trabajan en el tema está la Universidad de Tucumán, donde el Dr. Guillermo E. Gonzalo ha desarrollado varios trabajos en el tema, publicaciones y libros tales como: “Diseño Bioclimático de Oficinas: Pautas para S.M Tucumán” 2007, “Pautas y Estrategias para una Arquitectura Bioclimática” 2005 y el “Manual de Arquitectura Bioclimática” 2003.

En México el Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de México, donde el investigador Dr. David Morillón ha desarrollado varios trabajos y publicaciones entre los que cabe mencionar: “Bioclimática, Sistemas Pasivos de Climatización” 1993, “Atlas del Bioclima de México” 2004, “Modelo para Diseño, Evaluación de Control Solar en Edificios” 2005, “Energía para el Edificio Sustentable” 2012 entre otros y recientemente “Retos y Oportunidades para la Sustentabilidad Energética en Edificios Residenciales, Comerciales y de Servicio Enero 2015 desarrollado junto con la Dr. Asucena Escobedo (UNAM) y el MSc Iván García Kerdan (UNAM).

En el Perú el trabajo llevado a cabo por el Arq. Tito Pesce Schreier (1945 - 2011) de la Universidad Ricardo Palma, arquitecto peruano considerado el padre de la Arquitectura Bioclimática en el Perú [9]. El aporte del profesor Pesce es muy valioso en la docencia, ya que incentivó a sus estudiantes a desarrollar una arquitectura resuelta con consideraciones ambientales (iluminación, ventilación, natural, análisis solar, confort térmico, condiciones acústicas, fomento al uso de energías limpias), creando los campamentos de experimentación solar desarrollados por más de 20 años [9]. Entre las publicaciones del Arq. Tito Pesce Schreir se tienen "Confort Climático en la Arquitectura" y "Aplicaciones en la Energía Solar y Arquitectura en el Perú" desarrolladas en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Lima - Perú. A parte está el Arq. David Rhayter de la UNI entre otros grupos de investigación de la UNI y la Universidad Pontificia Católica del Perú (UPCP).

En Venezuela entre otros, destacan los arquitectos Carlos Raúl Villanueva, Fruto Vivas, Tomas José Sanabria, Gustavo Legórburu y Jimmy. Alcock; sus obras, referencia local en torno a los atributos que deben poseer las edificaciones en el trópico, influyeron notablemente en los primeros intentos hechos en las escuelas de arquitectura por incorporar y sistematizar la enseñanza de estos importantes aspectos del diseño. En la investigación del tema bioclimático destacan trabajos desarrollados por el Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC) de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU) de la Universidad Central de Venezuela (UCV) y el Ministerio de Energía y Minas, entre los cuales está el "Ahorro de Energía Eléctrica en Edificaciones" y el "Manual de Diseño para Edificaciones Energéticamente Eficientes en el Trópico", además de publicaciones de investigadores de las Facultades de Arquitectura de la Universidad del Zulia (LUZ) y Universidad de Los Andes (ULA) como son “Sobre el enfriamiento pasivo de edificaciones en desarrollo en el Instituto de la Facultad de

Arquitectura y Diseño (IFAD) - LUZ”, “Red bioclimática del Estado Mérida repositorio institucional de datos ambientales”, “Confort térmico en el trópico; hacia un estándar en viviendas naturalmente ventiladas”, entre otros.

3. REVISIÓN DE LA NORMATIVA LATINOAMERICANA

A continuación se presenta una revisión del estado del avance y desarrollo de la normativa en Latinoamérica, con el objeto de analizar el panorama y la aplicación de la zonificación bioclimática e iniciar un análisis crítico de la situación actual y de su desarrollo:

3.1. Argentina

Fue el primer país en Hispanoamérica en producir normas. Hacia la década de los 70 se constituye en el Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM) un subcomité para el acondicionamiento térmico de los edificios, el cual propone y aprueba las normas. Estas normas fueron revisadas en la década de los 90. La zonificación bioambiental, orientada al diseño de vivienda de interés social, fue formalmente establecida en la Norma IRAM 11.603 (1981). La misma fue ajustada en 1996, 2001, y más reciente Noviembre 2011, resultado de evaluaciones desde el 2007, los cambios no son sustanciales de contenido. Las mejoras principales fueron la actualización y ampliación de la base de datos climatológicos, la Competencia jurisdiccional de las zonas bioambientales, la ampliación de recomendaciones relacionadas con horas de insolación y la introducción de un método para evaluar el efecto de altura sobre el nivel del mar en la zonificación. Sin embargo, antes de la aprobación de dicha Norma, la Secretaría de Vivienda utilizaba una zonificación cuyos criterios demuestran fuerte influencia de las zonas fitogeográficas. Posteriormente a la aprobación, varios grupos de investigación realizaron estudios regionales o provinciales de zonificación, aunque los resultados no fueron incorporados en modificaciones y actualizaciones siguientes [10].

La normativa de la zonificación en Argentina sirve para dos situaciones de aplicación: las recomendaciones generales de diseño y los requerimientos específicos de transmitancia térmica, presentes en las normas:

Norma IRAM 11.601: Acondicionamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo.

Propiedades térmicas de componentes y elementos de construcción en régimen estacionario, reemplaza a la versión de 1988 y establece los valores y métodos fundamentales para el cálculo de las propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario. Contiene métodos simplificados para el cálculo de elementos planos homogéneos. También establece un procedimiento de cálculo de la resistencia térmica de componentes formados por cerramientos planos con distintas secciones.

Norma IRAM 11.603: Presenta recomendaciones de diseño para cada zona: forma edilicia, orientación, características térmicas de la envolvente, superficie de ventanas. Incluye recomendaciones de horas mínimas de asoleamiento en locales principales según latitud y fecha. Sin embargo, las exigencias son de carácter indicativo, no obligatorio.

Norma IRAM 11.604: Establece valores de pérdidas volumétricas máximas admisibles para cada zona, en W/m^3K . Esta Norma, de aplicación obligatoria solamente en el caso de vivienda de interés social, asegura un nivel de aislamiento térmico relacionado con la demanda de

combustible para calefacción, aunque los valores no aseguran un espesor óptimo de capas de material aislante, según criterios económicos.

Norma IRAM 11.605: establece valores de transmitancia térmica máxima admisible, K (W/m^2K), para paredes y techos. Los valores en las Zonas Bioambientales 1 a 4 son críticos en verano, considerando que las Zonas 5 y 6 no presentan problemas térmicos en esta estación del año. Esta norma establece tres niveles de calidad: A “óptimo”, B “regular” y C “mínimo”. Solamente el nivel C es obligatorio en vivienda de interés social, respondiendo al criterio de evitar condensación superficial en invierno.

Norma IRAM 11.625: Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en los paños centrales de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general, toma en cuenta que el fenómeno de las condensaciones se hace crítico en invierno, por ello para el cálculo se considera esta situación climática. Los valores deben ser tomados en condiciones de invierno: las temperaturas mínimas de diseño se refieren a la estación invernal.

El cálculo propuesto por la norma consta de dos partes:

- Verificación del Riesgo de Condensaciones Superficiales
- Verificación del Riesgo de Condensaciones Intersticiales.

3.2. Chile

Es el segundo país en Hispanoamérica que desarrollo una norma nacional de zonificación bioambiental, la NCh 1079 Arquitectura y Construcción – Zonificación climático habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico, aprobada en 1976 y declarada norma oficial 1977, la cual establecía 7 zonas bioambientales, aplicando un criterio geográfico, con divisiones según la latitud y las principales regiones con asentamientos urbanos: la costa, el valle central y zonas del interior. La zonificación no contempla variaciones por altura, probablemente debido a la escasez de datos meteorológicos en localidades de mayor altura. Luego de revisiones para el año 2000 se establecieron en la norma 9 zonas bioambientales. A diferencia de otros países de Latinoamérica, la zonificación bioambiental chilena se utiliza para aplicar valores obligatorios de aislantes térmicos en techos de edificios de vivienda, según Ordenanza 47, Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU, 1992) [10], Manual de Aplicación Reglamentación Térmica, complemento que se tiene con las Normas:

Norma NCh853 – 2007: Establece los procedimientos de cálculo para determinar las resistencias y transmitancias térmicas de elementos constructivos, en particular los de la envolvente térmica, tales como muros perimetrales, complejos techumbres y pisos, cualquier otro elemento que separe ambientes de temperaturas distintas.

3.3. Brasil

La Norma de Zonificación Bioambiental de Brasil (ABNT, 1998), se basa en trabajos realizados en la Universidad de San Pablo y la Universidad Federal de Santa Caterina y propone 8 zonas, organizada según 4 rubros principales: tamaño de aberturas, protección solar, aislamiento de paredes y techos, y recomendaciones para invierno y verano. Estas recomendaciones están

basadas en el uso de 11 posibles estrategias que surgen de la comparación de datos climáticos con una adaptación de la carta bioclimática de Givoni (1992) [10]. En total, se analizaron datos meteorológicos de 330 localidades para definir la distribución de las zonas, y la metodología fue desarrollada utilizando bases de datos y software de análisis, estableciendo las siguientes normas de desempeño térmico:

Norma NBR 15220 (Vigente desde 2005): Establece la zonificación bioclimática brasileña, abarcando un conjunto de recomendaciones y estrategias constructivas orientadas a las viviendas unifamiliares de interés social. Presenta recomendaciones de las directrices constructivas sin carácter normativo para la adecuación climática de viviendas unifamiliares de interés social con un máximo de tres plantas.

Noma NBR 15575 (Vigente desde 2010): Establece un procedimiento normativo de desempeño térmico mínimo de edificaciones, obligatorio a partir de 2010. Además del desempeño térmico establece un procedimiento normativo en dos procedimientos informativos:

- Procedimiento 1: Verificación del cumplimiento de los requisitos y criterios de fachadas y cubiertas establecidas en NBR 15575 – 4 y 15575 – 5.
- Procedimiento 2: Simulación y medición (Informativo Apéndice A).

3.4. México

Se caracteriza por grandes variaciones de temperatura, humedad y amplitud térmica debido a los efectos de la latitud, la altura y la distancia al mar. En el 2006 la Comisión Nacional de Fomento de la Vivienda (CONAFOVI), publica la 1^{era} edición de la “Guía para el Uso Eficiente de Energía en la Vivienda”, recopilando diversos estudios de arquitectura bioclimática llevados a cabo por investigadores nacionales e internacionales, tomando como herramienta para la clasificación de regiones bioclimáticas y ubicación de proyectos, el Atlas del Bioclima de México (Morillón, 2004). La guía brinda recomendaciones bioclimáticas para el diseño urbano y arquitectónico, en base a los conceptos básicos de confort de la vivienda así como estrategia para la climatización pasiva por región, con el objeto central de que el ahorro de energía sea centrado desde el diseño mismo, con base en la arquitectura bioclimática [10].

En México antes del comienzo del nuevo milenio ya existían normas de eficiencia energética, pero se carecían de normas que regularan el consumo de energético en edificaciones, es así como se publican:

NOM-008-ENER - 2001, tiene como objetivo limitar la ganancia de calor de las edificaciones a través de su envolvente, con objeto de racionalizar el uso de la energía en los sistemas de enfriamiento.

NOM-007-ENER - 2004, tiene como objetivo establecer niveles de eficiencia energética en términos de Densidad de Potencia Eléctrica de Alumbrado (DPEA).

Código de Edificación de Vivienda (2007), en el que se detallan las características con que debe contar una vivienda con el propósito de regular su proceso de edificación, además de contar con un capítulo destinado a la sustentabilidad, donde se contempla de manera general el ahorro y uso

eficiente de energía, el diseño de la envolvente y el diseño bioclimático, basados en la Guía para el Uso Eficiente de la Energía.

NMX – C – 460 – ONNCE (2009), la cual establece las especificaciones que deben cumplir las viviendas a través de su envolvente con el fin de disminuir la demanda energética para acondicionar térmicamente a la vivienda y mejorar las condiciones de habitabilidad en su interior.

NOM – 020 – ENER - 2011, cuyo objetivo es limitar la ganancia de calor en los edificios para uso habitacional a través de su envolvente, con objeto de racionalizar el uso de la energía en los sistemas de enfriamiento.

Las normas NOM 008 y 020, basadas en los conceptos flexibles de las normas de eficiencia energética de edificios desarrollados en California, orientados a lograr uso eficiente de energía en edificios residenciales y no residenciales. Basan su método en el cálculo de la ganancia de calor por conducción y radiación, comparando el edificio proyectado con un edificio de referencia, el cual guarda las mismas características (orientación, colindancias, dimensiones, etc.) pero con especificaciones definidas en sus componentes (Pared o Techo). Ambas normas permiten dos alternativas de aplicación para lograr sencillez de implementación con valores predeterminados o mayor flexibilidad para compensar valores entre distintas componentes de la envolvente:

- Aislamiento térmico promedio especificado en tablas con condiciones simplificadas y límites de superficies vidriadas.
- Estimación del balance energético de la envolvente que debe arrojar un resultado menor al edificio de referencia.

3.5. Perú

Por su balance hídrico presenta 28 de los 32 climas del mundo de acuerdo a la clasificación climática de Thorntwhite y, por la distribución de la vegetación de acuerdo a la clasificación climática de Köppen, 8 de los 11 climas del mundo. Desde la década de los 70 diversos investigadores desarrollan el tema de la bioclimática; en el año 2010 se crea el Comité Técnico que desarrolló el Proyecto Normativo “Construcción Bioclimática”, conformado por representantes de ministerios, universidades, colegio de arquitectos, colegio de ingenieros y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. En 2013 se inicia la elaboración de la normativa llevada a cabo por el Ministerio de Vivienda y Construcción denominada Normativa EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética, donde se definen las zonas bioclimáticas del Perú basadas en la zonificación bioclimática preexistente, elaborada por el Arq. David Rayter, y tomando en cuenta la transmitancia por zonas bioclimáticas para definir el confort térmico y porcentaje de área ventana/ área piso para establecer índices lumínicos por Zona Bioclimática.

En mayo 2014 se publica la Norma Técnica EM.110 “Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética” incorporándola en el Reglamento Nacional de Edificaciones en el Numeral III.4 Instalaciones Eléctricas y Mecánicas, del Título III Edificaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones – RNE.

3.6. Ecuador

En un estudio realizado por el Instituto Nacional Ecuatoriano de Normas, INEN, en 1976, fueron definidas zonas bioclimáticas, utilizando las tablas Mahoney (Koenigberger et al, 1973). En un estudio más reciente, publicado por el INEN, "Asoleamiento y sus aplicaciones para el diseño climatológico de la vivienda en el Ecuador", llevado a cabo en el marco del intercambio académico con el Instituto de Investigación Avanzada de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central del Ecuador, se establecieron pautas de diseño para cada zona. Sin embargo todavía no hay delimitación de zonas bioclimáticas, normas para diseño bioclimático o los niveles oficiales de aislamiento. Para el 2009, basadas en la normativa española, mexicana, cubana e ISO se publica la norma [10]:

NTE INEN 2 506:2009 Eficiencia Energética en Edificaciones. Requisitos. 1era Edición. Esta norma establece los requisitos que debe cumplir un edificio para reducir a límites sostenibles su consumo de energía y conseguir asimismo que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable. Se aplica a edificios de nueva construcción, y a edificios cuyas modificaciones, reformas o rehabilitaciones sean superiores al 25% del envolvente del edificio, con excepción de:

- Edificios y monumentos protegidos oficialmente por ser parte de un entorno declarado o en razón de su particular valor arquitectónico o histórico.
- Construcciones provisionales con un plazo previsto de utilización igual o inferior a dos años.
- Edificios utilizados como lugares de culto y para actividades religiosas.
- Instalaciones industriales, talleres y edificios agrícolas no residenciales.
- Edificaciones que por sus características de utilización deban permanecer abiertas.

En la tabla 1, se presenta resumen cronológico de los países que han publicado normas de zonificación.

En general el desarrollo de normas nacionales de zonificación bioclimática en América Latina solo 2 países han evolucionado en este tema desde el año 2004 de acuerdo a la revisión y el análisis del planteamiento del Dr. Martín Evans [10] [11] en su Tesis Doctoral y posterior publicación de artículo en la Revista Argentina llamada Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Los países son México y Perú, donde México es el país que ha desarrollado estudios y posteriores aplicaciones que han dado resultados positivos haciendo la salvedad que, además del Atlas del Bioclima del Dr. David Morillon, también se tiene el establecimiento de la matriz de zonificación bioclimática definida por el Dr. Víctor Fuentes Freixanet de la Universidad Autónoma de México (UAM), lo cual ha contribuido al fortalecimiento de este tema en México. Por lo demás el desarrollo de normativa de zonificación bioclimática no ha tenido gran avance en los países de América Central, el desarrollo de normas nacionales de zonificación aun continua en las etapas iniciales de la región y, por otro lado, países como Cuba, Jamaica, Costa Rica, Nicaragua, Puerto Rico y Colombia aunque no tienen normas de zonificación si han tomado en cuenta para desarrollo de sus proyectos arquitectónico el clima así como normativas referidas al ahorro y eficiencia energética como es el caso de Colombia y Cuba.

Tabla 1. Resumen cronológico de publicación de normas

País	Norma	Año Publicación	Zonificación Bioclimática	
Argentina	IRAM 11.601	1988	IRAM 11.603	La normativa de la zonificación en Argentina
	IRAM 11.603	1981		sirve para dos situaciones de aplicación:
	IRAM 11.604	1990		1.- Recomendaciones generales de diseño
	IRAM 11.605	1980		2.- Requerimientos específicos de transmitancia térmica, presentes en las normas:
Chile	NCh 853	2007	NCH 1079	La zonificación bioambiental chilena
	NCH 1079	1976		se utiliza para aplicar valores obligatorios de aislantes térmicos en techos de edificios de vivienda Ordenanza 47, Ministerio de Vivienda y Urbanismo
Brasil	NBR 15220	2005	NBR 15220	organizada según estrategias de diseño pasivo
	NBR 15575	2010		y recomendaciones para invierno y verano
México	NOM-008 ENER	2001	Atlas Bioclima	orientados a lograr uso eficiente de energía en edificios residenciales y no residenciales
	NMX-C-460-ONNCE	2009		
	NOM-020-ENER	2011		
Perú	EM-110	2014	EM-110	basadas en la zonificación bioclimática preexistente, Arq. David Rayter
Ecuador			Instituto Nacional Ecuatoriano de Normas, INEN	definidas zonas bioclimáticas, utilizando las tablas Mahoney

4. SITUACIÓN DE VENEZUELA

Venezuela no tiene una Zonificación Bioclimática establecida como legal, ni normativa alguna referida a este tema, sin embargo se ha trabajado en ello. El IDEC - FAU – UCV realizó el primer intento para definirla en un estudio realizado hace 32 años por el Arq. Ernesto Curiel Carias (1982) para adaptar la arquitectura al clima, luego la institución fue desarrollando trabajos hasta llegar a la que se tiene hoy día donde se tipifican 6 zonas climáticas para el diseño de edificaciones en Venezuela, la cual no forma parte de una normativa legal, pero es con la que se trabaja hoy día, presentada en la Tabla 2, las zonas están definidas como: Cálido Húmedo a Caliente Húmedo, Cálido Húmedo, Cálido Húmedo a Moderado, Moderado, Moderado a Frío y Frío resultado del estudio realizado por el Dr. Luis Rosales [10], basándose en los elementos del clima que condicionan el diseño de edificaciones: temperatura del aire, humedad, radiación solar y viento, teniendo en consideración la tipología del clima venezolano de acuerdo a los atlas climatológicos propuestos por Álvarez (1983), Hobaica (1985) y la clasificación climática de KÖPPEN, lo que permitió relacionar dichos elementos con la geografía.

Tabla 2. Zonas climáticas para diseño de edificaciones en Venezuela

Zona	Altitud (msnm)	Tipo de clima	Algunas localidades
1	0 a 400	Cálido Húmedo a Caliente Húmedo	Acarigua, Porlamar Anaco, Barcelona
2	400 a 700	Cálido Húmedo	Barquisimeto, Carora El Tocuyo, Maracay
3	700 a 1100	Cálido Húmedo a Moderado	Caracas, Caripe, Rubio San Cristóbal
4	1100 a 1700	Moderado	Boconó, La Grita Los Teques, Mérida
5	1700 a 2200	Moderado a Frío	Bailadores, Timotes Galipán, Colonia Tovar
6	2200 en adelante	Frío	Apartaderos, Muchichiés

El primer y único instrumento legal existente en el país sobre calidad térmica de edificaciones y confort de sus ocupantes, fue publicado como "Ordenanza sobre Calidad Térmica en Edificaciones en el Municipio Maracaibo" [11] por la Alcaldía de la Ciudad de Maracaibo, Estado Zulia, en Enero 2005, cuyo objetivo es el de optimizar el diseño de edificaciones desde el punto de vista del comportamiento térmico de la envolvente, para obtener un mejor confort de los ocupantes y lograr ahorro de energía por la disminución tanto de la capacidad a instalar de equipos de enfriamiento como de la carga térmica a remover.

CONCLUSIONES

Aunque las normas de los países que las poseen no sean homogéneas en cuanto a valores específicos o severidad en las condiciones, prácticamente todas se basan en los mismos principios y evalúan iguales parámetros, por lo que el alcance y estructura de los estándares son bastantes similares en todos. De acuerdo a esto se establecen criterios cuyo objetivo es evaluar el desempeño de los materiales y condición climática, cuyo valor es a título comparativo, donde la

valoración, a partir de la revisión bibliográfica especializada, permite desarrollar criterios para definir la presencia posible de la adecuada orientación, y la selección del material de la edificación.

En el desarrollo del establecimiento de normativas para ahorro de energía en edificaciones los países que más han avanzado en Latinoamérica desarrollando normativas, tomando en cuenta la zonificación bioclimática y estableciendo para ello la transmitancia térmica adecuada para cada zona son Argentina, México, Chile, Brasil y Perú; este último publicó su norma en mayo 2014.

REFERENCIAS

- [1] Sandó, Y. (2011). Hacia la construcción de una arquitectura Sostenible en Venezuela, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, Tesis Máster.
- [2] Sosa M., Siem G. (2004). Manual de Diseño para Edificaciones Energéticamente Eficientes en el Trópico. IDEC/FAU/UCV. Caracas – Venezuela.
- [3] Salazar, L (2015). Indicadores energéticos en Porlamar en base al Comportamiento térmico del material de construcción en zona bioclimática., Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela, Tesis Doctoral.
- [4] Uso Eficiente de la Energía en la Vivienda. Guía Confort, México, mayo 2010.
- [5] Ceballos A., Resende Z. (2006) Arquitectura, clima y tecnología. Definiciones y ejemplos, Universidad Nacional Autónoma de México. México Distrito Federal.
- [6] González D. (2003). El diseño bioclimático en el mundo de hoy, Revista Arquitectura y Urbanismo, Facultad de Arquitectura, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Habana – Cuba
- [7] Jacobo G. (2004). Alexander Klein: Pionero la arquitectura bioclimática. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional del Nordeste, Provincia del Choco - Argentina.
- [8] Rosenfeld E., Discoli G., Discoli C., Dicroce L., Brea B., Melchori M. (2007). Edificios proto-bioclimáticos en la Argentina.: Tres ejemplos relevantes, Porto Alegre – Brasil.
- [9] Boletín mensual del Laboratorio de Acondicionamiento Ambiental. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Ricardo Palma. Volumen 4, Nro 24, Lima - Perú, julio 2011.
- [10] Evans J. (2007) *The Comfort Triangles a New Tool for Bioclimatic Design*. Thesis submitted in partial fulfillment of the requirements of the award of Doctor of Philosophy. Technische Universiteit Delft, United Kingdom.
- [11] Evans J. (2004) Zonificación bioambiental en Latinoamérica para una arquitectura sustentable. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol 8, N° 1. Argentina.
- [12] Rosales L. (2005). Zonas climáticas para el diseño de edificaciones y diagramas bioclimáticos para Venezuela. Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Central de Venezuela, Caracas – Venezuela.
- [13] Ordenanza sobre Calidad Térmica de las Edificaciones en el Municipio Maracaibo, Estado Zulia Venezuela, 15 de marzo 2005.