



NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN

NEC-11

CAPÍTULO 13

EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA CONSTRUCCIÓN EN ECUADOR



ÍNDICE

13.1 INTRODUCCIÓN.....	4
13.1.1 BREVE DIAGNÓSTICO	4
13.1.2 CAUSAS.....	4
13.2 ASPECTOS TÉCNICOS PRELIMINARES.....	4
13.2.1 OBJETO	4
13.2.2 ALCANCE.....	4
13.2.3 PROPÓSITO.....	5
13.2.4 DEFINICIONES, NOMENCLATURA Y SÍMBOLOS.....	5
13.2.4.1 DEFINICIONES.....	5
13.2.5 DISPOSICIONES GENERALES	6
13.2.5.1 ENTE DE CONTROL	6
13.2.5.2 VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO	6
13.2.5.3 INSTANCIA DE CONTROL	7
13.2.5.4 JURISDICCIÓN	7
13.2.5.5 REVISIÓN Y COMENTARIOS	7
13.2.6 NORMAS DE REFERENCIA.....	7
13.3 CONSIDERACIONES GENERALES.....	8
13.3.1 CONCEPTOS BÁSICOS	8
13.3.1.1 ESTRUCTURACIÓN DE PARÁMETROS	8
13.3.2 ENTORNO DE LA EDIFICACIÓN	9
13.3.2.1 PLANTEAMIENTOS URBANÍSTICOS.....	9
13.3.2.2 ENTORNO	9
13.3.3 ZONAS CLIMÁTICAS	9
13.3.3.1 UBICACIÓN DE LA EDIFICACIÓN	11
13.3.4 DISPONIBILIDAD DE LOS RECURSOS.....	11
13.3.4.1 SERVICIOS BÁSICOS DISPONIBLES	11
13.3.4.2 RECURSO SOLAR.....	11
13.3.4.3 RECURSO EÓLICO	11
13.3.4.4 RECURSO DE LA BIOMASA.....	12
13.3.4.5 RECURSO GEOTÉRMICO (TEMPERATURA DEL SUELO).....	12
13.3.4.6 RECURSOS HÍDRICOS	12
13.3.5 CRITERIOS ARQUITECTÓNICOS PRELIMINARES.....	13
13.3.5.1 CONFORT	13
13.3.5.2 CONSIDERACIONES CONSTRUCTIVAS DE DISEÑO.....	14
13.3.5.3 ELEMENTOS ARQUITECTÓNICOS.....	15
13.3.5.4 GENERACIÓN DE ENERGÍA A TRAVÉS DE FUENTES RENOVABLES.....	17
13.4 LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA	17
13.4.1 GENERALIDADES.....	17
13.4.1.1 DEFINICIÓN.....	17
13.4.1.2 OBJETO	17
13.4.1.3 CLASIFICACIÓN DE ENVOLVENTE	18
13.4.1.4 CLASIFICACIÓN DE ESPACIOS	19
13.4.2 EXIGENCIAS DE DISEÑO	20
13.4.2.1 ORIENTACIÓN DE LA EDIFICACIÓN.....	20
13.4.2.2 GANANCIA Y PROTECCIÓN SOLAR.....	20
13.4.2.3 VENTILACIÓN Y CALIDAD DE AIRE	22
13.4.2.4 ILUMINACIÓN	23
13.4.3 EXIGENCIAS ARQUITECTÓNICAS	23

13.4.3.1 AGRUPACIÓN DE ESPACIOS.....	23
13.4.3.2 TRANSMITANCIA Y AISLAMIENTO TÉRMICO.....	23
13.4.3.3 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.....	25
13.5 RENDIMIENTO DE LAS INSTALACIONES ACTIVAS.....	26
13.5.1 GENERALIDADES.....	26
13.5.1.1 INSTALACIONES ACTIVAS	26
13.5.1.2 CONTRIBUCIÓN MÍNIMA ANUAL DE ENERGÍA RENOVABLE	26
13.5.1.3 SISTEMAS CENTRALIZADOS DE AGUA CALIENTE.....	27
13.5.2 EXIGENCIAS TECNICAS DE LAS INSTALACIONES.....	27
13.5.2.1 EQUIPOS DE CONSUMO	27
13.5.2.2 AISLAMIENTO EN DUCTOS	28
13.5.2.3 PÉRDIDAS POR FRICCIÓN EN SISTEMAS HIDRÁULICOS.....	30
13.5.3 CONDICIONES DE USO Y MANTENIMIENTO.....	30
13.6 EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN.....	30
13.6.1 GENERALIDADES.....	30
13.6.2 PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN.....	31
13.6.3 DOCUMENTACIÓN JUSTIFICADA.....	31
13.6.4 CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LAS EXIGENCIAS	31
13.6.4.1 VALOR DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN	31
13.6.4.2 SISTEMAS DE CONTROL Y REGULACIÓN.....	33
13.6.5 ILUMINACIÓN NATURAL.....	33
13.6.5.1 FACHADAS CON ACRISTALAMIENTO AL EXTERIOR	33
13.6.5.2 CERRAMIENTOS ACRISTALADOS HACIA PATIOS O ATRIOS	34
13.6.6 CÁLCULO.....	35
13.6.6.1 DATOS PREVIOS.....	35
13.6.6.2 MÉTODO DE CÁLCULO.....	35
13.6.7 MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN.....	36
13.6.8 CRITERIOS DE DISEÑO DE LA ILUMINACIÓN	36
13.6.8.1 ENTORNO LUMINOSO	36
ANEXOS	37
13.A.1 DATOS DE RADIACIÓN SOLAR EN EL ECUADOR.....	37
13.A.2 CURVAS DE CONFORT	39
13.A.3 COEFICIENTES DE SIMULTANEIDAD.....	39
13.A.4 MAPA DE ISOTERMAS DEL ECUADOR	40
13.A.5 TABLAS DE ILUMINANCIA, LIMITACIÓN DEL DESLUMBRAMIENTO Y CUALIDAD DE COLOR	41
13.A.6 CRITERIOS DE DISEÑO DE LA ILUMINACIÓN	44

CAPÍTULO 13–EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA CONSTRUCCIÓN EN ECUADOR

13.1 INTRODUCCIÓN

13.1.1 BREVE DIAGNÓSTICO

El sector residencial es el segundo mayor consumidor de energía a nivel nacional después del sector transporte. La tendencia histórica para el año 2020 indica que esta situación no va a variar de manera significativa. Para reducir esta tendencia es necesario cambiar las formas de construcción en el país con el fin de reducir el consumo de energía durante la operación de la edificación.

13.1.2 CAUSAS

Entre las causas por las cuales el sector residencial es un gran consumidor de energía podemos anotar las siguientes.

- La presencia de subsidios a la electricidad y al GLP han hecho que los constructores prefieran economizar en la inversión inicial de las viviendas para resolver el problema del confort a posteriori usando equipos activos de alto consumo energético.
- El desconocimiento académico por parte de las escuelas de formación y universidades acerca de los conceptos de bioclimatismo y uso pasivo de la energía solar, eólica, geotérmica, etc. que ha desembocado en una forma de construir genérica sin distinguir entre las diferencias climáticas de las diferentes ciudades del país
- El déficit de vivienda sumado a los niveles de pobreza en Ecuador, han hecho que muchas de las edificaciones construidas en el país sean de bajo presupuesto, economizando en materiales que hacen que estas viviendas no alcancen los niveles de confort adecuados.
- Falta de un marco legal que regule la eficiencia de las edificaciones durante su vida útil, que hace que los diseñadores no tomen en cuenta este parámetro a la hora de la concepción de las edificaciones.

De las deficiencias indicadas, una de las principales es la falta de una **Norma Técnica Ecuatoriana**, que regule las características energéticas de las edificaciones en cuanto a los parámetros mínimos que deben cumplir para ser aplicados en el país de manera formal.

13.2 ASPECTOS TÉCNICOS PRELIMINARES

13.2.1 OBJETO

Establecer las especificaciones y características técnicas mínimas a ser tomadas en cuenta en el diseño, construcción, uso y mantenimiento de las edificaciones en el país, reduciendo de esta manera el consumo de energía y recursos necesarios, así como establecer los mecanismos de control y verificación de las mismas.

13.2.2 ALCANCE

Los requerimientos de este capítulo se aplicaran en forma progresiva durante 10 años de su expedición. El cumplimiento de estos requisitos será sujeto a reconocimientos e incentivos por parte de la autoridad competente en los siguientes casos:

- Edificios de nueva construcción;
- Rehabilitación de edificios existentes con una superficie útil superior a 1000 m².
- Reformas de locales comerciales y de edificios de uso administrativo.

Se excluyen del ámbito de aplicación:

- Edificios y monumentos con valor histórico o arquitectónico reconocido, cuando el cumplimiento de las exigencias de esta sección pudiese alterar de manera inaceptable su carácter o aspecto;
- Construcciones provisionales con un plazo previsto de utilización igual o inferior a 2 años;
- Instalaciones industriales, talleres y edificios agrícolas no residenciales.

13.2.3 PROPÓSITO

La presente Norma ha sido elaborada para fomentar el diseño y construcción de edificaciones bajo puntos de vista de sostenibilidad, eficiencia y buen manejo de los recursos en el Ecuador, disminuyendo de esta manera el consumo de combustibles fósiles y recursos no renovables y las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas.

13.2.4 DEFINICIONES, NOMENCLATURA Y SÍMBOLOS

13.2.4.1 DEFINICIONES

Ciclo de Vida de la edificación. Es el proceso edificatorio que analiza ordenando y clasificando todos los factores dentro de la construcción con implicaciones energéticas y medioambientales. Podemos dividir al ciclo de vida del edificio en tres grandes fases: diseño y construcción, utilización y demolición.

Ciudad compacta. Es aquella que presenta una estructura y trama urbana de cierta compacidad, esta cohesionada social y culturalmente, crea un territorio con una cercanía a todos los servicios, permitiendo un desarrollo sostenible interno de la comunidad.

Movilidad sostenible. Es el uso del transporte que se centran en reducir la congestión de las vías al mismo tiempo que se reduce el consumo de combustibles fósiles contaminantes. Y fomenta el uso de medios alternativos como caminar a pie, el uso de la bicicleta, uso medios de transporte público en vez del uso particular del vehículo.

Reforma o remodelación sustancial. Se define como reforma o remodelación sustancial a aquella intervención sobre la edificación destinada a aumentar la vida útil de la edificación. A efecto de esta norma, es cualquier intervención que reemplaza, modifica, derruye o construye un 25% del volumen existente. Se hace diferenciación entre reforma en la envolvente, reforma en las instalaciones de iluminación, reforma en los sistemas activos, etc. ya que según esta reforma se obliga el cumplimiento de cada uno de los diferentes capítulos.

Bienestar térmico. Implica una ausencia de cualquier sensación de incomodidad o malestar térmico producido por exceso de frío o calor.

Confort térmico. El confort térmico es una sensación neutra de la persona respecto a un ambiente térmico determinado. Según la norma ISO 7730 el confort térmico “es una condición mental en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico”. El confort térmico depende de varios parámetros globales externos, como la temperatura del aire, la velocidad

del mismo y la humedad relativa, y otros específicos internos como la actividad física desarrollada, la cantidad de ropa o el metabolismo de cada individuo.

Aislamiento térmico. Aislamiento térmico es la capacidad de los materiales para oponerse al paso del calor por conducción. Se evalúa por la resistencia térmica que tienen. La medida de la resistencia térmica o, lo que es lo mismo, de la capacidad de aislar térmicamente, se expresa, en el Sistema Internacional de Unidades (SI) en $m^2.K/W$ (metro cuadrado y kelvin por vatio).

Se considera material aislante térmico cuando su coeficiente de conductividad térmica: λ es inferior a $\lambda < 0,085 \text{ kcal / m}^2.\text{°C}$ medido a 20°C (obligatorio) ó $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$. La resistencia térmica es inversamente proporcional a la conductividad térmica.

Todos los materiales oponen resistencia, en mayor o menor medida, al paso del calor a través de ellos. Algunos, muy escasa, como los metales, por lo que se dice de ellos que son buenos conductores; los materiales de construcción (yesos, ladrillos, morteros) tienen una resistencia media. Aquellos materiales que ofrecen una resistencia alta, se llaman aislantes térmicos específicos o, más sencillamente, aislantes térmicos.

Ejemplos de estos aislantes térmicos específicos pueden ser las lanas minerales (lana de roca y lana de vidrio), las espumas plásticas (EPS, Poliestireno expandido, Polietileno expandido, PUR, Poliuretano expandido), reciclados como los aislantes celulósicos a partir de papel usado, vegetales (paja, virutas madera, fardos de pasto, etc.); entre otros.

Cuando se produce un "agujero" en el aislamiento, producido por un material muy conductor o un agujero físico, se habla de un punto térmico.

Demanda de energía activa. Es aquella demanda de energía que se usa mediante algún equipo que consume energía primaria (calentadores a gas, calefactores a diesel, etc.) o electricidad (aires acondicionados, calefactores eléctricos, sistemas solares con bombeo incorporado). Esta definición se complementa con los sistemas de energía pasivos que usan las condiciones ambientales para alcanzar los grados de confort deseados.

Luminaria. Son aquellos aparatos que sirven para la producción de luz y que cumplen las características ópticas, mecánicas y eléctricas para dicho fin.

Luminancia. La luminancia se define como la densidad angular y superficial de flujo luminoso que incide, atraviesa o emerge de una superficie siguiendo una dirección determinada.

Iluminancia. La iluminancia es la cantidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie por unidad de área. La unidad de medida en el Sistema Internacional es el lux: $1 \text{ lux} = 1 \text{ lumen/m}^2$.

13.2.5 DISPOSICIONES GENERALES

13.2.5.1 ENTE DE CONTROL

La presente norma asume la existencia de un Organismo de Control, a cargo del gobierno a través del INEN, el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable y/o los organismos seccionales encargados del control urbano.

13.2.5.2 VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO

Toda edificación nueva o reforma sustancial de una edificación deberá contar con una memoria técnica o proyecto justificativo de cumplimiento de lo que trata esta normativa.

Todos los proyectos o memorias técnicas deben estar firmadas por el autor, quien debe ser titulado y experimentado, en aspectos correspondientes al tema. El proyecto contendrá al menos los siguientes aspectos.

- Justificación del plan y aseguramiento de que se cumplirán con las exigencias técnicas y de confort establecidas
- Planos, memoria técnica de cálculo y cronograma de ejecución, coordinado con los diferentes rubros de las edificaciones.
- Plan de pruebas y verificación de materiales, con sus respectivos formatos de reportes.
- Manual de operación, seguridad y mantenimiento de los equipos a instalarse.

13.2.5.3 INSTANCIA DE CONTROL

El gobierno central y los gobiernos seccionales serán los encargados de controlar el cumplimiento de las disposiciones dadas en la presente normativa, a través de una unidad técnica especializada. Esta unidad se encargará de establecer los procedimientos y requisitos idóneos para otorgar los permisos de construcción con sujeción a los planes globales trazados por la municipalidad, de acuerdo a los proyectos de expansión y movilidad, en el tiempo.

La expedición de permisos de construcción deberá tener implícita la supervisión de la obra, cuyo plan deberá ser de común acuerdo y con la obligación de llevar un libro de obra planificado y firmado oportunamente por todos los implicados desde el inicio, con la aprobación del diseño, durante la construcción y al término de la misma.

Todos estos procedimientos deben realizarse dentro del marco global establecido en la Norma Ecuatoriana de la Construcción y las ordenanzas inherentes de cada gobierno seccional.

El incumplimiento o alteración de los parámetros de diseño estipulados en el momento de la solicitud del permiso de obra se constituye automáticamente en una infracción a la norma de la construcción con las consiguientes implicaciones administrativas y legales que correspondan, según la legislación local y nacional pertinentes.

13.2.5.4 JURISDICCIÓN

La presente Norma está bajo la jurisdicción del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).

13.2.5.5 REVISIÓN Y COMENTARIOS

Debe revisarse o actualizarse a los 5 años siguientes de la publicación de la declaratoria de vigencia, salvo justificación tecnológica aprobada por el INEN.

Los comentarios que puedan surgir deberán ser enviados a las siguientes direcciones:

INEN, Instituto Ecuatoriano de Normalización, Baquerizo Moreno 454 y 6 de Diciembre, Quito, Ecuador, Telf. (02) 222 2223.

MEER, Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, Av. Eloy Alfaro N° y 9 de Octubre, Quito, Ecuador. Telf. (02) 397 6000.

13.2.6 NORMAS DE REFERENCIA

Las siguientes publicaciones referenciadas son indispensables para la aplicación de este documento. Para referencias fechadas, se aplica únicamente la edición citada. Para referencias no fechadas, se aplica la última edición del documento referenciado:

EN ISO 6946:1997 Building components and building elements -- Thermal resistance and thermal transmittance -- Calculation method

EN ISO 13370:1999 Thermal performances of buildings – Thermal transfer via the ground- Calculations methods

EN ISO 13789:2007 Thermal performances of buildings – Transmission and ventilation heat transfer coefficients- Calculations methods

NOM-028-ENER-2010 Eficiencia energética de lámparas para uso general. Límites y métodos de prueba.

MINISTÈRE DE L'EMPLOI, DE LA COHÉSION SOCIALE ET DU LOGEMENT. Arrêté du 24 mai 2006 relatif aux caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments

DOGC 4574 – 16.2.2006. GENERALITAT DE CATALUNYA. DECRET 21/2006, de 14 de febrer, pel qual es regula l'adopció de criteris ambientals i d'ecoeficiència en els edificis.

Acuerdo 20 de 1995 Concejo de Bogotá D.C. Código de Construcción del Distrito Capital de Bogotá,

GOBIERNO DE CHILE MINVU, Ordenanza General De Urbanismo Y Construcciones Articulo 4.1.10

CALIFORNIA ENERGY COMMISSION, Efficiency Standards for residential and nonresidential buildings, 2008

REINO DE ESPAÑA, Ministerio de la vivienda, CTE Código Técnico de la Edificación, marzo 2006

ISO 8995-1:2002 (CIE S 008/E:2001) Lighting of work places -- Part 1: Indoor

13.3 CONSIDERACIONES GENERALES

13.3.1 CONCEPTOS BÁSICOS

Las edificaciones nuevas así como las reformas o cambios de uso en edificaciones existentes implican una movilización de recursos y gastos de energía, tanto para la construcción como para el funcionamiento de las mismas. Así mismo, estas generan un impacto social sobre el medio circundante, alterando la forma de vida de las personas de los alrededores. En la planificación urbanística de las ciudades es de vital importancia estimar las implicaciones sobre la sociedad que causan las edificaciones. El impacto ambiental de un edificio es proporcional a la cantidad de recursos y emisiones que están relacionadas con las actividades y procesos que tienen lugar en el edificio durante su ciclo de vida.

En toda edificación nueva o reforma sustancial de una existente se debe realizar el diseño en base de los parámetros que se enumeran a continuación para obtener un mínimo de sostenibilidad de la construcción.

- Uso/consumo de energía (activa – pasiva)
- Uso/consumo de agua cuantitativamente como cualitativamente
- Uso del suelo con valor ecológico-social
- Uso/consumo de materiales escasos
- Emisiones atmosféricas y de otro tipo
- Impactos ambientales y de otro tipo
- Integración social económica y cultural

13.3.1.1 ESTRUCTURACIÓN DE PARÁMETROS

Debido a la influencia de la construcción en el ambiente se debe valorar los siguientes aspectos.

- Consideraciones energéticas de los edificios y sus instalaciones para cuantificar el consumo energético.

- Consideraciones de uso de productos nocivos para el ambiente y la salud de las personas.
- Consideraciones del uso de materiales y recursos naturales: agua, suelo, madera, etc.
- Consideraciones indirectas como la contaminación visual, ruidos, transporte, inclusión socio-cultural.

13.3.2 ENTORNO DE LA EDIFICACIÓN

13.3.2.1 PLANTEAMIENTOS URBANÍSTICOS

Es importante para el buen desarrollo de la eficiencia energética en las edificaciones, que la urbanística de la ciudad, la población o el barrio tengan también un carácter sostenible por lo tanto es deseable que los entes de planificación tomen en consideración estos planteamientos.

Sin perjuicio de lo anterior, en los programas habitacionales y edificaciones futuras, sean estos públicos o privados, en su fase de diseño, se debe justificar técnicamente los siguientes aspectos.

- Diseño con criterio de ciudad compacta.
- Diseño de accesibilidad mediante movilidad sostenible.
- Consideración de la orientación que facilite el cumplimiento de los parámetros normativos de las edificaciones en cuanto a ganancia o protección solar y ventilación natural.
- Respeto e integración de áreas verdes utilizando vegetación autóctona.

13.3.2.2 ENTORNO

En el diseño o reforma sustancial de una edificación se debe realizar un análisis del entorno social, cultural, geográfico, de vegetación, climatológico (vientos, precipitaciones, temperaturas, humedad relativa), patrimonial, histórico y ancestral sobre la pertinencia de la edificación en cuestión, respetando además, las normas urbanísticas de uso de suelo y reglamentaciones u ordenanzas de construcción locales. Se debe justificar en este análisis las ventajas y desventajas que esta edificación acarrea a la población circundante.

13.3.3 ZONAS CLIMÁTICAS

Las zonas climáticas es una aproximación del posible entorno natural que encontrará el proyectista en el diseño de una edificación.

Con datos climatológicos propios el INAMHI ha desarrollado un mapa de isotermas del país que es recogido en esta normativa. El mapa del INAMHI divide al país en 12 zonas térmicas de acuerdo a la temperatura media anual registrada. Este mapa puede ser consultado en el Anexo 13.0.

Se ha agrupado al país en seis zonas térmicas de acuerdo al mapa proporcionado por el INHAMI. Los rangos de temperatura para estas zonas térmicas se los puede observar en la Tabla 13.1 y los lugares en el mapa del Anexo 13.0. Además en la

Tabla 13.2 se puede observar estos datos para algunas ciudades seleccionadas Datos complementarios de temperatura y humedad pueden ser consultados en la Dirección de Aviación Civil (DAC).

Además el clima puede variar localmente dependiendo de algunos factores los cuales crean microclimas. Los aspectos que se deben considerar son: la altitud relativa del terreno,

pendiente de la zona y vientos formados por vegetación o edificios aledaños, emplazamiento dentro de la ciudad y proximidad a masas de agua.

Tabla 13.1. Rangos de temperatura de acuerdo a las zonas climáticas, según el mapa del INHAMI

Zona Climática	Rango de temperatura. Según datos del INHAMI
ZT1	6 - 10 [°C]
ZT2	10 - 14 [°C]
ZT3	14 - 18 [°C]
ZT4	18 - 22 [°C]
ZT5	22 - 25 [°C]
ZT6	25 - 27 [°C]

Tabla 13.2. Datos de temperatura media, máxima y mínima para sitios seleccionados. Datos proporcionados por el INHAMI.

PROMEDIO AÑOS 2000 - 2008					
ESTACION		VALOR ANUAL			
		Temperaturas Extremas °C			Humedad Relativa
COD / NOMBRE	PROVINCIA	Mínima	Media	Máxima	Media %
M002 La Tola	PICHINCHA	9,41	15,57	22,82	76,58
M003 Izobamba	PICHINCHA	6,33	11,99	18,37	78,75
M004 Rumipamba	COTOPAXI	8,74	14,03	19,85	75,44
M005 Portoviejo	MANABI	21,13	25,11	30,75	76,98
M006 Pichilingue	LOS RIOS	21,53	24,95	29,49	82,96
M007 Rocafuerte	NAPO	22,07	25,72	31,25	86,58
M008 Puyo	PASTAZA	17,12	20,77	26,09	87,13
M024 Quito-Iñaquito	PICHINCHA	9,62	14,94	21,18	68,12
M026 Puerto Ila	PICHINCHA	21,30	24,38	28,32	87,96
M031 Cañar	CAÑAR	7,46	11,93	16,84	76,35
M033 La Argelia Loja	LOJA	12,16	16,17	21,61	74,35
M037 Milagro	GUAYAS	21,86	25,39	29,44	79,24
M051 Babahoyo	LOS RIOS	33,15	25,04	29,05	76,46
M103 San Gabriel	CARCHI	6,73	12,47	17,55	78,81
M105 Otavalo	IMBABURA	8,39	14,71	21,89	80,44
M133 Guaslan	CHIMBORAZO	8,34	13,97	15,04	63,52
M138 Paute	AZUAY	11,04	17,41	24,49	78,99
M153 Muisne	ESMERALDAS	21,37	25,06	27,40	85,61
M221 Galapagos	GALAPAGOS	21,54	24,25	27,92	81,84
M258 Quero Chico-Ambato	TUNGURAHUA	7,78	12,70	18,77	76,02
MA2V Guayaquil	GUAYAS	22,38	26,10	30,63	73,86

13.3.3.1 UBICACIÓN DE LA EDIFICACIÓN

En el diseño de una edificación se debe considerar lo siguiente.

- El efecto del viento, la insolación y la humedad sobre la edificación según se encuentre en una zona llana, valle o cima. Por ejemplo la ubicación en una zona elevada es aconsejable en climas cálidos y húmedos, ya que ayudan a disminuir la humedad e incrementan la ventilación, mientras que la ubicación en un valle se aconseja en climas cálidos y secos, ya que la humedad suele ser más elevada y la insolación ligeramente inferior.
- La orientación de la fachada principal con la dirección predominante del viento. Se aconseja que los ejes longitudinales se encuentren en esa dirección.
- Mantener las alturas de los edificios uniformes evitando cambios bruscos de altura, ya que generan vientos fuertes a nivel del suelo.
- Evitar las disposiciones de edificios que ocasionen efectos de embudo sobre los vientos predominantes.
- Utilizar técnicas paisajistas o de jardinería que mantengan una cierta rugosidad en el terreno, mediante pendientes, árboles, arbustos, etc. que protejan al usuario del edificio de vientos fuertes.

13.3.4 DISPONIBILIDAD DE LOS RECURSOS

El conocimiento del potencial disponible de energías renovables de la zona, incluyendo una evaluación de su variabilidad espacial y temporal y la posible complementariedad entre los recursos, es clave para una adecuada planificación e integración de la producción de energía de origen renovable y el consumo de energía y recursos en la edificación.

En el diseño del proyecto urbanístico o de la edificación se debe realizar el estudio de disponibilidad de recursos.

13.3.4.1 SERVICIOS BÁSICOS DISPONIBLES

El proyecto de edificación deberá contener una evaluación de los recursos básicos municipales disponibles y asequibles de acuerdo a la práctica usual. Estos son:

- Agua potable y alcantarillado
- Electricidad
- Abastecimiento de combustibles (gas, diesel, etc.)
- Recolección de residuos sólidos urbanos

13.3.4.2 RECURSO SOLAR

Se debe realizar la evaluación del recurso solar disponible para su posterior uso de forma térmica, fotovoltaica, fotoquímica, etc. El Anexo 13.0 muestra los valores de radiación solar para el Ecuador. Esta energía puede ser utilizada de múltiples maneras en la edificación ya que es un recurso de alta confiabilidad y calidad energética. Usos posibles de este recurso son el calentamiento de agua sanitaria, generación eléctrica fotovoltaica, climatización, ganancias de energía por orientación y radiación, etc.

13.3.4.3 RECURSO EÓLICO

En el diseño de una edificación es necesario disponer de los datos del recurso eólico, esto quiere decir conocer la velocidad del viento y la dirección predominante. Este recurso puede

ser usado para generación de energía eléctrica a través de un aerogenerador, para ventilación natural, bombeo de agua o para usos pasivos.

Se utilizarán los datos oficiales cuando existan o en su defecto se hará una estimación en base a evidencias físicas, ancestrales, mediciones directas, etc.

13.3.4.4 RECURSO DE LA BIOMASA

Se debe evaluar el potencial de biomasa residual con fines energéticos, que se constituya en una fuente complementaria eléctrica y/o térmica al suministro público.

Para dicho aprovechamiento deben considerarse residuos sólidos orgánicos, residuos de jardinería, aguas residuales, residuos agroindustriales de industrias cercanas, residuos selvícolas. No se considerarán como recurso de biomasa cultivos destinados a alimentación humana o animal ni la cobertura vegetal propia de la zona donde se asienta el proyecto.

13.3.4.5 RECURSO GEOTÉRMICO (TEMPERATURA DEL SUELO)

El aprovechamiento del recurso geotérmico para la construcción comprende un análisis de la factibilidad de utilizar la temperatura del suelo como un sumidero o una fuente de calor para su uso con equipos activos como son ventiladores, bombas de calor, etc. Para ello se medirá la temperatura a diferentes niveles de profundidad del suelo hasta los 2 metros, para de esta forma definir el gradiente de temperatura utilizable.

13.3.4.6 RECURSOS HÍDRICOS

El recurso hídrico comprende:

- El aprovechamiento de la energía potencial y cinética del agua para generación de energía eléctrica o fuerza mecánica, y;
- El consumo de agua en el funcionamiento de la edificación.

13.3.4.6.1 Disponibilidad del recurso hídrico con fines energéticos

Se debe analizar si existe un recurso hídrico natural cercano a la edificación que pueda ser usado con fines energéticos.

La evaluación de este potencial se lo hará de acuerdo con las prácticas usuales de aprovechamiento hidroeléctrico, que incluye al menos:

- Obtención de datos de caudal y curva de duración de caudal histórica.
- Topografía del lugar (cotas, pendientes, etc.)
- Estimación del potencial hidroeléctrico aprovechable.
- Tecnología aplicable.

13.3.4.6.2 Disponibilidad del recurso hídrico con fines de consumo

Se debe analizar la existencia de un recurso hídrico cercano a la edificación que pueda ser usado con fines de uso en el funcionamiento normal de la edificación.

Esta evaluación tomará en cuenta al menos lo siguiente, de conformidad con la legislación vigente en el país.

- Acceso a fuentes naturales cercanas.
- Factibilidad de utilización de agua lluvia, y;
- Factibilidad de reutilización de aguas grises.

13.3.5 CRITERIOS ARQUITECTÓNICOS PRELIMINARES

13.3.5.1 CONFORT

Se deben tener en cuenta las siguientes condiciones.

13.3.5.1.1 Confort térmico

Para que exista confort térmico, las edificaciones deben mantenerse dentro de los siguientes rangos

- Temperatura del aire ambiente: entre 18 y 26 °C
- Temperatura radiante media de superficies del local: entre 18 y 26 °C
- Velocidad del aire: entre 0,05 y 0,15 m/s
- Humedad relativa: entre el 40 y el 65 %

Estos valores pueden ser variados siempre y cuando se demuestre mediante estudio técnico que el conjunto de variables mencionadas anteriormente se encuentra dentro de los rangos de confort del diagrama de Fanger. Este diagrama se muestra en el Anexo 13.0.

13.3.5.1.2 Confort acústico

El confort acústico se vincula a la comodidad frente a los ruidos. El ruido afecta principalmente a la audición y al sistema nervioso.

En el diseño y la construcción de una edificación se debe considerar dos parámetros.

- Aislamiento acústico, y;
- Acondicionamiento acústico

El aislamiento acústico se refiere a los materiales usados para impedir que el ruido proveniente del exterior ingrese al recinto interno.

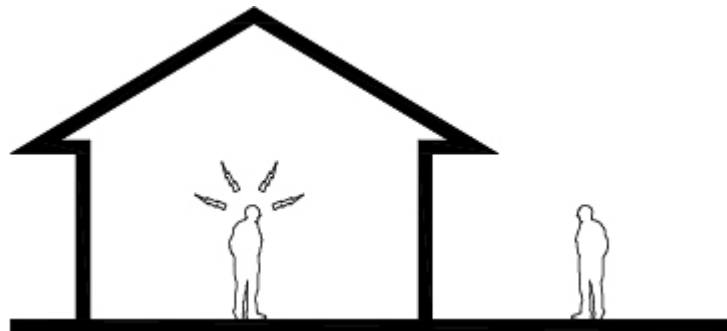


Figura 13.1. Esquema de aislamiento acústico

El acondicionamiento acústico se refiere a la calidad superficial de los materiales interiores que hacen que el ruido propio de la actividad en el local se amplifique hasta sobrepasar los niveles de confort. Esta situación puede ser típica en recintos de gran afluencia de público como restaurantes, locales comerciales, salones, auditorios, etc.

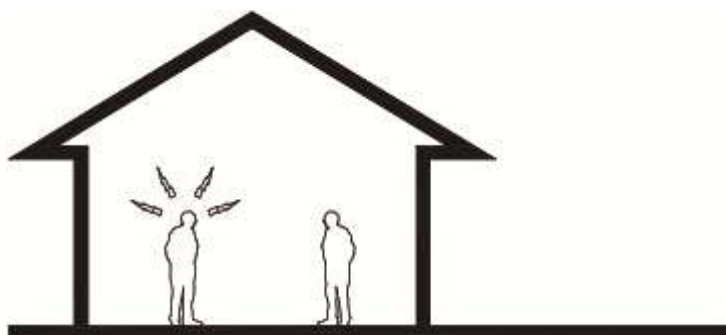


Figura 13.2. Ilustración de acondicionamiento acústico

Se limita el nivel de ruido en el interior de los recintos, medido en decibeles de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 13.3. Niveles máximos de ruido de acuerdo a la actividad

Lugar/Actividad	Nivel sonoro [dB]
Locales y recintos comerciales	70
Oficinas	60
Actividades de vivienda, estudio, dormitorios, bibliotecas, hoteles	50
Lugares de estar,	50
Aulas de estudio	55
Hospitales y centros de salud	45
Otros lugares no estipulados anteriormente diferentes de sitios de vivienda o estar.	75

13.3.5.1.3 Niveles de iluminación, deslumbramiento y rendimiento de color

Los niveles de iluminación, deslumbramiento y rendimiento de color en las edificaciones serán aquellos descritos en el acápite 13.6.

13.3.5.2 CONSIDERACIONES CONSTRUCTIVAS DE DISEÑO

Al momento de realizar el diseño de una edificación o conjunto de edificaciones se debe tomar en cuenta los siguientes criterios constructivos.

13.3.5.2.1 Forma

La superficie exterior es un indicador de las pérdidas y ganancias de calor con relación al ambiente, mientras el volumen contiene la cantidad de energía del edificio.

La forma de edificio aconsejable teniendo en cuenta el clima de la región y el microclima derivado de la ubicación del edificio sería la siguiente:

- En climas cálidos y húmedos se recomienda formas elevadas, con grandes aberturas que faciliten la ventilación y la sombra del edificio.
- En climas cálidos y secos es mejor la construcción compacta y pesada, con gran inercia térmica, para amortiguar las variaciones exteriores de temperatura.
- En climas fríos los edificios deben ser compactos, bien aislados constructivamente y con reducidas infiltraciones de aire.

13.3.5.2.2 Orientación de la edificación

La orientación geográfica determina la exposición a la radiación solar y al viento, que afectan a la temperatura y humedad de los ambientes habitables de la edificación. También es conveniente ubicar los espacios interiores según la orientación de las fachadas, agrupándolos de acuerdo a los usos y horas de ocupación.

13.3.5.2.3 Ganancia y protección solar

El nivel de asoleamiento a través de las superficies vidriadas y de la envoltura de la edificación determina la ganancia térmica dentro de la misma; así, en zonas climáticas frías se debe favorecer la incidencia de la radiación sobre las superficies vidriadas, mientras que en las zonas climáticas cálidas se debe usar elementos de protección sobre las superficies vidriadas.

El diseño arquitectónico no debe verse condicionado en su aspecto estético formal, ya que dependerá del diseñador la elección del elemento constructivo de protección.

13.3.5.2.3.1 Optimización de radiación Solar

Zonas Frías

- Almacenar la radiación solar en elementos macizos de materiales como hormigón, piedra o arcilla cuya inercia permita la acumulación de calor en la fachada o muros interiores. Este calor se restituye paulatinamente por convección y radiación en las horas nocturnas.
- Limitar los intercambios de temperatura con el exterior reduciendo la superficie en la envoltante, reforzando el aislamiento térmico y disminuyendo el movimiento del aire.

Zonas Cálidas

- Controlar la radiación directa mediante elementos constructivos de protección solar (aleros, persianas, pérgolas, batientes), superficies acristaladas con coeficientes de transmisión bajos para limitar los aportes energéticos externos. Se puede complementar con uso de textiles o protección vegetal.
- Disipar el calor con ventilación natural.

13.3.5.2.4 Ventilación y calidad de aire

La ventilación disminuye la sensación de calor debido a su efecto evaporativo sobre la piel. El intercambio de aire entre el interior y exterior es la herramienta básica para regular la temperatura en los interiores del edificio. En las zonas climáticas frías se procura que no haya pérdida de calor en los espacios interiores por efecto de infiltraciones de aire, mientras que en las zonas climáticas cálidas se debe favorecer los intercambios de aire para poder mantener más frescos los interiores.

13.3.5.2.5 Materiales de construcción

En la selección de los materiales de construcción para una edificación, se debe tomar en cuenta la energía incorporada, sus propiedades térmicas, acústicas, químicas y la disposición final o reutilización de los mismos.

13.3.5.3 ELEMENTOS ARQUITECTÓNICOS

- Accesos

Se recomienda, según el clima, que el acceso principal sea un espacio cerrado que se constituya en una esclusa de separación, creando un pequeño colchón de aire inmóvil que disminuya las pérdidas de aire caliente o frío del interior del edificio.

- Muros y fachadas

Se debe diseñar los muros y fachadas de tal manera que cumplan las funciones de transmitancia térmica, inercia térmica y permeabilidad dispuestos en esta normativa considerando la ganancia o la pérdida de energía de acuerdo a la zona climática.

- Pisos y cubiertas

Se debe tomar en cuenta la capacidad de transmisión térmica de los materiales de pisos y cubiertas para regular la pérdida o ganancia de calor. Se debe considerar el uso de cámaras de ventilación, cubiertas ajardinadas o la integración de elementos de captación de energía solar para aplicaciones térmicas o fotovoltaicas.

- Paredes Interiores

Se debe procurar el uso de sistemas constructivos con particiones versátiles que permitan de forma fácil su montaje y desmontaje y el paso de las instalaciones en su interior, de modo que la vivienda pueda adaptarse a las necesidades cambiantes de sus usuarios. Se recomienda el uso de divisiones interiores que garanticen los criterios de confort mínimo (aislamiento acústico, térmico, etc.)

- Ventanas y lucernarios

Se debe considerar la proporción de ventanas y lucernarios de acuerdo a la zona climática, orientación, uso de los espacios, direcciones del viento, que cumplan con las disposiciones de ganancia o protección térmica, iluminación natural y ventilación.

- Color

En las edificaciones se debe considerar la calidad de la luz (natural o artificial) y la reflexión que esta tiene sobre las superficies coloreadas evitando así los efectos de deslumbramiento.

En interiores se recomienda el uso de colores contrastantes para evitar la fatiga visual. Como ejemplo si los pisos y elementos de equipamiento son de color oscuro (reflexión entre el 25% y 40%) las partes superiores del ambiente deben tener una capacidad de reflexión del 50% al 60%. Se preferirán los colores claros para los cielos rasos para aumentar la luminosidad interior.

Se recomienda que en las zonas térmicas ZT1, ZT2 y ZT3 el color usado en las paredes exteriores tenga índices de reflexión no mayores al 60%, mientras que para las zonas térmicas ZT4, ZT5 y ZT6 sean inferiores al 40%.

En la Tabla 13.4 se muestran los porcentajes de reflexión de colores usuales en edificios.

Tabla 13.4. Índices de reflexión de algunos colores usados en edificios.

Reflexión de radiación solar en función del color de la superficie	
COLOR	% REFLEJADO
Blanco cal	80
Amarillo limón	70
Amarillo Oro	60
Azul claro	40-50
Rosa salmón	40
Gris cemento	32
Anaranjado	25-30

Beige	25
Verde vegetal	20
Ladrillo	18
Rojo	16
Negro	5

13.3.5.4 GENERACIÓN DE ENERGÍA A TRAVÉS DE FUENTES RENOVABLES.

Una parte de la energía usada para el normal funcionamiento de la edificación deberá provenir de fuentes renovables, para lo cual se usarán los análisis de disponibilidad de recursos del apartado 13.0. Se deben cumplir además los porcentajes mínimos de aporte de energía renovable del apartado 13.0. Para el caso del agua caliente sanitaria (ACS), la fuente principal de energía renovable será la solar, sin embargo en caso de disponer de otra fuente se podrá usar esta siempre y cuando se respete el porcentaje de aporte del apartado 13.0. Sin perjuicio de lo anterior, las edificaciones de gran tamaño tienen la obligatoriedad de cumplir con lo dispuesto en la Tabla 13. 5.

Tabla 13. 5. Potencia fotovoltaica a instalar para edificaciones de gran tamaño

Potencia de energía solar fotovoltaica (W)	
Cubiertas de más de 2500 m ² (supermercados, almacenes, bodegas, recintos feriales, galpones)	5000
Edificaciones de más de 2500 m ² de construcción (conjuntos habitacionales, hoteles, hospitales, edificios públicos, edificios de oficinas)	5000

13.4 LIMITACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

13.4.1 GENERALIDADES

13.4.1.1 DEFINICIÓN

Se entiende como limitación de la demanda energética el conjunto de procedimientos tendientes a que una edificación tenga un consumo energético sostenible. Esto quiere decir un consumo energético menor al que supondría una construcción según las técnicas actuales. Esta limitación se la conseguirá tomando en cuenta los criterios que se establecen en los párrafos posteriores.

13.4.1.2 OBJETO

El objeto de este capítulo es limitar la demanda de energía activa para alcanzar el confort dentro de las edificaciones en función del clima de la localidad y el uso del edificio. Esta limitación se logrará con una correcta aplicación de los criterios arquitectónicos expuestos en 13.3.

En la limitación de la demanda energética se tomará en cuenta, principalmente, la ganancia o pérdida de radiación solar, las prestaciones de la envolvente del edificio y la ventilación del edificio.

13.4.1.3 CLASIFICACIÓN DE ENVOLVENTE

Las edificaciones dispondrán de una envolvente de características tales que limite adecuadamente la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico, acústico, de iluminación y de calidad de aire en función del clima de la localidad y del uso del edificio.

La envolvente del edificio, está compuesta por todos los cerramientos que limitan espacios habitables con el ambiente exterior (aire, terreno u otro edificio) y por todas las particiones interiores que limitan los espacios habitables con los espacios no habitables que a su vez estén en contacto con el ambiente exterior.

Los cerramientos de los espacios habitables se clasifican según su diferente comportamiento térmico y cálculo de sus parámetros característicos en las siguientes categorías:

- Cerramientos en contacto con el aire:
 - Parte opaca, constituida por muros de fachada, cubiertas, suelos en contacto con el aire exterior y los puentes térmicos integrados
 - Parte semitransparente, constituida por huecos (ventanas y puertas) de fachada y lucernarios de cubiertas.
- Cerramientos en contacto con el terreno, clasificados según los tipos siguientes:
 - Suelos en contacto con el terreno;
 - Muros en contacto con el terreno;
 - Losa enterrada (subsuelos).
- Particiones interiores en contacto con espacios no habitables, clasificados según los tipos siguientes:
 - Particiones interiores en contacto con cualquier espacio no habitable (excepto cámaras sanitarias);
 - Suelos en contacto con cámaras sanitarias.
- Vano de la envolvente
 - Ventanas y lucernarios
 - Puertas
- Medianeras: comprenden aquellos cerramientos que lindan con otros edificios ya construidos o que se construyan a la vez y que conformen una división común. Si el edificio adyacente se construye con posterioridad, el cerramiento se considerará, a efectos térmicos como una fachada. Se respetará las normativas locales de propiedad.

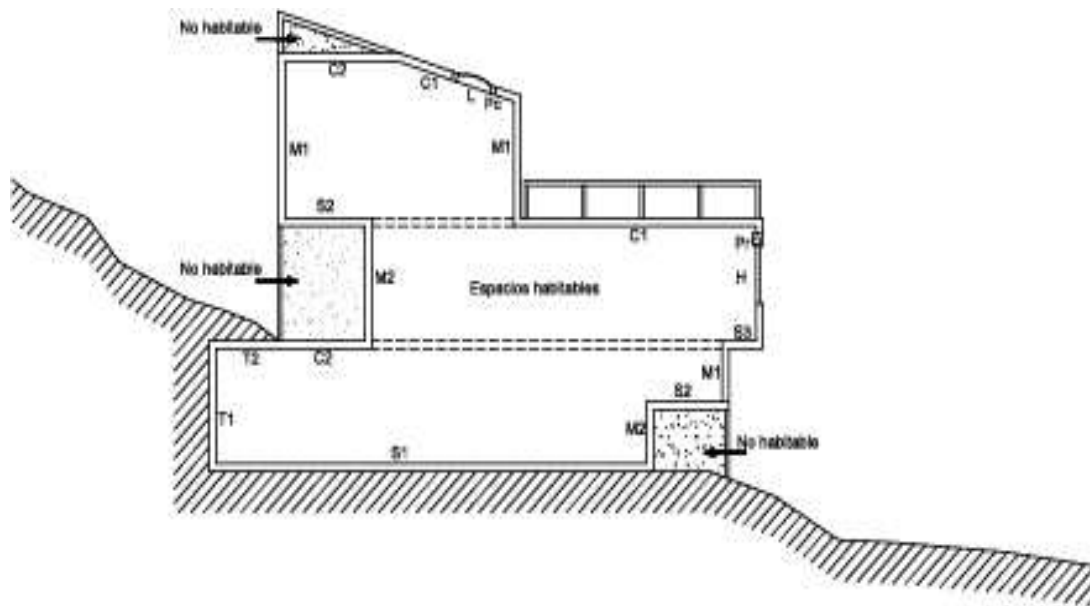


Figura 13.3. Esquema de la envolvente de la edificación

Tabla 13.6. Clasificación de envolvente según el esquema anterior

Cerramientos y particiones interiores	CUBIERTA			FACHADA		
	C1	C2	L	M1	M2	H
Componentes	En contacto con el aire	En contacto con un espacio no habitable	Lucernario	Muro en contacto con el aire	Muro en contacto con espacios no habitables	Huecos

Cerramientos y particiones interiores	Suelos			Cerramientos en contacto con el terreno	
	S1	S2	S3	T1	T2
Componentes	Apoyado sobre el terreno	En contacto con espacios no habitables	En contacto con aire exterior	Muros en contacto con el terreno	Cubiertas enterradas

13.4.1.4 CLASIFICACIÓN DE ESPACIOS

Se clasifica los espacios de acuerdo al uso. Se toman en consideración dos tipos de espacio, espacios de uso activo y espacios de uso pasivo. Entre los espacios de uso activo se incluyen.

- Cocinas.
- Áreas sociales y de trabajo: incluye salas, comedores, circulaciones, oficinas, talleres, locales comerciales, aulas, bibliotecas, auditorios, guardianías, etc.
- Áreas de descanso: incluye dormitorios, habitaciones, salas de espera, etc.

Entre los espacios de uso pasivo se incluyen.

- Áreas húmedas: incluye baños, piscinas, turcos, saunas, lavanderías, jardines y patios interiores, etc.
- Áreas no habitables: incluyen bodegas, parqueaderos, cuartos de máquinas, etc.

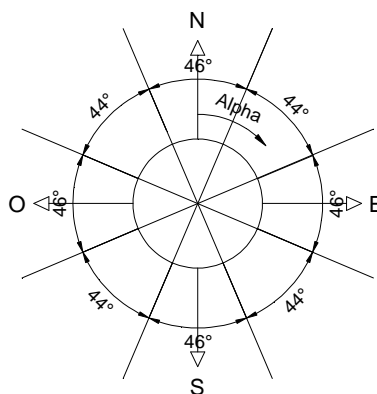
13.4.2 EXIGENCIAS DE DISEÑO

13.4.2.1 ORIENTACIÓN DE LA EDIFICACIÓN

Se orientará la edificación de acuerdo a las necesidades de ganancia o protección solar y de ventilación, calidad de aire y aislamiento acústico.

Para efectos de cálculo se definen las orientaciones de acuerdo a la Figura 13.4.

Para efectos térmicos, en las zonas térmicas ZT1, ZT2 y ZT3 se recomienda que las fachadas principales tengan orientaciones Este y Oeste ya que maximizan la ganancia solar directa en la mañana o en la tarde; para las zonas térmicas ZT4, ZT5 y ZT6 se recomienda las orientaciones Norte y Sur ya que evitan exposición directa solar en la mañana y en la tarde y son susceptibles de manera fácil de ser protegidas de la insolación de mediodía.



Ángulo	$-23 < \alpha < 23$	$23 < \alpha < 67$	$67 < \alpha < 113$	$113 < \alpha < 157$	$157 < \alpha < 157$	$-157 < \alpha < -113$	$-113 < \alpha < -67$	$-67 < \alpha < -23$
Orientación	Norte	Noreste	Este	Sureste	Sur	Suroeste	Oeste	Noroeste

Figura 13.4. Definición de orientaciones

13.4.2.2 GANANCIA Y PROTECCIÓN SOLAR

La ganancia o protección solar debe ser calculada a fin de minimizar las necesidades energéticas de climatización en las viviendas.

La ganancia solar depende de la dirección de las superficies receptoras (muros y vanos de fachada en contacto con el aire y cubiertas y tragaluces en contacto con el aire) y el porcentaje entre las superficies opacas (paredes) y ventanas.

La relación de superficie de ventanas respecto de la superficie total de la fachada no debe superar el porcentaje señalado en la Tabla 13.7 cuando se usa vidrio monolítico ($SHGC < 0,85$; $U < 5,4$).

Tabla 13.7. Porcentajes máximos de ventanas de acuerdo a la zona climática y la orientación

Relación de superficie de ventana y superficie total de fachada con vidrio monolítico (SGCH<0,85; U<5,4)			
Zona Climática	Orientación		
	N-S	NO-SO-NE-SE	E-O
ZT1	20	35	50
ZT2	30	35	50
ZT3	40	35	30
ZT4	40	35	25
ZT5	40	30	20
ZT6	40	30	20

En las zonas climáticas ZT1, ZT2 y ZT3 se puede aumentar este porcentaje, según la

Tabla 13.8 siempre y cuando el vidrio usado tenga un coeficiente de transferencia de calor menor a 3,8 W/m²K.

Tabla 13.8. Porcentajes máximos de ventanas de acuerdo a la zona climática y orientación con vidrio de bajo U.

Relación de superficie de ventana y superficie total de fachada con vidrio monolítico (SGCH<0,85; U<3,8)			
Zona Climática	Orientación		
	N-S	NO-SO-NE-SE	E-O
ZT1	40	55	70
ZT2	50	55	50
ZT3	60	50	40

En las zonas climáticas ZT4, ZT5 y ZT6 se puede aumentar este porcentaje según la Tabla 13.9, siempre y cuando el vidrio usado tenga un coeficiente de ganancia solar menor a 0,4. Sin embargo, es fuertemente recomendable utilizar en estas zonas climáticas al menos un 30% de sombras arquitectónicas en las direcciones N-S y NO-SO-NE-SE, y de al menos 50% en las direcciones E-O para evitar el sobrecalentamiento de la edificación.

Tabla 13.9. Porcentajes máximos de ventanas de acuerdo a la zona climática y orientación con vidrio de bajo SGCH.

Relación de superficie de ventana y superficie total de fachada con vidrio reflectivo (SGCH<0,4; U<5,4)			
Orientación			
Zona Climática	N-S	NO-SO-NE-SE	E-O
ZT4	85	60	45
ZT5	75	55	40
ZT6	65	50	35

En caso de que el diseñador opte por un porcentaje de ventanas mayor que el expuesto en las tablas anteriores, deberá justificar mediante un diseño térmico realizado por un especialista que el balance energético de su nuevo diseño no representa mayor gasto de energía activa que el correspondiente a las

Tabla 13.8 y Tabla 13.9.

En las zonas ZT4, ZT5 y ZT6 se recomienda el uso de cubiertas inclinadas para minimizar la ganancia solar en dicha cubierta. En caso de que se construya una cubierta plana esta debe ser de color blanco o en su defecto debe estar protegida de la radiación solar (protección arquitectónica, cubiertas verdes, colectores solares, etc.).

13.4.2.3 VENTILACIÓN Y CALIDAD DE AIRE

Las edificaciones deben asegurar una calidad de aire interior aceptable en los lugares donde se encuentren personas, mediante sistemas de evacuación del aire viciado producto del funcionamiento normal de la edificación. Se evitará el uso de materiales de construcción que desprendan partículas o sustancias nocivas para la salud.

En el diseño se debe prever un sistema de ventilación de acuerdo al número de personas previstas y a la concentración de CO₂ que exceda a la presente normativa, este puede ser un sistema de ventilación natural, ventilación mecánica o ventilación híbrida. Se favorecerá el uso de ventilación natural.

13.4.2.3.1 Calidades de aire

Se establecen tres categorías de ambientes según los cuales se debe diseñar los caudales de renovación de aire.

- Clase A: locales con necesidades de aire de muy buena calidad como hospitales, clínicas, laboratorios, bibliotecas, museos y guarderías.
- Clase B: locales con necesidades de aire de calidad media como oficinas, viviendas, residencias, hoteles, edificios públicos, restaurantes cafeterías, locales deportivos, etc.
- Clase C: locales con necesidades de aire de baja calidad de circulación esporádica.

La renovación de aire por persona y concentración de CO₂ se muestran en la Tabla 13.10.

Tabla 13.10. Caudales mínimos de aire por persona y concentración máxima permisible de acuerdo a calidad de aire necesaria.

Necesidad de aire	lit/s por persona	ppm (partes por millón en volumen)
Muy buena calidad	20	350
Calidad media	10	650
Baja calidad	5	1200

13.4.2.3.2 Parámetros de diseño

El aire debe circular desde los lugares secos (dormitorios, sala de estar, estudios) hacia los lugares húmedos (cocinas, salas de baño), para ello los lugares secos deben contar con aberturas de admisión y los lugares húmedos deben contar con aberturas de extracción. Las particiones que separan lugares secos de lugares húmedos deben disponer de aberturas de paso.

Es posible usar las juntas de las puertas como aberturas siempre y cuando se justifique cumplir con los caudales mínimos de renovación de aire estipulados en el párrafo anterior. En las zonas térmicas ZT1, ZT2 y ZT3 se recomienda mantener los valores de renovación cercanos a los dados en la tabla, mientras que en las zonas térmicas ZT4, ZT5 y ZT6 estos valores pueden ser excedidos.

Las edificaciones que usen como estrategia la ventilación cruzada, se orientarán de tal manera que el viento predominante incida sobre los lugares secos. En estas edificaciones las aberturas de admisión se encontrarán en la parte baja mientras que las aberturas de extracción se situarán en la parte superior.

13.4.2.4 ILUMINACIÓN

La iluminación de una edificación deberá ser realizada de modo que se permita satisfacer las exigencias mínimas tomando en cuenta los siguientes criterios:

- **Confort visual**, que permita mantener un nivel de bienestar sin que se afecte el rendimiento ni la salud de los ocupantes de la edificación.
- **Prestación visual**, mediante el cual los ocupantes sean capaces de realizar sus tareas visuales, incluso en circunstancias difíciles y durante periodos largos de tiempo.
- **Seguridad**, a través de la utilización de equipos normalizados y eficientes.

El acápite 13.6 de esta normativa trata en mayor detalle las características específicas de iluminación.

13.4.3 EXIGENCIAS ARQUITECTÓNICAS

13.4.3.1 AGRUPACIÓN DE ESPACIOS

Se recomienda ubicar los espacios de uso activo en los lugares de mejor radiación solar e iluminación natural, mientras que los espacios de uso pasivo pueden ubicarse en lugares de baja radiación solar e iluminación natural.

13.4.3.2 TRANSMITANCIA Y AISLAMIENTO TÉRMICO

Se restringe el coeficiente global de transferencia o transmitancia térmica máximos de la envolvente del edificio en las zonas térmicas ZT1, ZT2 y ZT3 de acuerdo a la Tabla 13. 11.

Tabla 13. 11. Coeficientes de transferencia U máximos en función del tipo de cerramiento y la zona climática. Climas fríos

Coeficiente global U en función del tipo de cerramiento y la zona climática W/m ² K							
Zona Climática	T _m (°C)	Fachadas en contacto con el aire	Cerramientos en contacto con el terreno	Cubiertas en contacto con el aire	Cerramientos en contacto con espacios no habitados no ventilados y medianeras	Cerramientos en contacto con espacios no habitados ventilados	Ventanas y lucernarios
ZT1	6,0 - 10,0	1,00	1,00	0,75	1,40	1,15	5,70
ZT2	10,0 - 14,0	1,25	1,25	1,00	1,80	1,50	5,70
ZT3	14,0 - 18,0	1,80	1,80	1,50	2,50	2,50	5,70

Tabla 13.12: Coeficientes de transferencia U máximos en función del tipo de cerramiento y la zona climática. Climas cálidos que usen climatización activa.

Coeficiente global U en función del tipo de cerramiento y la zona climática W/m ² K							
Zona Climática	T _m (°C)	Fachadas en contacto con el aire	Cerramientos en contacto con el terreno	Cubiertas en contacto con el aire	Cerramientos en contacto con espacios no habitados no ventilados y medianeras	Cerramientos en contacto con espacios no habitados ventilados	Ventanas y lucernarios
ZT4	18,0 - 22,0	2,50	2,50	1,50	3,00	2,5	5,70
ZT5	22,0 - 25,0	2,00	2,00	1,00	2,50	2	5,70
ZT6	25,0 - 27,0	1,50	1,50	0,75	2,00	1,50	5,70

Tabla 13.13. Coeficientes de transferencia U máximos en función del tipo de cerramiento y la zona climática. Climas cálidos que usen climatización pasiva.

Coeficiente global U en función del tipo de cerramiento y la zona climática W/m ² K							
Zona Climática	T _m (°C)	Fachadas en contacto con el aire	Cerramientos en contacto con el terreno	Cubiertas en contacto con el aire	Cerramientos en contacto con espacios no habitados no ventilados y medianeras	Cerramientos en contacto con espacios no habitados ventilados	Ventanas y lucernarios
ZT4	18,0 - 22,0	2,50	2,50	1,50	3,00	2,5	5,70
ZT5	22,0 - 25,0	3,00	3,00	1,00	3,00	3	5,70
ZT6	25,0 - 27,0	3,00	3,00	0,75	3,00	3,00	5,70

Para las zonas térmicas ZT4, ZT5 y ZT6 el coeficiente global máximo es restringido de acuerdo a la Tabla 13.12 si el diseño prevé la utilización de climatización activa en la edificación y según la Tabla 13.13 si el diseño prevé la utilización de climatización pasiva.

Para el cálculo del coeficiente global de transferencia de calor (U) en cerramientos en contacto con el aire exterior se tomará el procedimiento enunciado en la norma EN ISO 6946:1997. Las resistencias asociadas a la convección al interior y al exterior del cerramiento serán las indicadas en la Tabla 13.14.

Tabla 13.14. Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el exterior [m²K/W]

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	Rse	Rsi
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal	0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente	0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente	0,04	0,17

Para el cálculo del coeficiente global de transferencia de calor (U) en cerramientos en contacto con el terreno y suelos en contacto con el terreno se tomará en cuenta solamente la resistencia de convección interior según la Tabla 13.14 y la resistencia asociada a los materiales del muro. Es válido también el procedimiento enunciado en la norma EN ISO 13370:1999. En cerramientos en contacto con el terreno se preverán todas las medidas enunciadas en la Norma Ecuatoriana de la Construcción para evitar filtración de humedades.

Para el cálculo del coeficiente global de transferencia de calor (U) en vanos y tragaluces se tomará el procedimiento enunciado en la norma EN ISO 10077-1:2001.

Para el cálculo del coeficiente global de transferencia de calor (U) en cerramientos en contacto con espacios no habitables se tomará el procedimiento enunciado en la norma EN ISO 13789:2007.

13.4.3.3 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

13.4.3.3.1 Características exigibles

Se debe justificar que un 20% de los materiales de construcción usados en las edificaciones cumplen al menos un parámetro de los enunciados a continuación.

- Uso de materiales reciclados. Se debe garantizar la calidad del producto según normas INEN u otras normas internacionales.
- Uso de materiales locales. Se debe usar materiales cuyo lugar de fabricación no sea mayor a 100 km. Se debe tomar en consideración su valor material y cultural.
- Construcción desmontable. La construcción debe tener un carácter modular que en el caso de desarmarse el material pueda ser recuperado en su mayoría y reutilizado en otro edificio.
- Materiales de alta tecnología eficientes en el ahorro de energía.- Se debe considerar materiales que en el proceso de fabricación incluyan mejoras tecnológicas de sus propiedades energéticas, físicas y se prolongue la vida útil de los mismos.
- Materiales de baja toxicidad.- Se debe utilizar materiales que contengan un bajo o nulo nivel de toxicidad desde el momento de su fabricación, operación, vida útil y disposición final.

- Materiales naturales renovables.- Se debe usar materiales orgánicos renovables que no provengan de ecosistemas sensibles. Los materiales de este tipo deberán provenir de proveedores calificados que realicen un trabajo eficiente, efectivo y tengan compromiso con el medio ambiente.

13.5 RENDIMIENTO DE LAS INSTALACIONES ACTIVAS

13.5.1 GENERALIDADES

Las viviendas y edificios pueden disponer de instalaciones activas apropiadas destinadas a procurar el bienestar de sus ocupantes. Para esto se deben establecer las condiciones de eficiencia que deben cumplir las instalaciones con el objeto de conseguir un uso racional de la energía y protección al ambiente, teniendo siempre en cuenta los demás requisitos esenciales que deben cumplirse durante un período de vida económicamente razonable.

13.5.1.1 INSTALACIONES ACTIVAS

Una instalación activa es cualquier sistema necesario en una edificación que mantenga el ambiente interior dentro de los parámetros de confort mediante el uso de equipos que consuman energía eléctrica u otra fuente de energía primaria.

Entre las instalaciones activas usuales en edificios se encuentran las siguientes:

- Sistemas de calefacción
- Sistemas de aire acondicionado
- Sistemas de ventilación
- Sistemas de generación de agua caliente sanitaria
- Sistemas de bombeo
- Deshumidificadores
- Sistemas de generación de vapor
- Sistemas de aire comprimido
- Grupos electrógenos

13.5.1.2 CONTRIBUCIÓN MÍNIMA ANUAL DE ENERGÍA RENOVABLE

Cuando el uso final de la energía en las edificaciones sea térmico, se debe contar con una contribución mínima de energía renovable o recuperación de calor residual según la Tabla 13.15.

Tabla 13.15. Porcentaje de aporte de energía desde fuentes renovables o de recuperación de calor de acuerdo al uso.

Uso final de la energía	Porcentaje de aporte con energía renovable
Calefacción	25%
ACS	75%
Piscinas cubiertas	60%
Piscina descubierta	90%

Para efectos de diseño de piscinas, las temperaturas del agua por uso serán las estipuladas en la Tabla 13.16.

Tabla 13.16. Temperaturas de diseño de piscinas.

TIPO	GRADOS CENTÍGRADOS (°C)
Competencia	24 A 25
Residencial	28 A 30
Niños y recreación	29 A 31
Rehabilitación	30 A 34

Para los sistemas activos que usen motores eléctricos estos deben ajustarse a los rendimientos mínimos indicados en el apartado 13.5.2.5. Estos usos incluyen principalmente

- Aire acondicionado
- Ventilación
- Sistemas de bombeo
- Deshumidificadores

No se utilizará energía convencional (combustibles fósiles o electricidad) para climatizar ambientes abiertos ni locales no habitados.

En las zonas climáticas ZT4, ZT5 y ZT6 se debe justificar la no posibilidad de usar enfriamiento evaporativo o enfriamiento de aire mediante energía geotérmica como sistema de acondicionamiento de aire, cuando se vaya a usar aire acondicionado convencional. En caso de que se pueda usar enfriamiento evaporativo o enfriamiento mediante energía geotérmica, esta no debe ser inferior al 50% de la energía total anual. Si se usan porcentajes menores al 50% se deberá justificar técnicamente la no posibilidad de cumplimiento.

Para los grupos electrógenos, calderas, sistemas de vapor y sistemas de aire comprimido se preferirá equipos de alta eficiencia. Se excluyen en edificaciones nuevas el uso de equipos usados o remanufacturados.

13.5.1.3 SISTEMAS CENTRALIZADOS DE AGUA CALIENTE

En conjuntos residenciales o urbanizaciones pequeñas, medianas o grandes, se recomienda la instalación de sistemas centralizados de agua caliente. La distribución a cada residencia será por tubería aislada. En cada residencia se instalará un medidor de agua caliente, para establecer la fracción de consumo convencional, cuando corresponda.

Para estas aplicaciones y cuando la disponibilidad de recurso lo recomiende se podrán implementar sistemas de cogeneración, bombas de calor, energía residual y biomasa

13.5.2 EXIGENCIAS TECNICAS DE LAS INSTALACIONES

13.5.2.1 EQUIPOS DE CONSUMO

Los motores eléctricos que sean utilizados para las instalaciones activas en edificaciones, deberán ser de alta eficiencia según la norma EN-IEC 60034-2. Según la aplicación se debe considerar la instalación de variadores de velocidad (climatización, bombeo, etc.) y sistemas de arranque suave o rampa basándose en criterios de eficiencia energética. En las instalaciones activas en las que se utilicen motores eléctricos de 1,1 a 22,0 Kw de potencia, el rendimiento mínimo de dichos motores será el indicado en la Tabla 13.17.

Tabla 13.17: Eficiencia de los motores eléctricos según la potencia.

kW	1,10	1,50	2,20	3,00	4,00	5,50	7,50	11,00	15,00	18,50	22,00
η (%)	79,6	81,3	83,2	84,6	85,8	87,0	88,1	89,4	90,3	90,9	91,3

Quedan excluidos los motores para ambientes especiales, encapsulados, no ventilados, motores directamente acoplados a bombas sumergibles, de compresores herméticos y otros.

13.5.2.2 AISLAMIENTO EN DUCTOS

Los ductos y accesorios de la red de impulsión de fluidos con temperaturas diferentes de la temperatura ambiente dispondrán de un aislamiento térmico suficiente para que la pérdida de calor no sea mayor que el 4 % de la potencia térmica que transportan, independientemente sea este de impulsión o retorno.

Cuando la potencia térmica nominal a instalar de generación de calor o frío sea menor o igual que 70 Kw son válidos los espesores mínimos dados en la Tabla 13.18. Para potencias mayores que 70 Kw deberá justificarse documentalmente que las pérdidas no son mayores que las indicadas anteriormente.

Tabla 13.18: Espesores mínimos para ductos que conducen potencias menores a 70 kW, conductividad de referencia 0,04 W/(mK)

Tipo de fluido	Espesor(mm)
Fluido frío	22,5
Fluido caliente	18

Para la elaboración de esta tablas se usa un material con conductividad térmica de referencia de 0,040 W/(m.°K). Para materiales de conductividad térmica distinta de la anterior, se considera válida la determinación del espesor mínimo se realiza mediante las siguientes ecuaciones.

Para superficies planas:

$$d = d_{ref} \frac{k}{k_{ref}} \tag{13-1}$$

Y para superficies de sección circular:

$$d = \frac{D}{2} \left[\exp \left(\frac{k}{k_{ref}} \ln \left(\frac{D + 2d_{ref}}{D} \right) \right) - 1 \right] \tag{13-2}$$

Donde:

k es la conductividad térmica del material empleado, en W/(m.K)

k_{ref} es la conductividad térmica de referencia, igual a 0,04 W/(m.K) a 10 °C.

d_{ref} es el espesor mínimo de referencia, en mm, y;

D es el diámetro interior del material aislante, coincidente con el diámetro exterior de la tubería, en mm

Cuando los ductos estén instalados al exterior, la terminación final del aislamiento deberá poseer la protección suficiente contra la intemperie. Se prestará especial cuidado en la realización de la estanqueidad de las juntas al paso del agua de lluvia.

13.5.2.2.1 Estanqueidad de las redes de ductos de aire

La estanqueidad de la instalación proporciona un ajuste de los costos de filtrado, calentamiento, enfriamiento y distribución del aire. Si la instalación no es estanca, una parte de la energía utilizada en la producción y distribución del aire se pierde irremisiblemente por las juntas de las conducciones.

La estanqueidad de la red de ductos de aire se determinará mediante la siguiente ecuación:

$$f = c \cdot p^{0,65} \quad (13-3)$$

Donde

f = representa las fugas de aire, en $\text{dm}^3/(\text{s.m})$

p = es la presión manométrica, en Pa, y;

c = es un coeficiente que define la clase de estanqueidad

Se definen las siguientes tres clases de estanqueidad de acuerdo a la clase de edificación.

Tabla13.19. Clases de estanqueidad

Clase	Coeficiente c
Edificaciones de clase A	0,001
Edificaciones de clase B	0,003
Edificaciones de clase C	0,009

Las caídas de presión en los ductos se ajustarán a la norma ASHRAE correspondientes.

13.5.2.2.2 Control de las instalaciones de climatización

Todas las instalaciones de climatización estarán dotadas de los sistemas de control automático necesarios para que se puedan mantener los locales en las condiciones de diseño previstas, ajustando los consumos de energía a las variaciones de la carga térmica.

Se debe garantizar que el aire circulante dentro de la edificación se encuentre en flujo laminar y que la instalación de las unidades de impulsión y extracción, se encuentren en lugares opuestos dentro del mismo ambiente.

El empleo de controles de tipo todo-nada está limitado a las siguientes aplicaciones:

- límites de seguridad de temperatura y presión,
- control de la emisión térmica de generadores de instalaciones individuales,
- control de la temperatura de ambientes servidos por aparatos unitarios, siempre que la potencia térmica nominal total del sistema no sea mayor que 70 kW y

Los ventiladores de más de $5 \text{ m}^3/\text{s}$ llevarán incorporado un dispositivo indirecto para la medición y el control del caudal de aire.

Los sistemas formados por diferentes subsistemas deben disponer de los dispositivos necesarios para dejar fuera de servicio cada uno de estos en función del régimen de ocupación, sin que se vea afectado el resto de las instalaciones.

13.5.2.3 PÉRDIDAS POR FRICCIÓN EN SISTEMAS HIDRÁULICOS

En toda instalación deberá considerarse el uso de depósitos elevados que permitan minimizar el uso de bombeo forzado. Para esto se deberán garantizar los caudales mínimos requeridos.

Los recorridos de tuberías deberán ser aquellos que permitan mantener una pérdida de presión mínima total.

Las derivaciones deberán realizarse en lo posible utilizando accesorios de radio largo o de 45°.

En líneas con varios consumos, se deberá establecer el coeficiente de simultaneidad adecuado (Anexo 13.0).

La velocidad de diseño deberá estar entre 0.8 [m/s] y 2 [m/s].

Se debe garantizar la presión mínima de trabajo en el elemento más alejado de la instalación (50,5 kPa). Además se debe asegurar que la presión máxima de trabajo en cualquier elemento no sobrepase los 510 kPa.

13.5.3 CONDICIONES DE USO Y MANTENIMIENTO

Las prestaciones y el rendimiento de las instalaciones activas en una edificación, y de cada uno de sus componentes deben tener un plan de mantenimiento durante la vida útil prevista. Para ello el mantenimiento de las instalaciones será realizado por personal técnico capacitado.

Dentro del programa de gestión energética se debe contemplar:

- El plan de mantenimiento preventivo de los equipos y las instalaciones.
- La instalación equipos de medición, tales como termómetros, caudalímetros, manómetros, medidores de energía eléctrica, calorímetros, etc. Se recomienda el uso de medidores electrónicos, conectados a una central de control que permita el registro y tratamiento de los datos para acciones de eficiencia y control.

13.6 EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN

13.6.1 GENERALIDADES

Los sistemas de iluminación deberán cumplir con lo establecido en la norma ISO 8995-1 que trata de la iluminación de las áreas de trabajo “Iluminación de interiores en lugares de trabajo”

Esta norma identifica los parámetros que influyen en el rendimiento visual. También presenta los criterios que deben ser satisfechos para alcanzar un ambiente visual aceptable. Se aplica a las áreas de trabajo en edificios, industrias, oficinas, bibliotecas, museos, espacios de circulación, garajes, hospitales, etc. pero no para aquellas áreas donde se usa baja luminancia como proyección, visualización de transparencias, y manejo de material fotosensible.

Como el objetivo primordial de la presente norma es la eficiencia energética en edificaciones, adicional a las disposiciones de la Norma ISO 8995-1 se ha tomado los elementos del Código Técnico de la Edificación de España, Documento Básico DB-HE Ahorro de Energía. Parte 3: Eficiencia Energética de las instalaciones de iluminación (CTE DB HE 3).

13.6.2 PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN

Para la aplicación de esta sección debe seguirse la secuencia de verificaciones que se expone a continuación:

- Cálculo del valor de eficiencia energética de la instalación VEEL en cada zona, constatando que no se superan los valores límite, consignados en el apartado 13.1;
- Comprobación de la existencia de un sistema de control y, en su caso, de regulación que optimice el aprovechamiento de la luz natural, cumpliendo lo dispuesto en el apartado 13.1;
- Verificación de la existencia de un plan de mantenimiento, que cumpla con lo dispuesto en el apartado 13.1.

13.6.3 DOCUMENTACIÓN JUSTIFICADA

En la memoria del proyecto para cada zona figurarán junto con los cálculos justificativos al menos:

- El índice del local (K) utilizado en el cálculo;
- El número de puntos considerados en el proyecto;
- El factor de mantenimiento (Fm) previsto;
- La iluminancia media horizontal mantenida (Em) obtenida;
- El índice de deslumbramiento unificado (UGR) alcanzado;
- Los índices de rendimiento de color (Ra) de las lámparas seleccionadas;
- El valor de eficiencia energética de la instalación (VEEL) resultante en el cálculo.
- Las potencias de los conjuntos: lámpara más equipo auxiliar.

Asimismo debe justificarse en la memoria del proyecto para cada zona el sistema de control y regulación que corresponda.

13.6.4 CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LAS EXIGENCIAS

13.6.4.1 VALOR DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN

La eficiencia energética de una instalación de iluminación de una zona, se determinará mediante el Valor de Eficiencia Energética de la instalación VEEL (W/m²) por cada 100 lux, mediante la siguiente expresión:

$$VEEL = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m} \quad (13-4)$$

Donde

P = la potencia total instalada en lámparas más los equipos auxiliares [W].

S = la superficie iluminada [m²].

E_m = la iluminancia media horizontal mantenida [lux].

Otras consideraciones a tener en cuenta son:

- Aprovechamiento de la luz natural.
- Rendimiento de las luminarias. Entendidas como la relación entre el flujo de las lámparas y el flujo útil a la salida del reflector. Se considera eficiente a partir del 60%.

- Utilización de lámparas con una eficacia luminosa Lm/W superior 60 Lm/W. (Fluorescencia)
- Utilización de equipos electrónicos de control de lámparas.

Tabla 13.20. Valores límite de eficiencia energética de instalaciones

Grupo	Zonas de actividad diferenciada	VEEI límite
1 Zona de no	Administrativo en general	3,5
	Salas de diagnóstico (4)	3,5
	Pabellones de exposición o ferias	3,5
	Aulas y laboratorios (2)	4,0
	Habitaciones de hospital (3)	4,5
	Zonas comunes (1)	4,5
	Almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	5
	Estacionamientos y espacios deportivos (5)	5
2 Zona de representación	Administrativo en general	6
	Estaciones de transporte (6)	6
	Supermercados, hipermercados y grandes almacenes	6
	Biblioteca, museos y galerías de arte	6
	Zonas comunes en edificios residenciales	7,5
	Centro comerciales (excluidas tiendas) (9)	8
	Hotelería y restauración (8)	10
	Recintos interiores asimilables a grupos 2, religiosos, salones de actos, auditorios, salones de uso múltiple	10
	Tiendas y pequeño comercio	10
	Zonas comunes (1)	10
	Habitaciones de hoteles, hostales, etc.	12

- (1) Espacios utilizados por cualquier persona o usuario, como recibidor, vestíbulos, pasillos, escaleras, tránsito de personas, etc.
- (2) Incluye la instalación de iluminación del aula y las pizarras de las aulas de enseñanza, aulas de computación, música, talleres salas de lectura, guarderías.
- (3) Incluye la instalación de iluminación interior de la habitación y baño, iluminación general, iluminación para exámenes simples.
- (4) Incluye la instalación de iluminación general de salas como salas de examen general, salas de emergencia, salas de escaner y radiología, salas de examen ocular y auditivo y salas de tratamiento. Sin embargo quedan excluidos locales como las salas de operación, quirófanos, unidades de cuidados intensivos, dentista, salas de descontaminación, salas de autopsias y mortuorios y otras salas que por su actividad pueden considerarse como salas especiales.
- (5) Incluye las instalaciones de iluminación del terreno de juego y graderíos de espacios deportivos, tanto para actividades de entrenamiento y competición, pero no se incluye las instalaciones de iluminación necesarias para las retransmisiones televisadas. Los graderíos serán asimilables a zonas comunes del grupo 1
- (6) Espacios destinados al tránsito de viajeros como recibidor de terminales, salas de llegadas y salidas de pasajeros, salas recogida de equipajes, áreas de conexión, de ascensores, áreas de venta de pasajes, facturación e información, área de espera, salas de consigna, etc.
- (7) Incluye la instalación de iluminación general y de acento. En el caso de cines, teatros, salas de conciertos, etc. Se excluye la iluminación con fines de espectáculo, incluyendo la representación y el escenario.
- (8) Incluye los espacios destinados a las actividades propias del servicio al público como recibidor, recepción, restaurante, bar, comedor, auto-servicio o buffet, pasillos, escaleras, vestuarios, servicios, aseos, etc.
- (9) Incluye la instalación de iluminación general y de acento de recibidor, recepción, pasillos, escaleras, vestuarios y aseos de los centros comerciales.

Con el fin de establecer los correspondientes valores de eficiencia energética límite, las instalaciones de iluminación se identificarán, según el uso de la zona, dentro de uno de los 2 grupos siguientes:

- Grupo 1: Zonas de no representación o espacios en los que el criterio de diseño, la imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, queda relegado a un segundo plano frente a otros criterios como el nivel de iluminación, el confort visual, la seguridad y la eficiencia energética;

- Grupo 2: Zonas de representación o espacios donde el criterio de diseño, imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, son preponderantes frente a los criterios de eficiencia energética.

Los valores de eficiencia energética límite en recintos interiores de un edificio se establecen en la Tabla 13.20. Estos valores incluyen la iluminación general y la iluminación de acento, pero no las instalaciones de iluminación de escaparates y zonas expositivas.

13.6.4.2 SISTEMAS DE CONTROL Y REGULACIÓN

Las instalaciones de iluminación dispondrán, para cada zona, de un sistema de regulación y control con las siguientes condiciones:

Toda zona dispondrá al menos de un sistema de encendido y apagado manual, cuando no disponga de otro sistema de control, no aceptándose los sistemas de encendido y apagado en tableros eléctricos como único sistema de control. Las zonas de uso esporádico dispondrán de un control de encendido y apagado por sistema de detección de presencia o sistema de temporización.

13.6.5 ILUMINACIÓN NATURAL

La luz natural puede proporcionar toda la iluminación para las tareas visuales, o para una parte de ella. La luz natural varía con el tiempo en intensidad y en composición espectral y proporciona, por lo tanto, una variabilidad dentro de un interior. La luz natural puede crear un modelado y una distribución de luminancias específicas debido a su flujo casi horizontal desde las ventanas laterales. La luz natural puede también proporcionarse por luces cenitales y otros elementos de penetración.

En los interiores con ventanas laterales, la luz natural disponible disminuye rápidamente con la distancia desde la ventana. En estos interiores, el factor de luz natural no debe caer por debajo del 3 % en el plano de trabajo a 3 m desde la pared de la ventana y a 1 m desde las paredes laterales. Se debe proporcionar una iluminación suplementaria para garantizar la iluminancia exigida en el puesto de trabajo y para equilibrar la distribución de las luminancias dentro del local. Se puede utilizar una conmutación automática o manual, o una atenuación, o ambas, para garantizar una integración adecuada entre la iluminación eléctrica y la luz natural.

Se proveerá un apantallamiento para reducir el deslumbramiento desde las ventanas.

La luz que ingresa a un edificio puede ser lateral si ingresa por los vanos de fachadas y superficies verticales, cenital si ingresa a través de tragaluces ubicados en la cubierta o patios internos o combinada si se emplean ambos sistemas para obtener un mejor rendimiento.

Toda construcción que se proyecte deberá disponer para todos sus espacios de iluminación natural a través de fachadas, patios, atrios y tragaluces.

Se instalarán sistemas de aprovechamiento de luz natural, que regulen el nivel de iluminación en función del aporte de luz natural, tomando en consideración los siguientes casos:

13.6.5.1 FACHADAS CON ACRISTALAMIENTO AL EXTERIOR

En las zonas de los grupos 1 y 2 definidos en la Figura 13.5 que cuenten con cerramientos acristalados al exterior, cuando éstas cumplan simultáneamente las siguientes condiciones:

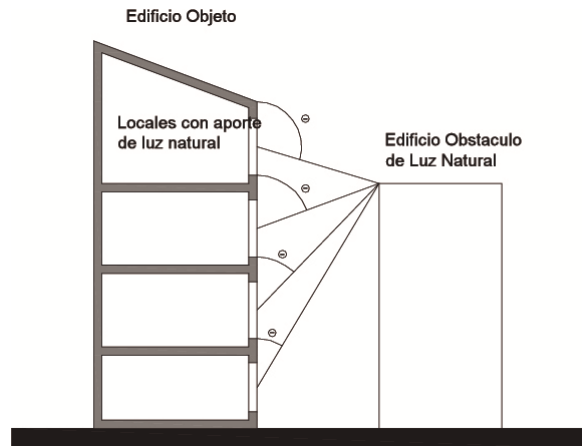


Figura 13.5. Iluminación natural para fachadas acristaladas

- Que el ángulo θ sea superior a 65° ($\theta > 65^\circ$), siendo θ el ángulo desde el punto medio del acristalamiento hasta la cota máxima del edificio obstáculo, medido en grados sexagesimales;
- Que se cumpla la expresión:

$$T \frac{A_w}{A} > 0,11 \tag{13-5}$$

Siendo:

T : Coeficiente de transmisión luminosa del vidrio de la ventana del local en tanto por uno

A_w : Área de acristalamiento de la ventana de la zona [m^2].

A: Área total de las fachadas de la zona, con ventanas al exterior [m^2].

13.6.5.2 CERRAMIENTOS ACRISTALADOS HACIA PATIOS O ATRIOS

En todas las zonas de los grupos 1 y 2 definidos en la Figura 13.6 que cuenten con cerramientos acristalados a patios o atrios, cuando éstas cumplan simultáneamente las siguientes condiciones:

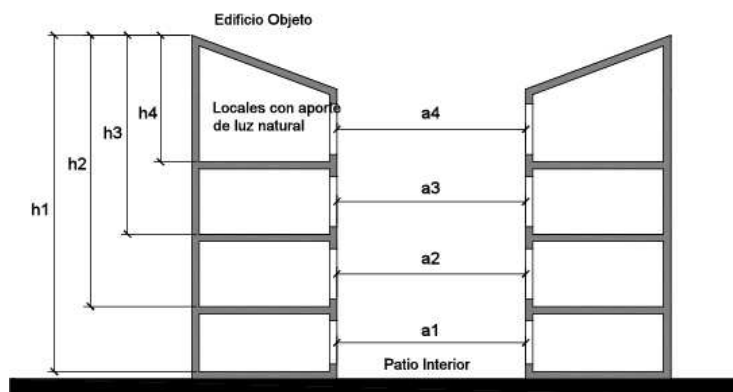


Figura 13.6. Cerramientos acristalados a patios o atrios no cubiertos

- En el caso de patios no cubiertos cuando éstos tengan una anchura (a_i) superior a 2 veces la distancia (h_i), siendo h_i la distancia entre el suelo de la planta donde se encuentre la zona en estudio, y la cubierta del edificio;

- En el caso de patios cubiertos por acristalamientos cuando su anchura (a_i) sea superior a $2/T_c$ veces la distancia (h_i), siendo h_i la distancia entre la planta donde se encuentre el local en estudio y la cubierta del edificio, y siendo T_c el coeficiente de transmisión luminosa del vidrio de cerramiento del patio, expresado en %.

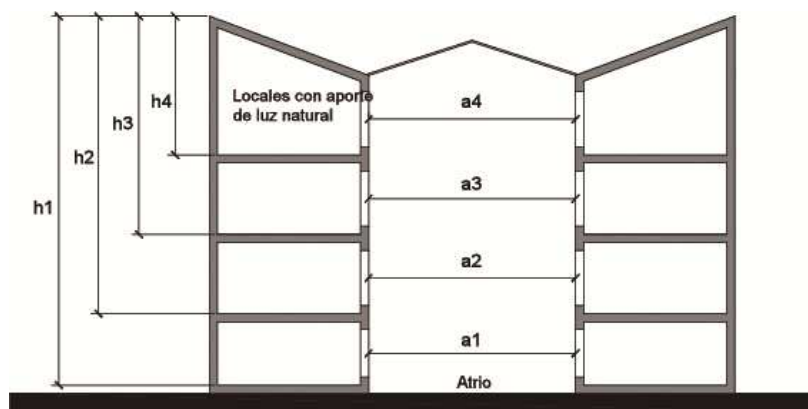


Figura 13.7. Cerramientos acristalados a patios o atrios cubiertos

- Que se cumpla la expresión:

$$T \frac{A_w}{A} > 0,11 \quad (13-6)$$

Quedan excluidas de cumplir las exigencias de los apartados 0 y 0, las siguientes zonas.

- Zonas comunes en edificios residenciales.
- Habitaciones de hospital.
- Tiendas y pequeño comercio.

13.6.6 CÁLCULO

13.6.6.1 DATOS PREVIOS

Para determinar el cálculo y las soluciones luminotécnicas de las instalaciones de iluminación interior, se tendrán en cuenta parámetros tales como:

- El uso de la zona a iluminar;
- El tipo de tarea visual a realizar;
- Las necesidades de luz y del usuario del local;
- El índice K del local o dimensiones del espacio (longitud, ancho y altura útil);
- Las reflectancias de las paredes, techo y suelo del ambiente;
- Las características y tipo de techo;
- Las condiciones de la luz natural;
- El tipo de acabado y decoración;
- El mobiliario previsto.

13.6.6.2 MÉTODO DE CÁLCULO

El método de cálculo utilizado, que quedará establecido en la memoria del proyecto, será el adecuado para el cumplimiento de las exigencias de esta sección y utilizará como datos y parámetros de partida, al menos, los consignados en el apartado 13.0, así como los derivados

de los materiales adoptados en las soluciones propuestas, tales como lámparas, equipos auxiliares y luminarias.

Se obtendrán como mínimo los siguientes resultados para cada zona:

- Valor de eficiencia energética de la instalación VEEI;
- Iluminancia media horizontal mantenida E_m en el plano de trabajo;
- Índice de deslumbramiento unificado UGR para el observador.

Asimismo, se incluirán los valores del índice de rendimiento de color (Ra) y las potencias de los conjuntos lámpara más equipo auxiliar utilizados en el cálculo.

El método de cálculo se formalizará bien manualmente o a través de un programa informático, que ejecutará los cálculos referenciados obteniendo como mínimo los resultados mencionados en el apartado 13.0.

13.6.7 MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN

Para garantizar en el transcurso del tiempo el mantenimiento de los parámetros luminotécnicos adecuados y la eficiencia energética de la instalación VEEI, se elaborará en el proyecto un plan de mantenimiento de las instalaciones de iluminación que contemplará, entre otras acciones, las operaciones de reposición de lámparas con la frecuencia de reemplazamiento, la limpieza de luminarias con la metodología prevista y la limpieza de la zona iluminada, incluyendo en ambas la periodicidad necesaria. Dicho plan también deberá tener en cuenta los sistemas de regulación y control utilizados en las diferentes zonas.

13.6.8 CRITERIOS DE DISEÑO DE LA ILUMINACIÓN

13.6.8.1 ENTORNO LUMINOSO

Una buena práctica de iluminación para puestos de trabajo es más que proporcionar solamente una buena visibilidad de la tarea. Es esencial que las tareas se ejecuten con facilidad y comodidad. Luego, la iluminación debe satisfacer los aspectos cuantitativos y cualitativos demandados por el entorno. En general, la iluminación ha de garantizar:

- La comodidad visual, para que los ocupantes tengan una sensación de bienestar,
- La ejecución visual, para que los ocupantes sean capaces de realizar sus tareas visuales con rapidez y precisión, aún en circunstancias difíciles y durante largos períodos,
- La seguridad visual, para ver alrededor y detectar los peligros.

Para satisfacer estos aspectos, se necesita prestar atención a todos los parámetros que contribuyen al entorno luminoso, siendo los más importantes:

- Distribución de la luminancia,
- La iluminancia,
- El deslumbramiento,
- La direccionalidad de la luz,
- Aspecto del color de la luz y las superficies,
- El parpadeo,
- La luz natural,
- El mantenimiento.

El Anexo 13.0 brinda, para diversas actividades, los valores de diseño para los parámetros cuantificables de la iluminancia, el deslumbramiento molesto y el rendimiento de color; y en el Anexo 13.0 se da una descripción detallada de los criterios de diseño a ser tomados en cuenta.

ANEXOS

13.A.1 DATOS DE RADIACIÓN SOLAR EN EL ECUADOR

El Ecuador está ubicado entre las latitudes 1°30'N (Carchi) y 5°0'S (Zamora) y entre las longitudes 72°0'O (Salinas) y 75°10'O (Orellana) es decir al oeste del meridiano de Greenwich. El Archipiélago de Galápagos se encuentra entre las latitudes 1°40'N y 1°30'S y entre las longitudes 89°10'O y 92°0'O. Al estar atravesado por la Línea Equinoccial, el Ecuador tiene poca variabilidad en la posición del sol durante todo el año, lo cual favorece la aplicación de la energía solar para producir electricidad y calor, ya que en promedio hay 12 horas de sol durante el día. La variación en el zenit (cuando el sol está perpendicular a la Tierra, a las 12 del día) es de +/- 23.5°, es decir que el Sol se desplaza 47° en el año entre el solsticio de verano (21 de junio) y el solsticio de invierno (21 de diciembre).

Los valores de insolación o radiación solar global para las provincias del país y sus ciudades más importantes son:

PROVINCIA	CIUDAD	Wh/m ² /día
Carchi	Tulcán	4200
Esmeraldas	Esmeraldas	4350
Imbabura	Ibarra	5250
Manabí	Portoviejo	4650
Pichincha	Quito	5075
Tsáchilas	Santo Domingo	4650
Cotopaxi	Latacunga	4800
Napo	Tena	4350
Santa Elena	Salinas	4350
Guayas	Guayaquil	4513
Los Ríos	Babahoyo	4650
Bolívar	Guaranda	4800
Tungurahua	Ambato	4650
Chimborazo	Riobamba	4200
Pastaza	Puyo	4200
Cañar	Azogues	4500
Morona Santiago	Macas	4050
Azuay	Cuenca	4350
El Oro	Machala	4200
Loja	Loja	4350
Zamora Chinchipe	Zamora	4350
Galápagos	Puerto Ayora	5835

Para Quito y Guayaquil, los valores promedio mensuales de radiación solar global son:

MES	Wh/m ² / día promedio	
	Quito	Guayaquil
Enero	4950	3900

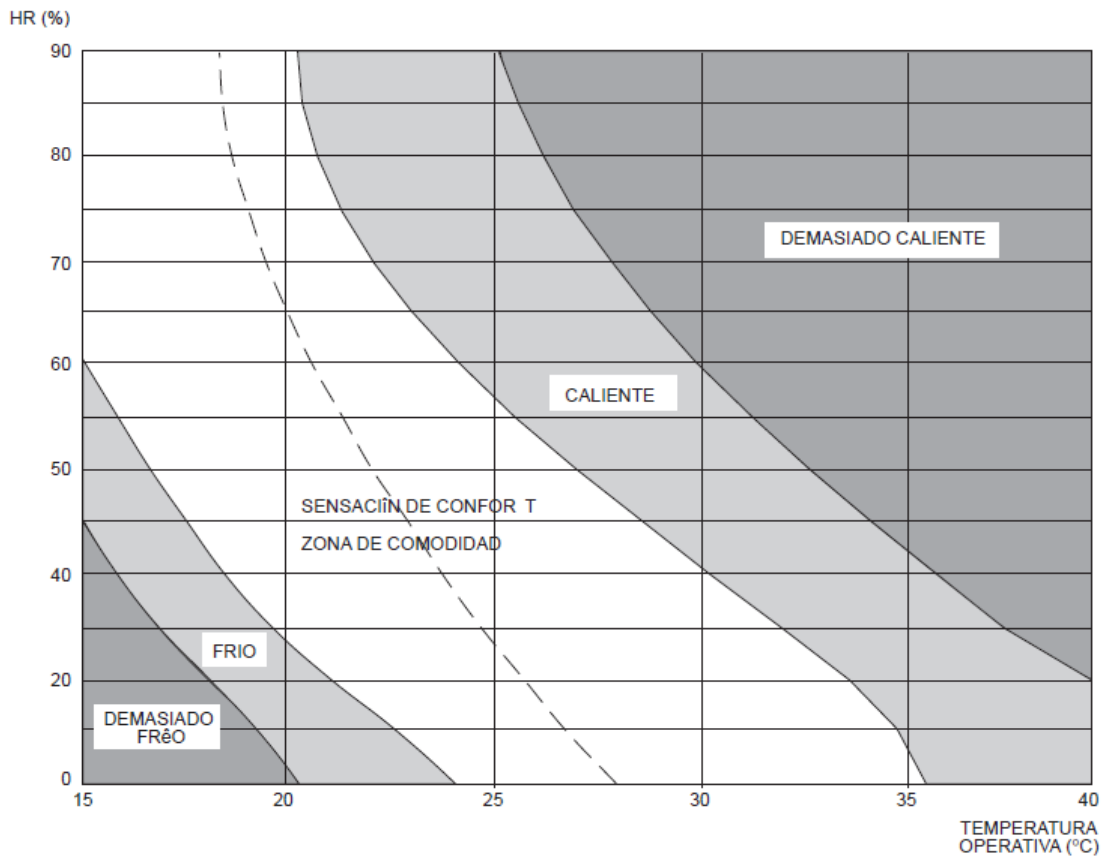
Febrero	4950	4200
Marzo	4950	4650
Abril	4800	4350
Mayo	4650	4500
Junio	4800	4200
Julio	5250	4350
Agosto	5400	4650
Septiembre	5550	5100
Octubre	5250	4500
Noviembre	5250	4950
Diciembre	5100	4800
Promedio	5075	4513

Mientras no se disponga de un sistema actualizado de la información de radiación solar en el Ecuador, se pueden usar estos datos confirmándolos con datos reales medidos en el sitio, al menos con datos de 12 meses anteriores.

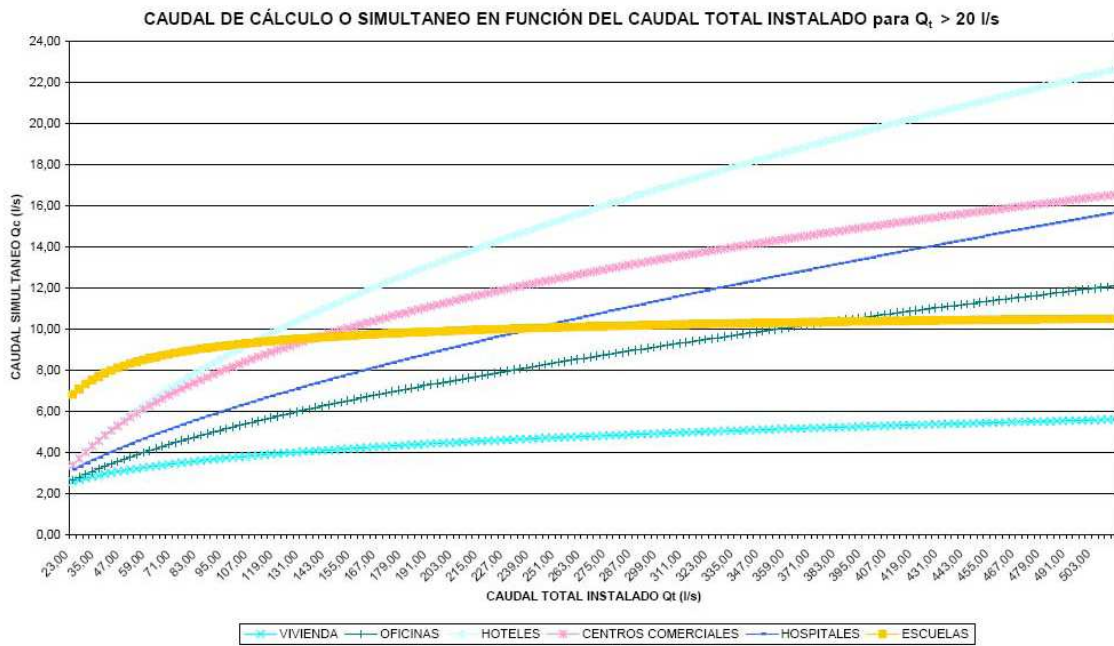
Otras fuentes de datos de radiación solar que pueden consultarse son:

Nombre	Dirección internet	Observaciones
Datos satelitales		
1. SeaWiFS Surface Solar Irradiance	http://www.giss.nasa.gov/data/seawifs/	julio 1983 a junio 1991
2. LaRC Surface Solar Energy Data Set (SSE)	http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/	Actualizada permanentemente. Celdas de 280 km ²
Mediciones en tierra		
3. University Of Massachusetts Lowell Photovoltaic Program	http://energy.caeds.eng.uml.edu/fpdb/Irrdata.asp	Hasta 25 años en algunos sitios. Más confiable.
4. WRDC Solar Radiation and Radiation Balance Data	http://wrdc-mgo.nrel.gov/	1984 a 1993. Pocas estaciones en Ecuador

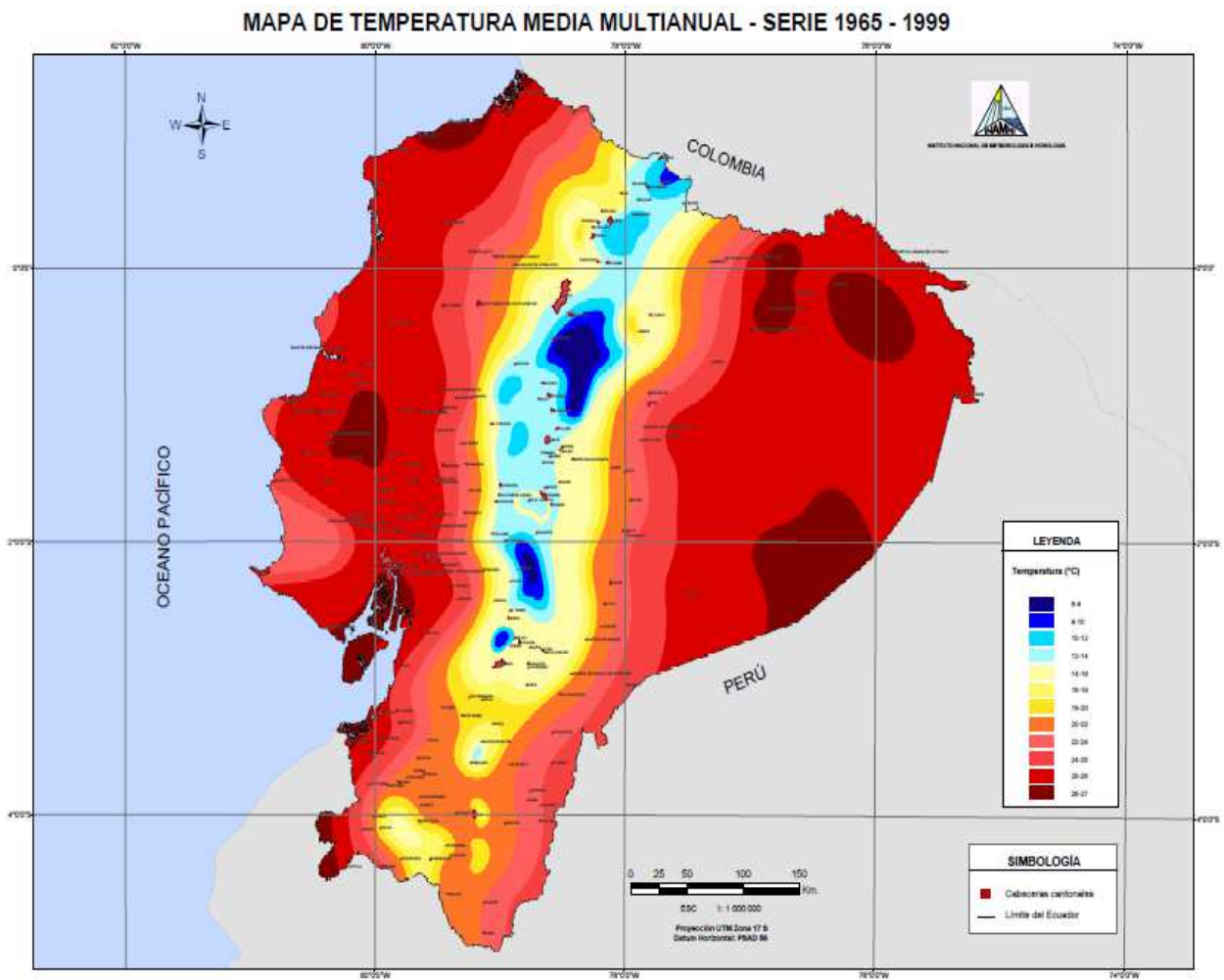
13.A.2 CURVAS DE CONFORT



13.A.3 COEFICIENTES DE SIMULTANEIDAD



13.A.4 MAPA DE ISOTERMAS DEL ECUADOR



13.A.5 TABLAS DE ILUMINANCIA, LIMITACIÓN DEL DESLUMBRAMIENTO Y CUALIDAD DE COLOR

AREAS GENERALES DE EDIFICACIONES				
Tipo de interior o actividad	\bar{E}_m lux	CUDI	Ra	Observaciones
Vestíbulos de entrada	100	22	60	
Áreas de circulación y pasillos	100	28	40	En las salidas y entradas proporcionar una zona de transición y evitar cambios súbitos
Escaleras, escaleras mecánicas y transportadores (de personas)	150	25	40	
Rampas/andenes/patios de carga	150	25	40	
Salas de estar, cantinas, tabernas	200	22	80	
Áreas de descanso	100	22	80	
Locales para ejercicios físicos	300	22	80	
Guardarropas, cuartos de aseo, baños, tocadores	200	25	80	
Locales para atención médica	500	16	60	T _{cp} 4000 k, como mínimo
Cuartos técnicos (industrias), cuartos de aparataje eléctrica	200	25	60	
Garita de posta, local del centro general de distribución	500	19	80	
Almacén, cuartos de mercancías, almacén refrigerado	100	25	60	200 lux si están ocupados continuamente
Área de despacho, embalaje, manipulación	300	25	60	
Estación de control	150	22	60	200 lux si están ocupados continuamente

OFICINAS				
Tipo de interior o actividad	\bar{E}_m lux	CUDI	Ra	Observaciones
Archivo, copia, circulación, etc.	300	19	80	
Escritura mecanografía, lectura, procesamiento de datos	500	19	80	Para trabajar en TPV, ver 4.10
Dibujo técnico	750	16	80	
Estación de trabajo CAD	500	19	80	Para trabajar en TPV, ver 4.10
Salas de conferencias y reuniones	500	19	80	La iluminación debiera ser controlable (regulable)
Buró (carpeta) de recepción	300	22	80	
Archivos	200	25	80	

VENTA AL DETALLE (al por menor)				
Tipo de interior o actividad	\bar{E}_m lux	CUDI	Ra	Observaciones
Área de ventas, pequeña	300	22	80	
Área de ventas grande,	500	22	80	
Cajas, contabilidad, mostrador	500	19	80	

RESTAURANTES Y HOTELES				
Tipo de interior o actividad	\bar{E}_m lux	CUD _L	R _a	Observaciones
Recepción, caja, conserjería	300	22	80	
Cocina	500	22	80	
Restaurante, comedor, salón multiuso, autoservicio	200	22	80	La iluminación debe diseñarse para crear una atmósfera íntima
Buffet (comidas frías)	300	22	80	
Salas de conferencias	500	19	80	La iluminación debiera ser controlable (regulable)
Corredores (pasillos)	100	25	80	Son aceptables niveles inferiores durante la noche

LOCALES DE ENTRETENIMIENTO				
Tipo de interior o actividad	\bar{E}_m lux	CUD _L	R _a	Observaciones
Teatros y salas de concierto	200	22	80	
Salas multipropósito, locales de ejercicios, vestidores.	300	22	80	Se requiere que los espejos para maquillarse estén libres de deslumbramiento

MUSEOS Y BIBLIOTECAS				
Tipo de interior o actividad	\bar{E}_m lux	CUD _L	R _a	Observaciones
Museos (general)	300	19	80	Iluminación adecuada para los requisitos de exposición: proteger contra los efectos de la radiación
Estanterías	200	19	80	
Áreas de lectura, mostradores	500	19	80	

ESTACIONAMIENTOS (interiores)				
Tipo de interior o actividad	\bar{E}_m lux	CUD _L	R _a	Observaciones
Rampas ent./sal. (durante el día)	300	25	40	Los colores de seguridad serán reconocibles
Rampas ent./sal. (durante la noche)	75	25	40	Los colores de seguridad serán reconocibles
Sendas de tránsito	75	25	40	Los colores de seguridad serán reconocibles
Áreas de parqueo	75	28	40	Una iluminación vertical alta aumenta el reconocer los rostros de las personas y, por lo tanto la sensación de seguridad
Oficinas de entrada	300	19	80	1. Evitar reflexiones en las ventanas. 2. Prevenir el deslumbramiento desde el exterior

EDIFICIOS EDUCATIVOS				
Tipo de interior o actividad	\bar{E}_m lux	CUDI	Ra	Observaciones
Local de juegos (escuela)	300	19	80	
Aula, salón de profesores	300	19	80	
Aulas para clases nocturnas, salas de lectura, pizarrones	500	19	80	La iluminación debe ser controlable (regulable), evitar reflexiones
Mesa de demostraciones	500	19	80	En salas de lectura, 750 lux
Locales de artes (en escuelas de arte), salas de dibujo técnico	750	16	90	$T_{cp} > 5000$ K

EDIFICIOS DE SALUD				
Tipo de interior o actividad	\bar{E}_m lux	CUDI	Ra	Observaciones
Salas de espera, corredores (día)	200	22	80	Iluminancia a nivel del piso
Corredores (noche)	50	22	80	Iluminancia a nivel del piso
Oficinas del personal	500	19	80	
locales del personal	300	19	80	
- Iluminación general	100	19	80	Iluminancia a nivel del piso
- Exámenes sencillos	300	19	80	
Reconocimiento y tratamiento	1000	19	90	
Iluminación nocturna, iluminación de observación	5	19	80	
Baños y tocadores para pacientes	200	22	80	
Local de exámenes generales	500	19	90	
Locales de diálisis, dermatología	500	19	80	
Locales de endoscopías	300	19	80	
Baños de médicos	300	19	80	
Salas pre-operatorias y de recuperación	500	19	90	
Quirófano	1000	19	90	
Cavidad de operaciones	Especial			$\bar{E}_m = 10\ 000$ lux - $100\ 000$ lux
Cuartos de autopsias y morgue	500	19	90	
Mesa de autopsias y mesa de disección	5000		90	Se pueden requerir valores mayores de 5000 lux
Cuidado intensivo:				
- Iluminación general	100	19	90	A nivel del piso
- Exámenes sencillos	300	19	90	A nivel de cama
- Reconocimiento y tratamiento	1000	19	90	A nivel de cama
- Guardia nocturna	20	19	90	
Dentistas:				
- Iluminación general	500	19	90	La iluminación debe estar libre de deslumbramiento para el paciente
- En el paciente	1000		90	Luminaria local para examen

AEROPUERTOS				
Tipo de interior o actividad	\bar{E}_m lux	CUDI	Ra	Observaciones
Salones de llegadas y partidas, áreas de recogida de equipaje	200	22	80	Para salones altos, ver también 4.6.2
Áreas de conexión, escaladores (mecánicos), cintas transportadoras	150	22	80	
Buroes de información, carpeta de chequear	500	19	80	Para trabajo con TPV, ver 4.10
Aduana y control de pasaportes	500	19	80	Es importante la iluminación vertical
Áreas de espera, equipaje	200	22	80	
Áreas de chequeo de seguridad	300	19	80	Para trabajo con TPV, ver 4.10
Torre de control de tráfico aéreo	500	16	80	1. La iluminación debe ser atenuable. 2. Para trabajo con TPV, ver 4.10. 3. debe evitarse el deslumbramiento por luz natural.
Locales de tráfico aéreo	500	16	80	1. La iluminación debe ser atenuable. 2. Para trabajo con TPV, ver 4.10.
Hangares de pruebas y reparaciones, máquinas, hangares	500	22	80	Locales altos: ver también 4.6.2
Plataformas y pasos (soterrados) de pasajeros	50	28	40	
Salas de pasajes y de concurrencia	200	28	40	
Oficinas y mostradores de pasajes y de equipaje	300	19	80	

IGLESIAS, MEZQUITAS, SINAGOGAS Y TEMPLOS				
Tipo de interior o actividad	\bar{E}_m lux	CUDI	Ra	Observaciones
Nave de iglesia	100	25	80	
Asientos, altar, púlpito	300	22	80	

13.A.6 CRITERIOS DE DISEÑO DE LA ILUMINACIÓN

Distribución de las luminancias

La distribución de las luminancias en el campo visual controla el nivel de adaptación de los ojos, lo cual influye en la visibilidad de la tarea.

Se necesita una adaptación bien balanceada de la luminancia para incrementar: la agudeza visual (nitidez en la visión), sensibilidad del contraste (discriminación de diferencias de luminancia relativamente pequeñas), eficiencia de las funciones oculares (tales como la acomodación, la convergencia, la contracción de las pupilas, los movimientos de los ojos, etc.).

Una distribución variada de las luminancias en el campo visual también afecta la comodidad visual y deben evitarse: las luminancias demasiado altas, porque pueden dar lugar a deslumbramiento, los contrastes demasiado altos de las luminancias que provocarán fatiga visual debido a la readaptación continua de los ojos, las luminancias demasiado bajas y los contrastes demasiado bajos de las luminancias, que dan por resultado un entorno de trabajo sombrío y falta de estimulación, también, ha de prestarse atención a la adaptación al moverse de una zona a otra dentro de un edificio.

Las luminancias de todas las superficies son importantes y estarán determinadas por la reflectancia de las superficies y por la iluminancia sobre ellas. La gama de las reflectancias útiles para las principales superficies interiores se muestran en la Tabla 13.21 y son:

Tabla 13.21. Reflectancias mínimas por tipo de superficie

Techo	0,6 a 0,9
Paredes	0.3 a 0,8
Plano de trabajo	0,2 a 0,6
Piso	0,1 a 0,5

Iluminancia

La iluminancia y su distribución sobre las áreas de las tareas y el área circundante tienen un impacto principal en cómo una persona percibe y ejecuta la tarea visual con rapidez, seguridad y comodidad. Para los espacios en que se desconoce el área específica, el área donde puede ocurrir la tarea se toma como el área de la tarea.

Todos los valores de iluminancias especificados en esta norma son iluminancias mantenidas, las que proporcionarán las necesidades para la seguridad visual en el trabajo y la ejecución visual.

Iluminancias recomendadas en el área de la tarea

Los valores dados en el Anexo 13.A son las iluminancias mantenidas sobre el área de la tarea en la superficie de referencia, la cual puede ser horizontal, vertical o inclinada. La iluminancia media para cada tarea no estará por debajo de los valores dados en el Anexo 13.A, haciendo caso omiso de la edad y condición de la instalación. Los valores son válidos para condiciones visuales normales y tienen en cuenta los factores siguientes:

- Los requisitos para las tareas visuales,
- La seguridad,
- Los aspectos psico-fisiológicos, como la comodidad visual y el bienestar,
- La economía,
- La experiencia práctica.

El valor de la iluminancia se puede ajustar, como mínimo, en un escalón de la escala de la iluminancia si las condiciones visuales difieren de las suposiciones normales.

La iluminancia debe incrementarse cuando: en la tarea están presentes contrastes usualmente bajos, el trabajo visual es crítico, los errores son de costosa rectificación, es de gran importancia la precisión o una mayor productividad, la capacidad visual del trabajador está por debajo de la normal.

La iluminancia mantenida requerida se puede disminuir cuando: los detalles son de un tamaño inusualmente grande o de un contraste inusualmente alto, la tarea ha de acometerse en un tiempo inusualmente breve. En las áreas en que se hace un trabajo continuo, la iluminancia mantenida no será menor de 200 lux.

Escala de iluminancias

Un factor de 1,5 representa, aproximadamente, la menor diferencia significativa en el efecto subjetivo de la iluminancia. En condiciones normales de iluminación, se requiere una iluminancia horizontal de 20 lux, aproximadamente, para discernir las características del rostro

humano y este es el valor que se toma como el menor para la escala de iluminancias. La escala recomendada de iluminancias es: 20 – 30 – 50 – 75 – 100 – 150 – 200 – 300 – 500 – 750 – 1 000 – 1 500 – 2 000 – 3 000 – 5 000 lux.

Iluminancia de los entornos inmediatos

La iluminancia de las áreas inmediatas estará vinculada a la iluminancia del área de la tarea y debe proporcionar una distribución bien balanceada de las luminancias en el campo visual. Los cambios espaciales rápidos en las iluminancias alrededor del área de la tarea pueden conducir a la tensión visual y a la incomodidad. La iluminancia mantenida de las áreas inmediatas puede ser inferior a la iluminancia de la tarea, pero no será menor que los valores dados en la Tabla 13.22 siguiente.

Tabla 13.22. Iluminancia en las áreas de tareas y en los entornos inmediatos

Iluminancia de la tarea lux	Iluminancia de los entornos inmediatos lux
≥ 750	500
500	300
300	200
≤ 200	Igual a la iluminancia de la tarea

Adicionalmente a la iluminancia de la tarea, la iluminación proporcionará una adecuada adaptación a la luminancia, de acuerdo con la cláusula 13.6.9.2.

Uniformidad

La uniformidad de la iluminancia es la razón del valor mínimo al valor medio. La iluminancia cambiará en forma gradual. El área de la tarea se iluminará tan uniformemente como sea posible. La uniformidad de la iluminancia de la tarea no será menor de 0,7. La uniformidad de la iluminancia de las áreas inmediatas no será menor de 0,5.

Deslumbramiento

El deslumbramiento es la sensación visual provocada por áreas brillantes dentro del campo visual y que puede ser percibida como un deslumbramiento molesto o un deslumbramiento inhabilitante. El deslumbramiento puede también ser provocado por reflexiones en superficies especulares, conocidas usualmente como reflexiones velantes o deslumbramiento reflejado.

Es importante limitar el deslumbramiento, para evitar errores, fatiga y accidentes.

El deslumbramiento incapacitante es más común en la iluminación exterior, pero puede experimentarse también a causa de luces concentradas o de fuentes de gran brillantez, como una ventana en un espacio iluminado pobremente.

En puestos de trabajo en interiores, el deslumbramiento molesto se presenta usualmente a causa de luminarias o ventanas brillantes. Si se cumplen los límites del deslumbramiento molesto, entonces el deslumbramiento incapacitante no constituye un problema importante.

Apantallamiento contra el deslumbramiento

El deslumbramiento es provocado por luminancias o contrastes excesivos en el campo visual y puede perjudicar la visión de los objetos. Debe evitarse, por ejemplo, mediante el apantallamiento adecuado de las lámparas o el oscurecimiento de las ventanas por medio de cortinas. Para las lámparas eléctricas, el ángulo mínimo de apantallamiento para las luminancias de las lámparas no será menor que los valores dados en la Tabla 12.23 siguiente:

Tabla 13.23. Luminancia de lámpara y ángulos mínimos de apantallamiento

Luminancia de la lámpara kcd/m ²	Ángulo mínimo de apantallamiento
1 a 20	10°
20 a 50	15°
50 a 500	20°
≥ 500	30°

El ángulo de apantallamiento antes mencionado no debe aplicarse a luminarias que no aparecen en el campo visual de un trabajador durante el trabajo usual ni a aquellas que no dan al trabajador ningún deslumbramiento incapacitante notable.

Deslumbramiento molesto

La capacidad de deslumbramiento molesto de una instalación de iluminación se determinará por el método CIE de la Capacidad Unificada de Deslumbramiento (CUD), basado en la fórmula:

$$[CUD]^8 = 8 \cdot \log(0,25/l_b \cdot \sum (l^2 \cdot \omega) / p^2) \quad (13-a1)$$

donde:

- Lb = es la luminancia del fondo (cd/m²),
- L = es la luminancia de las partes luminosas de cada luminaria en la dirección del ojo del observador (cd/m²),
- ω = es el ángulo sólido de las partes luminosas de cada luminaria en el ojo del observador (esteradian),
- p = es el índice de posición Guth para cada luminaria individual, que se relaciona con su desplazamiento de la línea de visión.

La Publicación CIE 117 – 1995 brinda los detalles del método de la CUD.

En esta norma, todos los valores de la CUD en el Anexo 13.A están basados en la posición normalizada del observador, los que han sido validados por el método tabular de la CUD a una razón 1:1 de espaciamiento / altura. Los datos de la CUD serán corregidos según el flujo luminoso inicial de las lámparas utilizadas. Si la instalación de iluminación está compuesta por diferentes tipos de luminarias o lámparas con diferentes fotometrías, o por ambas, la determinación del valor de la CUD se aplicará a cada combinación de lámpara / luminaria en la instalación. El valor mayor de la CUD que se obtenga se tomará como el valor típico de la instalación completa y estará conforme con el valor límite de la CUD. Todas las suposiciones hechas en la determinación de la CUD se harán constar en la documentación del esquema.

El valor de la CUD de la instalación no excederá el valor dado en el Anexo 13.A.

NOTA: Las variaciones de la CUD dentro del local se pueden determinar por el método tabular o por la fórmula para las diferentes posiciones del observador.

Los valores de los límites de la CUD en el Anexo 13.A se tomarán de la escala de las CUD – donde cada paso en la escala representa un cambio significativo en el efecto del deslumbramiento y el valor 13 representa el deslumbramiento molesto mínimo perceptible.

La escala de las CUD es: 13 – 16 – 19 – 22 – 25 – 28

Reflexiones velantes y deslumbramiento reflejado

Las reflexiones especulares en la tarea visual, llamadas frecuentemente reflexión velante o deslumbramiento reflejado, pueden alterar la visibilidad, por lo general negativamente. Las reflexiones velantes y el deslumbramiento reflejado se pueden prevenir o reducir mediante las medidas siguientes:

- colocación de las luminarias y los puestos de trabajo (al evitar colocar las luminarias en la zona ofensiva),
- acabado de las superficies (al usar materiales de bajo brillo en las superficies),
- luminancia de las luminarias (límite),
- mayor área luminosa de la luminaria (al agrandar el área luminosa),
- superficies de techo y paredes (al evitar espacios brillantes).

Direccionalidad

La iluminación direccional se puede utilizar para resaltar objetos, revelar la textura y mejorar la apariencia de la gente dentro del espacio iluminado. Esto se describe mediante el término “modelado”. La iluminación direccional de una tarea visual puede también reforzar su visibilidad.

Modelado

El modelado se refiere al balance entre la luz difusa y la direccional. Es un criterio válido de la calidad de la iluminación virtualmente en todos los tipos de interiores. La apariencia general de un interior mejora cuando se iluminan sus detalles estructurales, las personas y los objetos dentro de él, de manera que se revelen con claridad y agradablemente la forma y la textura. Esto ocurre cuando la luz viene principalmente desde una dirección; las sombras formadas son esenciales para una modelación buena y se forman sin confusión.

La iluminación no debe ser demasiado direccional, para que no se produzcan sombras fuertes, ni debe ser demasiado difusa o se perderá completamente el efecto de modelado, lo que conduciría al resultado de un entorno luminoso muy sombrío.

Iluminación direccional de las tareas visuales

La iluminación desde una dirección específica puede revelar detalles dentro de una tarea visual, lo que aumenta su visibilidad y hace que la tarea se ejecute con mayor facilidad. Es particularmente importante para tareas de texturas finas y con rayados/ranuras.

Aspectos del color

Las cualidades de color de una lámpara casi blanca están caracterizadas por dos atributos: la apariencia de color de la propia lámpara, las capacidades del rendimiento de color, las que afectan la apariencia de color de los objetos y personas iluminadas por la lámpara. Estos dos atributos se deben considerar de forma separada.

Apariencia de color

La “apariencia de color” de una lámpara se refiere al color aparente (cromaticidad de la lámpara) de la luz que ella emite. Puede describirse por su temperatura de color correlacionada (T_{cp}).

Las lámparas se dividen usualmente en tres grupos de acuerdo con su temperatura de color correlacionada (T_{cp}) (Tabla 13.24).

Tabla 13.24. Apariencia de color y temperatura de color relacionada

Apariencia de color	Temperatura de color correlacionada
cálida	inferior a 3 300 K
intermedia	de 3 300 K a 5 300 K
fría	superior a 5 300 K

La selección de la apariencia de color es un tema de la psicología, la estética y de lo que se considera que es natural. La selección depende de la iluminancia, de los colores del local y el amueblamiento, el clima del medio y la aplicación. En climas cálidos se prefiere generalmente una apariencia más fría en el color de la luz, en tanto se prefiere una apariencia más cálida en el color de la luz en climas fríos.

Rendimiento de color

Es importante, tanto para la ejecución visual como para la sensación de comodidad y bienestar, que los colores en el entorno de los objetos y la piel humana se asemejen a los colores naturales, correctamente y en una forma que haga lucir a las personas atractivas y saludables.

Los colores de seguridad, según la NC-ISO 3864, serán siempre reconocibles y discriminados claramente. Para proporcionar una indicación objetiva de las propiedades de rendimiento de una fuente de luz, se ha introducido el índice general Ra de rendimiento de color. El valor máximo de Ra es 100. Esta cifra disminuye a medida que disminuye la calidad del rendimiento de color.

Las lámparas con un Ra menor de 80 no se deben utilizar en interiores en que trabajan personas o en que éstas permanecen largos períodos. Las excepciones pueden ser la iluminación de espacios de gran altura y la iluminación de exteriores. (Proyectores industriales utilizados a alturas mayores de 6 m). Aún en estos casos se deben tomar medidas adecuadas para garantizar que se usen lámparas de los más altos valores de rendimiento de color en los locales de trabajo ocupados en forma continua y en los que han de reconocerse los colores de seguridad.

El Anexo 13.A brinda los valores mínimos recomendados del índice general de rendimiento de color para diferentes tipos de interiores, tareas o actividades.

Luz natural

La luz natural puede proporcionar toda la iluminación para las tareas visuales, o para una parte de ella. La luz natural varía con el tiempo en intensidad y en composición espectral y proporciona, por lo tanto, una variabilidad dentro de un interior. La luz natural puede crear un modelado y una distribución de luminancias específicas debido a su flujo casi horizontal desde las ventanas laterales. La luz natural puede también proporcionarse por luces cenitales y otros elementos de fenestración.

Las ventanas pueden proporcionar, también, un contacto visual con el mundo exterior, lo cual es del agrado de la mayoría de las personas. Hay que evitar el contraste excesivo y la incomodidad térmica provocadas por la luz solar directa en las áreas de trabajo. Ha de proporcionarse un control adecuado de incidencia solar, tales como ventanas y quitasoles, para que la luz solar directa no caiga sobre los trabajadores o las superficies dentro de su campo visual, o ambos.

En los interiores con ventanas laterales, la luz natural disponible disminuye rápidamente con la distancia desde la ventana. En estos interiores, el factor de luz natural no debe caer por debajo del 1 % en el plano de trabajo a 3 m desde la pared de la ventana y a 1 m desde las paredes

laterales. Se debe proporcionar una iluminación suplementaria para garantizar la iluminancia exigida en el puesto de trabajo y para equilibrar la distribución de las luminancias dentro del local. Se puede utilizar una conmutación automática o manual, o una atenuación, o ambas, para garantizar una integración adecuada entre la iluminación eléctrica y la luz natural.

Se proveerá un apantallamiento para reducir el deslumbramiento desde las ventanas.

Mantenimiento

Los niveles de iluminación recomendados para cada tarea se dan como iluminancias mantenidas. La iluminancia mantenida depende de la característica de mantenimiento de la lámpara, de la luminaria, el entorno y del programa de mantenimiento.

El esquema de iluminación debe diseñarse con un factor general de mantenimiento calculado para los equipos de iluminación seleccionados, para el entorno espacial y el plan específico de mantenimiento. El factor calculado de mantenimiento no debe ser menor de 0,70.

Consideraciones sobre la energía

La instalación de iluminación debe cumplir los requisitos luminotécnicos para cada interior, tarea o actividad sin desperdicio de energía. Sin embargo, es importante que no se comprometan los aspectos visuales de una instalación de iluminación simplemente para reducir el consumo de energía.

Esto exige que se consideren adecuadamente los sistemas de iluminación, los equipos, los controles y la utilización de la luz natural disponible. En algunos países se han establecido límites acerca de la energía disponible para la iluminación, los que deben cumplirse. Estos límites se pueden lograr mediante una selección prudente del sistema de iluminación y el uso de la conmutación automática o manual, o la atenuación de las lámparas.

Iluminación de puestos de trabajo equipados con terminales de pantallas visuales TPV (también conocidas como unidades de pantallas visuales TPV y equipos de pantallas protegidas EPP)

La iluminación para los puestos de trabajo con TPV será adecuada para todas las tareas que han de ejecutarse, o sea, lectura de la pantalla, textos impresos, escritura en papel, trabajo en el teclado, etc. Por lo tanto los criterios y sistemas de iluminación para estas áreas han de seleccionarse de acuerdo con el área de actividad, el tipo de tarea y el tipo de interior a partir de las recomendaciones dadas en el Anexo 13.A.

Las pantallas de los TPV y, en algunas circunstancias, los teclados pueden provocar reflexiones que causan deslumbramiento molesto e incapacitante. Por lo tanto, es necesario seleccionar, ubicar y disponer las luminarias para evitar las reflexiones perturbadoras de alta brillantez.

El proyectista determinará la zona de montaje que tiene un carácter ofensivo y escogerá, adecuadamente, los equipos con luminancia controlada y las posiciones de montaje que no causen reflexiones perturbadoras.

La tabla siguiente muestra los límites de las luminancias para el flujo hacia abajo de las luminarias que pudiera reflejarse en las pantallas de los TPV en las direcciones normales de visión. Los límites de la luminancia media de las luminarias se brindan para ángulos de elevación de 65° y mayores desde la vertical hacia abajo radialmente alrededor de la luminaria, para puestos de trabajo en que se utilizan pantallas que están verticales o inclinadas hasta un ángulo de vuelco de 15°.

Tabla 13.25 Clases de pantallas

Clases de pantallas (ver ISO 9241-7)	I	II	III
Calidad de la pantalla	buena	media	pobre
Límite de la luminancia media de las luminarias	$\leq 1\ 000\ \text{cd/m}^2$		$\leq 200\ \text{cd/m}^2$

NOTA: Para algunos lugares especiales, p.e., pantallas sensibles o de inclinación variable, los límites anteriores de luminancias se deben aplicar para ángulos de inclinación inferiores (p.e., 55°) de la luminaria.

Parpadeo y efecto estroboscópico

El parpadeo da lugar a la distracción y puede ocasionar efectos fisiológicos, como dolores de cabeza. Los efectos estroboscópicos pueden conducir a situaciones peligrosas al cambiar el movimiento percibido de maquinaria rotatoria o recíproca. El sistema de iluminación se debe diseñar para que esté libre de parpadeos y efectos estroboscópicos.

NOTA: Esto se puede lograr si la alimentación eléctrica es de corriente continua o usando lámparas de frecuencia alta (unos 30 kHz) o mediante la distribución de la iluminación en más de una fase de la alimentación.

Iluminación de emergencia

Se instalará una iluminación de emergencia, cuyos detalles podrán verse en una norma aparte que está ahora en preparación.