

UNIVERSIDAD DE CUENCA



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**LA BIOCLIMATIZACIÓN Y SU ADAPTACIÓN E INTEGRACION AL SECTOR
DE LA CONSTRUCCION.**

Trabajo de Titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil.

Autor:

Yánez Campoverde Juan Sebastián

C.I: 0105085906

Director:

Ing. Gerardo Vicente Arbito Contreras

C.I: 0101600278

Cuenca - Ecuador

2017



RESUMEN

El presente Proyecto plantea la iniciativa de desarrollar un nuevo tipo de construcción que presente confortabilidad en cuanto a la climatización de una vivienda, siendo amigable con el medio ambiente, así como con el consumo energético. Este proyecto comprende criterios y elementos de diseño de una vivienda con bioclimatización que se podría adaptar a la realidad local ya que utiliza energía solar como fuente energética principal, considerando también los diversos factores que influyen en una correcta climatización como son la ubicación, orientación, intensidad de viento, temperatura ambiente, tipos de materiales entre otros. El funcionamiento de esta construcción podrá representar costos constructivos más elevados que el de una vivienda promedio, sin embargo, es importante mencionar que estos gastos serán recuperados de forma continua al ser la estructura diseñada para la disminución significativa en consumo energético a corto y largo plazo con el fin de disminuir gastos en consumo de energía artificial que a futuro se verá reflejado en las planillas de consumo energético.

Palabras claves

Climatización, Bioclimatización, Construcción, Energía, Adaptación.



ABSTRACT

The present study proposes an initiative to develop a new type of construction that presents comfort related to climatisation of a housing. This kind of construction is friendly with the environment and energy consumption as well. This project includes criteria and elements of a housing design with bioclimatización that may be adapted to local condition as far as solar energy is used as a main solar source at housing, considering some of the factors that influence in the correct climatisation, such as location, orientation, wind intensity, environment temperature, type of materials among others. The operation of the construction could present higher costs than an average house. However, it is important to mention that the expenditures could be recovered continuously since the housing structure is designed for significant decrease in energy consumption to short and long term in order to reduce high expenditures in consumption of artificial energy that will be reflected in energy payroll.

Keywords

Climatisation, Bioclimatización, Construction, Energy, Adaptation.



INDICE GENERAL

RESUMEN	2
ABSTRAC	3
INDICE GENERAL	4
CAPITULO I	11
INTRODUCCIÓN	11
ANTECEDENTES	12
PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	13
1.1. Tema De Investigación.....	13
1.2. Planteamiento Y Formulación Del Problema.....	13
1.3. Justificación.....	13
1.4. Objetivos	14
1.4.1. Objetivo General	14
1.4.2. Objetivo Especifico	14
1.5. Hipótesis	14
1.6. Metodología De La Investigación	14
CAPITULO II	16
CONCEPTOS Y ANALISIS FUNDAMENTALES.....	16
2.1. Adaptaciones regionales y protección termina	16
2.2. Arquitectura Sostenible.....	17
2.3. Concepto de diseño bioclimático	20
2.4. Bioconstrucción	22
2.5. Estrategias de diseño bioclimático.....	22
2.6. Consumo de energía en edificios.	26
2.7. Sistema de control climático	32
2.8. Análisis Climatológico.....	34
2.8.1. Latitud	35
2.8.2. Temperatura.....	37
2.8.3. Humedad.....	42
2.8.4. Viento.	44
2.9. El Viento y la Ventilación Natural.....	46
CAPITULO III	48



ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS Y ESTRATEGIAS DE DISEÑO	48
3.1. Estructuras y Materiales, Sus Características Térmicas.....	48
3.1.1 Conceptos Fundamentales del Aislamiento Térmico	48
3.1.1.1 Conductancia Térmica	49
3.1.1.2 Resistencia Térmica	49
3.1.1.3 Trasmisión de Calor	49
3.1.1.4 Comportamiento los Materiales frente a la Radiación Solar.....	51
3.2. Envoltente Térmica	57
3.2.1. Flujo de calor a través de la Envoltente.....	57
3.2.2. Ganancia de calor solar a través de la envoltente.....	60
3.3. Muros y Vidrios	62
3.3.1 Muros	62
3.3.2 Vidrios	66
3.4. Orientación y Forma óptimas para las edificaciones	71
3.4.1 Orientación.....	71
3.4.2 Forma optima	73
3.5. Control Solar	78
3.5.1. Disposición de la protección.....	78
3.6 Nueva Tecnología.....	81
3.6.1 La Nano Tecnología	81
3.6.2 Aplicación de la nanotecnología a la industria de la construcción	82
3.6.2.1 El nano hormigón	82
3.6.2.2 Ejemplos de Nano Hormigones empleados en las construcciones actuales.....	86
CAPITULO IV	94
ASPECTOS BASICOS PARA EL DISEÑO DE UNA EDIFICACION.....	94
4.1. Introducción:	94
4.2. Uso y ocupación de la edificación.....	95
4.2.1 Ocupación	96
4.2.2 Iluminación Eléctrica	98
4.2.3 Equipos	100
4.2.4 Infiltraciones	101
Ejemplo de Aplicación:	102
CAPITULO V	121
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	121
5.1. Conclusiones.....	121



5.2. Recomendaciones	122
Bibliografía	123
ANEXOS	127



CLÁUSULA DE LICENCIA Y AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Juan Sebastián Yáñez Campoverde en calidad de autor/a y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación **“LA BIOCLIMATIZACION Y SU ADAPTACION E INTEGRACION SECTOR DE LA CONSTRUCCION”**, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, octubre de 2017

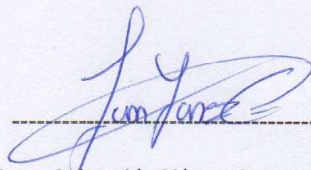
Juan Sebastián Yáñez Campoverde

C.I: 0105085906

CLAUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Juan Sebastián Yáñez Campoverde, autor de la tesis “**LA BIOCLIMATIZACIÓN Y SU ADAPTACIÓN E INTEGRACION AL SECTOR DE LA CONSTRUCCION**”; certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, octubre de 2017.



Juan Sebastián Yáñez Campoverde

C.I: 0105085906



DEDICATORIA.

El presente trabajo, va dedicado en primer lugar a un ser tan amado para mí, que en este momento ya no está conmigo, pero desde el cielo sé que es mi ángel protector, mi querido abuelo Arturo Campoverde, que yo se estará feliz en este momento de mi vida.

En segundo lugar, a mi familia, a mis padres Duval y Eva por criarme y educarme con tanta paciencia y amor, a mis hermanos Duval y Mayte por todo el apoyo moral y económico que me han brindado a lo largo de mi carrera universitaria y mucho más. Gracias familia porque sé que ustedes son mi fortaleza, que si caigo o desmayo ustedes estarán ahí para mí como yo lo estaré para ustedes.

Y, en tercer lugar, a la mujer que me apoyo a no desistir de mi sueño, a retomarlo y luchar por él, a mi compañera de vida y mi ángel en la Tierra mi apoyo incondicional, María Eugenia.



AGRADECIMIENTOS.

A Dios, por darme la bendición de seguir con vida, por permitir que pueda volver a levantarme seguir adelante cada día.

A la Universidad de Cuenca y todos mis profesores por todos los conocimientos, enseñanzas y apoyo brindados a lo largo de mi carrera universitaria.

Al Ingeniero Gerardo Arbito, por la confianza y el apoyo otorgado durante el desarrollo de este trabajo.

Al Ingeniero Alvaro Vintimilla, por el apoyo y material bibliográfico que me facilitó.

A mis amigos y compañeros, por todas las vivencias, tristes y divertidas que pasamos en el camino de alcanzar las metas y objetivos.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Hoy en día vivimos en un mundo en donde la energía eléctrica es una necesidad prioritaria en la cual no podemos prescindir y que va en aumento. Por este motivo es necesario generar energía de una forma sostenible, y amigable con el medio ambiente.

Las construcciones bioclimáticas pueden llegar a ser autosuficientes e incluso generar excedente, estas están diseñadas para brindar un confort térmico y lograr un correcto aprovechamiento de los recursos naturales.

En el presente proyecto se aborda empezando desde los inicios de una construcción sustentable, considerando las condiciones del suelo y demás factores del medio ambiente con el objetivo de conseguir una doble ventaja: ahorrar energía de forma ecológica y disminuir los gastos.

Se considerará el clima y sus elementos como uno de los puntos básicos al momento de diseñar una edificación, ya que a él estarán condicionados muchos aspectos constructivos y estéticos que anteriormente no se tomaban en cuenta. Donde el clima exterior que impacta al ambiente interior de un local, en mayor o menor medida, tiene que ser cuantificado y controlado para mantener el confort térmico a sus ocupantes para las diferentes actividades de acuerdo al tipo de uso que se le dé a la edificación.



ANTECEDENTES

Una construcción bioclimática tiene el fin de diseñar edificios que aprovechen los recursos naturales disponibles como el sol, vegetación, lluvia, viento, suelos, entre otros. Ahorrando energía ahorramos dinero y vivimos de forma más sostenible. Permitiendo un ahorro de energía, disminuyendo así el impacto medioambiental generado por viviendas que utilizan energía eléctrica en exceso.

Se puede decir que una construcción sustentable tiene el objetivo de disminuir el impacto ambiental que las edificaciones sin principios de bioclimatización generan, siendo estas aproximadamente el 40% de las emisiones de Co₂ y del consumo de energías primarias. En el caso de países con un bajo nivel de industrialización y alta urbanización estas construcciones pueden alcanzar hasta el 50% del consumo final de energía primaria para su mantenimiento.

La adecuación de las soluciones arquitectónicas y urbanas a las condiciones climáticas del medio reporta beneficios en cuanto al ahorro en el consumo energético de las edificaciones (fundamentalmente en los casos en que se utilizan medios de climatización artificial) y también con respecto al bienestar térmico de las personas en los espacios interiores.

La construcción sustentable representa una manera radicalmente diferente de pensar, requiere de una forma de pensamiento que va mucho más allá de la disciplina de una ciencia exacta. Requiere de una combinación de experiencia en arquitectura, ingeniería y construcción adquirida al paso de los siglos, con la exploración innovadora de nuevos enfoques a fin de satisfacer las demandas de generaciones futuras. La construcción sustentable fusiona la experiencia con el afán de explorar nuevos horizontes. Depende de la experiencia práctica y de la investigación.

Las construcciones que cumplan con condiciones de bioclimatización no necesariamente representan un bajo costo de diseño y construcción, es decir que estas pueden llegar alcanzar precios mayormente elevados con relación a viviendas que no sean bioclimáticas, especialmente el precio de esta puede aumentar ya que a esta se le adecua estrategias, tecnologías, técnicas



apropiadas para su diseño y construcción, las cuales de ponerse en práctica sería relativamente elevadas con relación a las demás.

La construcción bioclimática está íntimamente comprometida bajo el concepto de triple resultado (triple bottom line) el cual afirma que el progreso sostenible necesita del equilibrio entre desempeño ambiental y el desarrollo económico, por medio de esto se confirma el aporte a la sociedad en términos de progreso social, evitando gastos excesivos para lograr una calidad ambiental y bienestar térmico, generando así costos y esfuerzos elevados que se realizan para alcanzar este equilibrio.

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Tema De Investigación

LA BIOCLIMATIZACIÓN Y SU ADAPTACIÓN E INTEGRACION AL SECTOR DE LA CONSTRUCCION.

1.2. Planteamiento Y Formulación Del Problema

¿Cuáles son las condiciones ambientales, y las técnicas adecuadas, que podrían volver factible el diseño de una vivienda bioclimática, con relación a los cambios de temperatura y picos del consumo energético en la zona de estudio?

1.3. Justificación

Al realizar una propuesta de edificación bioclimática, hablamos de características concretas de una vivienda que dependerán: del clima, el entorno, los materiales de construcción y las técnicas empleadas, buscando el maximizar el uso de materiales a favor de optimizar los mecanismos energéticos utilizados para construcción.

Existe una gran variedad de sistemas sustentables que pueden ser implementados en la construcción de este tipo de viviendas; por lo que, en la presente investigación, se plantea el estudio de la factibilidad en el diseño de una unidad habitacional bioclimática.



Lo que se pretende en esta investigación es generar una concientización para hacer el esfuerzo de estudiar a una construcción que está constantemente en interacción con su clima exterior; si se quiere llevar confort al interior de un recinto, debe serlo, en la medida de lo posible, por métodos naturales.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Diseñar un modelo de vivienda siguiendo principios de diseño bioclimático, tomando en cuenta el uso factible que permita el uso de los distintos factores y materiales, reduciendo los efectos negativos al medio ambiente (consumo energético).

1.4.2. Objetivo Especifico

- Realizar un diagnóstico de la vivienda, incluyendo su injerencia en el medio ambiente.
- Establecer por medio de comparaciones la aplicación de métodos bioclimáticos, las características mejoradas de una vivienda que satisfaga las necesidades habitacionales.
- Analizar la sostenibilidad de la vivienda para los pobladores acorde a las condiciones ambientales dadas en la región a construirse.

1.5. Hipótesis

Es posible la implantación de una nueva alternativa en la construcción de viviendas empleando la bioclimatización. Cuáles serían sus ventajas y desventajas del uso de energía solar en la climatización artificial del interior de una vivienda.

1.6. Metodología De La Investigación

El presente proyecto tiene como estrategia el mirar hacia las tecnologías construcción en base al principio de funcionalidad; que refleje sea el que utiliza la naturaleza para enfriar el aire y para la evaporación del agua. De la misma forma que se refresca la brisa marina, estos equipos transforman el calor sensible del aire, la temperatura, en calor latente, es decir, en humedad. No



existiendo variación energética, que, a diferencia de los planes a gran escala, proponga de manera específica una transformación en las propuestas actuales de diseño y construcción en viviendas bioclimáticas. Este proyecto debe funcionar como instrumento para crear otros tipos de diseño de vivienda en la localidad con la tecnología y recursos aplicados al diseño y la construcción bioclimáticas.

La aplicación de la metodología será exigida por el nivel de proyecto y por las licitaciones en la construcción de la vivienda, el objetivo principal es que se pretenda alcanzar la infraestructura sostenible en la que se pretende abarcar las siguientes materias.

- Ahorro energético
- Ahorro de usos hídricos
- Empleo de materiales de bajo impacto ambiental
- Inclusión de políticas sociales
- Retorno económico



CAPITULO II

CONCEPTOS Y ANALISIS FUNDAMENTALES

2.1. Adaptaciones regionales y protección térmica

Podemos decir que el clima y la región generan las características típicas y regionales. Y es por eso que según la región en donde se habite se espera proporcione los materiales idóneos para una construcción sustentable como se ha hecho antiguamente en cada región, por ejemplo la actividad sísmica y volcánica a lo largo de la región andina ha afectado los métodos constructivos, limitando, condicionando las soluciones bioclimáticas apropiadas al medio, y esto resulta crítico donde las condiciones climáticas con gran amplitud favorecen al uso de materiales densos y de gran capacidad térmica. En las zonas habitables de los Andes ecuatorianos en donde los vientos son fuertes y persistentes sobrepasando en ocasiones los 35km/h, se necesita estructuras resistentes adicionales a la protección del viento donde antiguamente se empleaban materiales como: la paja, el adobe, madera, cal, pizarra y varios tipos de piedras. En la época actual el uso de estos materiales esta relegado a un segundo plano siendo el hierro, acero, cemento Portland y chapa galvanizada entre otros los que revolucionaron el aspecto y la forma de las edificaciones, pero esto genero el énfasis en figuras, estéticas ultramodernas y en algunos casos monumentales que muchas de la veces resultan poco eficientes para su uso, y dejo de lado la arquitectura tradicional, vernácula e intrínseca de cada pueblo y mucho menos un desarrollo de edificios sustentables y amigables con el medio ambiente.

Con la crisis energética en la década de los 90's se toma conciencia de los recursos no renovables, la nueva tendencia de diseño se redirecciono hacia una de eficiencia y mayor aprovechamiento de los recursos renovables.

En países como Ecuador, las necesidades básicas de vivienda no satisfechas se deben intentar controlar y resolver, sin dejar de tener presente la expansión urbana a corto y largo plazo, pues es un problema a tener presente. "Para lograr una adaptación al cambio climático y un correcto desarrollo, se deben incluir la multiplicidad de agendas técnico-políticas dentro de estas; también se encontrarán posturas que tratan la superposición entre la adaptación y el



desarrollo socio-económico y otras totalmente distintas como la que considera la mitigación de los impactos sobre los sistemas biofísicos como la solución del problema (Lampis, 2013).”

Uno de los países con más preocupación en el tema de construcciones sustentables es Brasil, por su gran superficie y consecuentemente cantidad de climas que se presentan; se realizaron muchos estudios entre las décadas de los 40's y 70's, siendo de los primeros países, junto con los Estados Unidos, en desarrollar arquitectura moderna, incluyendo parasoles en edificios vanguardistas para la época, orientándolos de la mejor manera posible; pero esto fue sólo un despertar a los problemas específicos que estaban surgiendo, especialmente de sobrecalentamiento, motivados por el desarrollo de la nueva generación de edificios modernos en altura, con pieles finas de escasa masa y amplias superficies vidriadas, en climas cálidos y propios de la región, (Manuel, Estudios de arquitectura bioclimática. 1° Volumen, 2004).

Por otro lado, es importante acercarse al tema de la adaptación vista desde la reducción de vulnerabilidad, tanto biofísica como social. Se trata de atacar los problemas de fondo de un modelo de desarrollo que aún no es sostenible ambientalmente y que socialmente es un foco de desigualdades. Es de anotar que los temas de vulnerabilidad nos remiten a problemas actuales, que no necesariamente están dados por el cambio climático pero que, si se pueden intensificar por su causa, entre estos aspectos se encuentran los de seguridad alimentaria, la disponibilidad de recursos energéticos y la posibilidad de acceder a servicios básicos de salud, educación y vivienda digna (Lombo, 2014).

2.2. Arquitectura Sostenible

La arquitectura sostenible es aquélla que valora al medio ambiente al momento de proyectar futuras edificaciones, considerando la eficiencia de los materiales y de la estructura en sí, así como los procesos de edificación, el urbanismo y el impacto que los edificios tienen en la naturaleza y en la sociedad. Pretendiendo fomentar la eficiencia energética para que dichas edificaciones no generen un gasto innecesario de energía, aprovechen los



recursos de su entorno para el funcionamiento energético y que su impacto en el medio ambiente sea el menor posible. (Del Toro & Antunez, 2013)

A esta también se la conoce como eco-arquitectura o arquitectura verde, es decir que esta busca el diseño y construcción de manera sustentable, con el fin de optimizar lo máximo posible los recursos renovables y disminuir el uso de energía industrial. Esta tiene como objetivos reducir el consumo de energía implementando materiales adecuados para la reducción de consumo en iluminación, refrigeración y calefacción que son indispensables hoy en día.

(Cortes, 2009) define la arquitectura sostenible como “aquella que garantiza el máximo nivel de bienestar y desarrollo de los ciudadanos, posibilitando, igualmente, el mayor grado de bienestar y desarrollo de las generaciones venideras y su máxima integración en los ciclos vitales de la naturaleza”. Conforme a lo dicho anteriormente el autor menciona que esta arquitectura debe garantizar el máximo bienestar de confort como también integrar a las nuevas generaciones en el cuidado de los ciclos vitales.

Los principios de la arquitectura sostenible incluyen:

- La consideración de las condiciones climáticas, la hidrografía y los ecosistemas del entorno en que se construyen los edificios, para obtener el máximo rendimiento con el menor impacto.
- La eficacia y moderación en el uso de materiales de construcción, primando los de bajo contenido energético frente a los de alto contenido energético.
- La reducción del consumo de energía para calefacción, refrigeración, iluminación y otros equipamientos, cubriendo el resto de la demanda con fuentes de energía renovables.
- La minimización del balance energético global de la edificación, abarcando las fases de diseño, construcción, utilización y final de su vida útil.
- El cumplimiento de los requisitos de confort, salubridad y habitabilidad de las edificaciones.



Estos principios de arquitectura sostenible tienen con fin buscar economizar los gastos producidos por energías artificiales como también para lograr confort adecuado entorno al clima que se presente. Así también estos principios garantizan una construcción de calidad con el fin de utilizar al máximo los recursos renovables que brinda el medio ambiente. Las energías alternativas en la arquitectura implican el uso mayormente de dispositivos, tales como paneles solares o generadores eólicos entre otros; que ayudan a proporcionar energía sustentable para el uso de la edificación. En la actualidad no se genera la totalidad de la energía que se emplea, ya que en el funcionamiento de la vivienda o edificación sirve de gran ayuda a minimizar el uso de la energía obtenida de la manera “tradicional” (centrales eléctricas).

En nuestro medio el método alternativo más empleado es la instalación de paneles donde la mayor incertidumbre es la de su correcta ubicación, por ejemplo, si los techos tendrán pendientes hay que tratar de ubicarlas hacia el mediodía solar con una pendiente tal que optimice la captación de la energía solar a fin que los paneles trabajen con la eficacia máxima. En la actualidad se han construido edificios que incluso se mueven a través del día para seguir al sol.

Los generadores eólicos se están utilizando cada vez más en zonas donde la velocidad del viento es suficiente (mínimo 10km/h).

Los sistemas de calefacción solar activos mediante agua cubren total o parcialmente las necesidades de calefacción a lo largo del año de una manera sustentable.

Las edificaciones que utilizan una combinación de estos métodos alcanzan la meta más alta que consiste en una demanda de energía cero se denominaban autosuficientes.

Una nueva tendencia consiste en generar energía y venderla a la red para lo cual es necesario contar con legislación específica, políticas de promoción de las energías renovables y programas de subsidios estatales. De esta forma se evitan



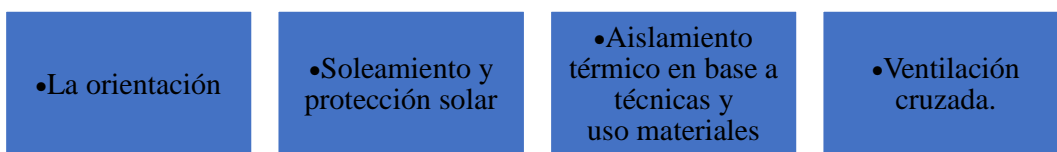
los costos excesivos que representan los sistemas de acumulación de energía en las edificaciones.

2.3. Concepto de diseño bioclimático

El diseño bioclimático consiste en la acción de proyectar o construir considerando la interacción de los elementos meteorológicos con el medioambiente, regulando así los intercambios de energía y materia con el medio ambiente logrando proporcionar una determinada sensación de bienestar y confort térmico para los ocupantes en el interior de la misma. Donde dicho diseño deberá desarrollarse con la naturaleza y no contra o al margen de ella. (David, 2007).

Pese a que el concepto de diseño bioclimático asemeja un término nuevo, no lo es, un claro ejemplo de ello son las casas encaladas en blanco en Andalucía o bien los tejados orientados al sur en la región norte de España cuyo objetivo es aprovechar la inclinación del sol. Otro ejemplo es el de los chalets en los Alpes, que presentan una climatización total en su interior pudiendo considerarse como “geniales construcciones” adaptadas según el lugar y entorno. (Arquitectura bioclimática principios esenciales., 2017).

Para lograr desarrollar con éxito un proyecto bioclimático se debe considerar la adaptación de la edificación con el medio en el que se desarrollara, para esto se tiene cuatro puntos clave que se deben tener presente para lograr cumplir la función de las exigencias térmicas que pueda presentar la edificación, dichos puntos clave a cumplir son:



Fuente: (Arquitectura bioclimática principios esenciales., 2017)

Elaborado: (Yáñez, 2017)



Al incorporar estos entre otros aspectos adicionales de control sobre las condiciones climáticas, la denominación “arquitectura bioambiental”, empleada por algunos autores, deberá incluir el uso del paisaje, la vegetación, la selección de materiales sin impactos perjudiciales, la participación activa del usuario y las complejas relaciones a escala urbana donde las decisiones de diseño favorecen la creación de las condiciones ambientales favorables; que entre ellas incluye los aspectos lumínicos, acústicos, de salubridad y de calidad del aire, así como la eficiencia energética y su mínimo impacto al medio ambiente, este último condicionante representa el énfasis principal del diseño bioclimático. (Manuel, Estudios de arquitectura bioclimática 1° Volumen, 2004)

El diseño bioclimático de un edificio o de una casa sería una forma de encarar su construcción de forma que se conviertan en sistemas termodinámicos eficientes, es decir que la gente pueda vivir dentro con todas las comodidades, pero con un consumo energético mínimo. La mayoría de las construcciones viejas, y gran parte de las nuevas, son muy deficientes en el diseño térmico, construidos con materiales que no nos protegen ni del calor, ni del frío. Según el diseño bioclimático, los arquitectos y constructores deberían tener en cuenta el clima del lugar en el cual se ubicará ese edificio. (Cagliana, 2012).

La principal dificultad del diseño bioclimático es que una misma edificación tenga que dar una respuesta integral al acondicionamiento térmico tanto en condiciones de invierno como de verano. Las condiciones térmicas de un lugar pueden encontrarse en cualquiera de los siguientes casos:



Por debajo del rango de confort (bajocalentamiento): el ambiente es frío y por lo tanto es necesario ganar energía calorífica. En este caso las estrategias básicas serán: promover la ganancia de calor y evitar al máximo la pérdida del calor ganado o generado en el interior de los edificios (Estrategias de invierno).

En la zona de confort: las condiciones térmicas son confortables y adecuadas, por lo que se deberá tratar de mantenerlas en ese estado

Por encima del rango de confort (sobrecalentamiento): condiciones ambientales de calor. En este caso las estrategias básicas serán las inversas a los periodos fríos, es decir, evitar la ganancia de calor y favorecer las pérdidas (Estrategias de verano).

Fuente: (Atecos)

Elaborado: (Yáñez, 2017)

2.4. Bioconstrucción

La Bioconstrucción trata de relacionar de un modo armónico las aplicaciones tecnológicas, los aspectos funcionales, estéticos, y la vinculación con el entorno natural o urbano de la vivienda; así como con los materiales a emplear con el objetivo de lograr hábitats que respondan a las necesidades humanas en condiciones saludables, sostenibles e integradoras.

2.5. Estrategias de diseño bioclimático

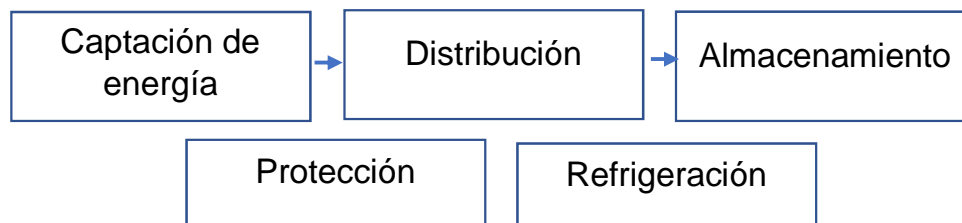
Las estrategias de diseño aplicables a vivienda en base a los siguientes aspectos:

- Orientación
- Elementos
- Materiales

El medio ambiente es nuestro lugar, desde el punto de vista bioclimático, de ahí nacen los parámetros del lugar ya sean estos climáticos, geográficos, sociales u otros; estos definen las condiciones, particularidades, las funciones y sus comportamientos. El hombre en este medio ha desarrollado sistemas urbanos y edificaciones, los cuales se consideran sistemas abiertos,

porque existen tanto aportes como pérdidas de energía; estas van desde y hacia el exterior, este intercambio térmico depende tanto de la diferencia de temperatura entre espacios como de las variaciones producidas mediante infiltración y ventilación. El hombre en su historia ha construido su cobijo aprovechando y modificando este sistema, es decir ha propuesto condiciones de diseño arquitectónico que han dado respuesta a estas intenciones de habitabilidad térmica. (Cortes, 2009)

Figura 1: Condiciones de aplicación de las estrategias bioclimática



Fuente: (Cortes, 2009)

La figura anterior muestra los aspectos que sintetizan las condiciones básicas propias de un sistema bioclimático esquematizando las acciones para lograr un estado de confort (Cortes, 2009).

Las aplicaciones arquitectónicas son limitadas únicamente por la inventiva humana y en un gran modo por las condiciones climáticas, casi inalterables, dependiendo de cada lugar, y que tiene estrecha relación con la zona climática en donde inicia el proyecto constructivo; donde podemos diferenciar 4 regiones a nivel mundial o zonas climáticas, que son:

1.- Zona Fría: Las distribuciones anuales de temperaturas son bajas, más de la mitad del año se considera un período frío donde las necesidades generalmente no se satisfacen por medios naturales. En esta zona deben maximizarse los efectos del calentamiento solar e intentar reducir en lo más posible el impacto del viento invernal. En esta zona encontramos países como Canadá, el norte de los Estados Unidos, Países Escandinavos, la mayor parte de Rusia, todas en el hemisferio norte, y en el hemisferio Sur la Patagonia. (Vintimilla, 2008)

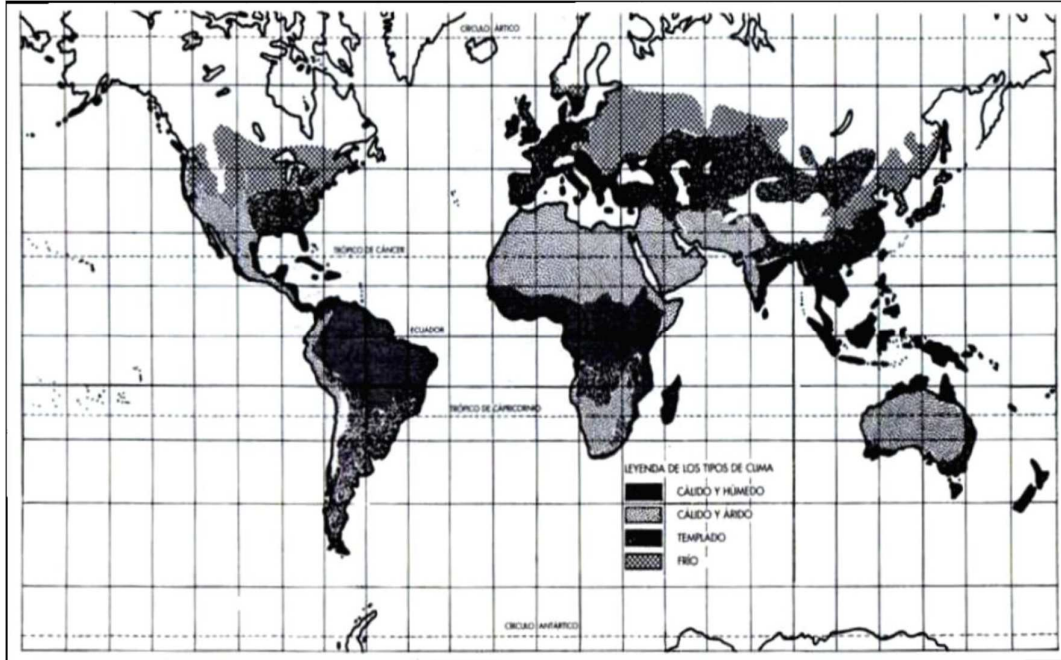


2.- Zona Templada: Zona ligeramente húmeda donde las cuatro estaciones están muy marcadas en el año. Es la combinación del clima frío en invierno hasta el caluroso en verano con temperaturas agradables en primavera y otoño. En esta zona se deben maximizar los efectos del sol y reducir el impacto del viento en invierno, así como maximizar el sombreado y permitir la circulación del viento en verano. En dicha zona se encuentran lugares como la costa este de los Estados Unidos, la mayoría de Europa, Asia Oriental y el Sur de Sudamérica. (Vintimilla, 2008)

3.- Zona Cálida – Seca: Son zonas comúnmente no muy cercanas a las costas oceánicas con humedades bajas, la distribución anual de temperaturas varía en rangos no muy grandes y en el invierno las temperaturas son casi confortables, pero en primavera, otoño y principalmente en verano las necesidades de sombra son prioritarias incluso llegando a precisarse otras soluciones a más de las naturales como son el frío de evaporación ayudado por la inercia térmica de los materiales. Donde el viento no juega un papel importante en el enfriamiento de las edificaciones por lo que debe evitarse que generen brisas cálidas. Lugares como los desiertos occidentales de Estados Unidos y México, el norte de África, Países Árabes, Australia se hallan en esta zona. (Vintimilla, 2008)

4.- Zona Cálida – Húmeda: Generalmente cerca de las costas oceánicas, durante sus períodos estacionales prácticamente no existen problemas climáticos ya que la temperatura alta permanece por gran parte del año. Los efectos de sombra y ventilación, necesarios la mayor parte del año, juegan un rol muy importante para contrarrestar las elevadas temperaturas y la fuerte humedad. Se pueden destacar la selva amazónica, Florida, casi todo Centroamérica y el Caribe, África Ecuatorial, Polinesia. (Vintimilla, 2008).

Figura 2: esquema mundial de los climas preponderantes en cada región.



Fuente: *Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas.* (Olgyay, 1964)

Las estrategias de diseño pueden ser bastas, llegando a ser posiblemente temas de otra investigación, pero todas ellas deberán definir una estrategia de diseño para un posterior ahorro energético y generando proyectos de estructuras que reduciendo tensiones innecesarias y aprovechando los recursos naturales que favorezcan al confort humano, llegando así a catalogarse como climáticamente equilibradas.

Dichas investigaciones deberán seguir como primer paso el correcto análisis de los elementos o datos climáticos del lugar en donde se desarrollaran; (temperatura, humedad relativa, radiación solar y efecto del viento en la zona), considerando posteriormente la realización de una evaluación de las incidencias del clima en términos fisiológicos (basado en sensaciones humanas), seguidos por el análisis de la solución tecnológica que se pueda brindar para cada problema de confort climático (elección del lugar, orientación, cálculos de sombreado, forma, movimiento del aire, materiales a emplearse, equilibrio de temperatura exterior–interior) y proporcionando finalmente el diseño pertinente.



Resumiendo, estos pasos para una adecuada estrategia de adecuación ambiental, tenemos la siguiente secuencia:

SECUENCIA

Clima → Biología → Tecnología → Diseño

2.6. Consumo de energía en edificios.

Por edificio se entiende una estructura fija, diseñada como lugar de trabajo o vivienda. (Ingrid, 1992)

Donde un edificio inteligente se define como la estructura que ofrece a sus usuarios y administradores la mayor cantidad de adelantos tecnológicos con el fin de hacer más eficiente su uso y control, tomando siempre en cuenta las necesidades reales de los usuarios y administradores proporcionando un ambiente de confort y seguridad para maximizar la productividad, la creatividad, así como hacer que la gente se sienta a gusto en su lugar de trabajo o vivienda. Considerando que también se debe proporcionar un mantenimiento tanto eficiente como oportuno, siempre intentando minimizar costos. (Vintimilla, 2008)

Una de las principales características de un edificio inteligente es el de ser flexible a cambios futuros como son: incorporación de nuevas tecnologías, actualización de equipos y cambios en la distribución interna de los espacios empleados (oficinas y habitaciones).

Clasificando los componentes que debe reunir un edificio inteligente para el consumo energético desde el punto de vista funcional y estructural tenemos:

- a) En lo que respecta al consumo de energía, considerada dentro de la característica estructural.
- b) Disminuir su consumo energético considerando su ubicación y orientación, así como la composición de sus elementos estructurales (techo, pisos, ventanas y paredes). (Vintimilla, 2008)



- c) Aprovechar la luz solar tomando en cuenta su impacto sobre la visibilidad (por ejemplo, en las pantallas de video) y la calidad de la luz necesaria para trabajar (iluminación) (Vintimilla, 2008).

En los años 90, debido a la crisis de energía, la prioridad en el diseño y construcción de edificios dio un giro hacia la reducción de los costos de operación, incorporándose a dos grandes vertientes.

1.- "high-tech", que se refiere a la revitalización del movimiento moderno con un desarrollo de los elementos tecnológicos para la gestión y control del edificio y las nuevas tecnologías de la información.

2.- "high-touch", que se refiere al diseño que brinde un ambiente de trabajo confortable en un entorno altamente tecnificado.

Desde su concepción hasta su operación, un edificio sigue una guía de pasos para hacer de este más sustentable a lo largo del tiempo.



Tabla 1 GUÍA DE ESTRATEGIAS AMBIENTALES SEGÚN ETAPA DE CICLO DE VIDA DEL PROYECTO DE UN EDIFICIO

ETAPA DE CICLO DE VIDA DEL PROYECTO				
CONSUMO DE RECURSOS	PREDISEÑO	DISEÑO	CONSTRUCCIÓN	OPERACIÓN
RE CONSUMO DE ENERGÍA				X
RE 1 Energía contenida en la fabricación de materiales y en la construcción de obras				
RE 1.1 Seleccionar materiales de menor energía contenida		X		
RE 1.2 Reducir materiales	X			
RE 1.3 Reutilizar, reciclar materiales				
RE 1.4 Materiales reciclables final vida útil edificio		X		
RE 2 Energía usada para operar edificios				
RE 2.1 Meta de eficiencia energética	X			
RE 2.2 Utilización energía pasiva		X		
RE 2.3 Optimización sistemas y equipos técnicos		X		
RE 2.4 Tipos de sistemas técnicos y zonificación		X		
RE 2.5 Controles generales		X		
RE 2.6 Monitoreo y auditorías		X		
RE 2.7 Contratación de sistemas			X	X
RE 2.8 Mantenimiento y recomendaciones para los usuarios		X		X

Fuente: Cámara Chilena de la Construcción (Construcción, 2005)



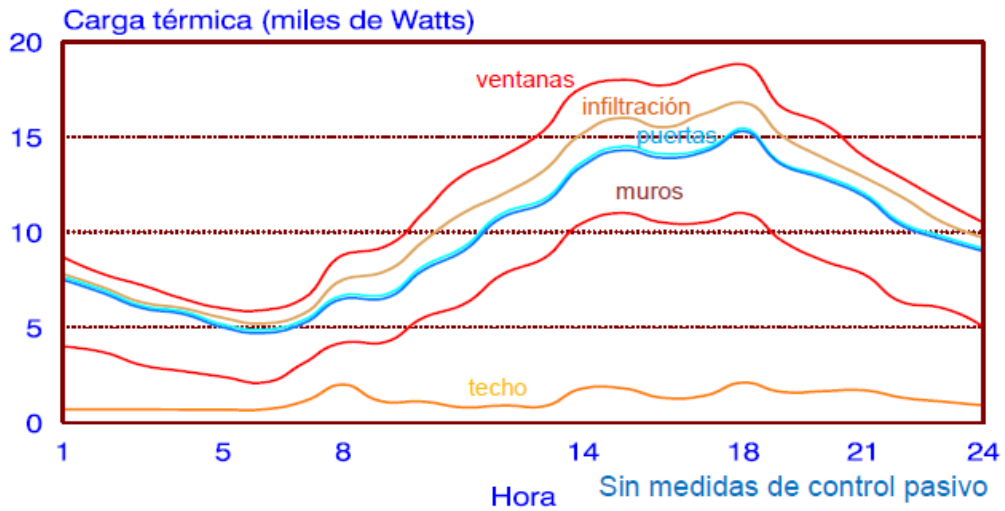
ILUMINACIÓN NATURAL Y ARTIFICIAL				
RE 2.9 Optimización uso y control luz diurna, brillo, sombra		X		
RE 2.10 Optimización iluminación artificial		X		
RE 2.10.1 Sistemas de eficiencia óptima		X		
RE 2.10.2 Equipos y elementos de eficiencia óptima		X	X	X
RE 2.10.3 Controles de iluminación		X	X	X
RE 2.10.4 Iluminación exterior con energía solar		X	X	X
CALEFACCION, VENTILACION Y AIRE ACONDICIONADO (HVAC)				
RE 2.12 Uso masa térmica edificio		X		
RE 2.13 Sistemas separados según demandas		X		
RE 2.14 Minimizar demandas conflictivas		X		
RE 2.15 Uso eficiente aire exterior		X		
RE 2.16 Controles de sistema HVAC		X		
RE 2.16.1 Control temperatura con banda muerta o rango neutro		X	X	
RE 2.16.2 Controles temporizadores		X	X	
RE 2.16.3 Ciclos aire fresco, noche/día, optimizar partida		X		X
RE 2.16.4 Eficiencia óptima bajo cualquier condición de operación		X		X
RE 2.16.5 Maximizar eficiencia y minimizar uso innecesario de energía		X		X
AGUA POTABLE CALIENTE				
RE. 2.17 Seleccionar los equipos más apropiados		X		
ASCENSORES				
RE. 2.18 Sistema ascensores de uso eficiente de energía		X	X	X

Fuente: Cámara Chilena de la Construcción (Construcción, 2005)

En nuestro medio el consumo de energía promedio en inmuebles esta dado por: Acondicionamiento de aire (60%), iluminación (20%), bombas y elevadores (15%) y contactos (5%). (ecuared.cu)

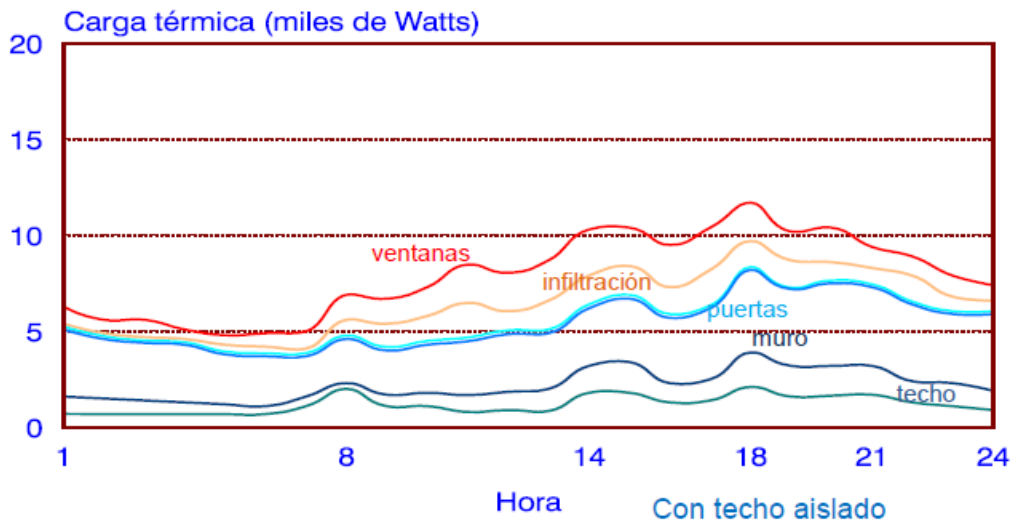
Como podemos ver el mayor porcentaje en uso de energía es el empleado por los acondicionadores de aire, dado que la carga de enfriamiento no es más que la cantidad de calor que debe removerse con el equipo de aire acondicionado en un edificio a enfriar; donde dicha cantidad de calor a remover es la producida principalmente por las personas en su interior, por equipos en uso, iluminación y radiación solar.

Grafico 1: Comportamiento térmico de un edificio



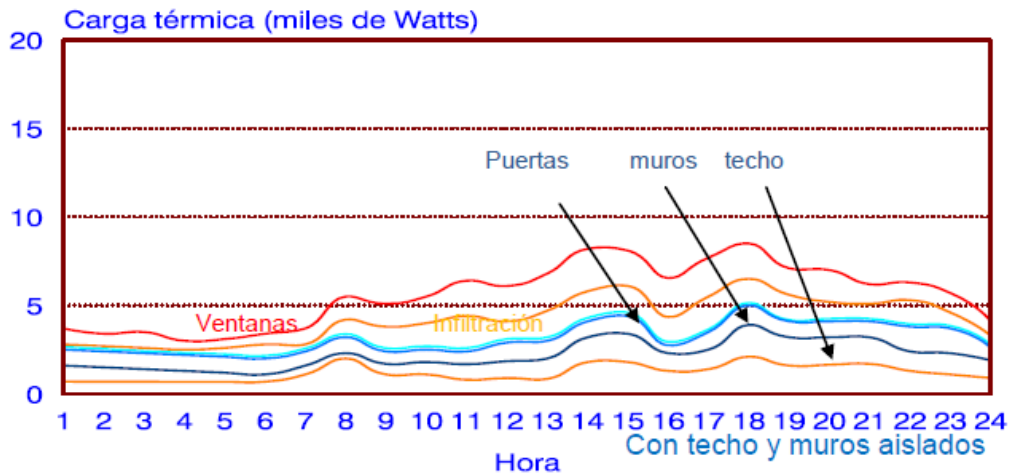
Fuente: CONAE (Gálvez, Taller Ahorro de energía IMEI., 2007)

La grafica 1 representa las cargas térmicas internas en un edificio sin ninguna protección contra el ambiente exterior, en donde las ventanas transmiten la mayor parte de carga térmica de todo el edificio, seguido por las infiltraciones. (Vintimilla, 2008).



Fuente: CONAE (Gálvez, Taller Ahorro de energía IMEI., 2007)

Como podemos observar solo con el techo aislado la carga térmica de los componentes baja casi a la mitad.



Fuente: CONAE (Gálvez, Taller Ahorro de energía IMEI., 2007)

Con el techo y muros aislados de alguna manera, la carga térmica del edificio disminuye a menos del 50% inicial. El ahorro de energía que se realizó con este experimento en un mismo edificio, fue de más del 50% en energía eléctrica por climatización, ya sea para aire acondicionado y para calefacción, aunque se conoce que el costo de la eliminación artificial de calor es seis veces más costoso que su generación (Schmitt, Tratado de construcción, 2002)

La inversión económica planeada en el diseño de una edificación conlleva aspectos a tener en cuenta como son:

- La Envoltente: es la separación entre el interior y el entorno exterior de un edificio, en donde el intercambio calórico se puede controlar mediante:
 - Aislamiento térmico (techos y paredes)
 - Cubrir cristales con películas reflejantes
 - Ventanas doble cristal
- Equipos como son:
 - Los compresores de alta eficiencia.
 - Operación de chillers (enfriadores industriales de agua) en etapas
 - Evita el uso de equipos sobre dimensionados



- Sistemas de control climático.

-Distribución de aire variable

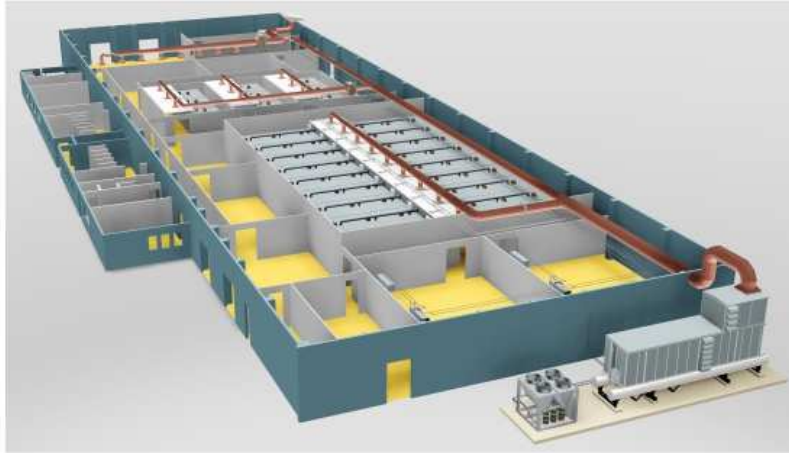
Otra de las medidas sencillas que se pueden tomar y que es muy efectiva, es el uso de las plantas que estratégicamente colocadas protegen del frío del viento u ofrecen sombra en verano. También sirven de pantalla contra el ruido y controlan la erosión, además de embellecer el lugar donde las pongamos.

2.7. Sistema de control climático

Un Sistema de Control Climático es un sistema perfecto de ventilación para crear un ambiente ideal dentro de la edificación con el fin de ahorrar energía por medio de un control inteligente de temperatura y presión, junto con la función avanzada de recuperación de calor (Del Toro & Antunez, 2013). Dichos sistemas se pueden observar en nuestro medio mayormente en edificaciones como son centros comerciales, donde el costo de instalación representa un ahorro a largo plazo; donde las características de estos sistemas son:

- Maneja la temperatura, humedad y presión estática, asegurando resultados óptimos de los equipos de incubación
- Sistema de Recuperación de Calor ahorra energía y dinero al utilizar energía calórica del proceso de incubación para calentar o deshumidificar el aire ambiental para óptima incubabilidad.
- Sistema integrado de distribución de agua fría con motores de velocidad variable provee el flujo preciso de agua fría para los sistemas de incubación y ahorra energía.
- Ubicación exterior ahorra espacio en el edificio, elimina la necesidad de tener una sala mecánica y facilita el mantenimiento desde un solo punto

Figura 3. Ejemplo de un sistema de control climático



Fuente revista *Climate control system*: (System, 2010)

Dentro del Sistema de control climático encontramos dos clasificaciones de acuerdo a la obtención de su energía para su funcionamiento, estas son:

1.Sistema de control energético pasivo

Son los sistemas en edificios que intentan cubrir sus necesidades energéticas con ayuda de disposiciones constructivas adecuadas y por medio de la energía solar. A estos se los llama pasivos ya que no se utilizan otros dispositivos mecánicos como bombas o ventiladores para la obtención de calor. Esto sucede por principios físicos básicos como la radiación, convección y conducción del calor.

2.Sistema de control energético activo

Estos sistemas se aplican directamente en las tecnologías de aprovechamiento de las energías renovables como son la biomasa y la energía eólica.

También entrarían en este apartado todos aquellos sistemas de ahorro energético de equipos tradicionales, como los que suponen las centrales de



cogeneración (en las que se obtienen simultáneamente energía eléctrica y térmica útil) y todos aquellos otros sistemas de control ambiental que necesitan un gasto inicial de energía para su correcto funcionamiento: sistemas móviles de parasoles, domótica, sistemas variables de iluminación, etc.

2.8. Análisis Climatológico.

La climatología es el conjunto de todas las variables meteorológicas que en todo momento aparecen combinadas en conjunto con las geográficas, dificultando de este modo la determinación de su importancia relativa en la interacción térmica. Donde se busca dar soluciones arquitectónicas a los diferentes problemas concretos, para esto se debe tomar en cuenta el conjunto todos los problemas que se puedan presentar para lograr el objetivo de una estructura climáticamente equilibrada. (Vintimilla, 2008)

El Ecuador presenta climas y microclimas diferentes. El modelo meteorológico varía según la geografía y las temperaturas que son determinadas por su altitud, ubicación, así como la influencia de la cordillera de los Andes y la brisa marina.

Para lograr un correcto diseño bioclimático de estructuras e inmuebles, deben considerar los principales elementos que modulan la construcción pasiva (clima), estos son: la latitud, temperatura, humedad (relativa y absoluta), radiación solar y viento (velocidad y dirección); logrando la eficaz integración de estos elementos en el diseño, se lograra constituir condiciones ambientales ideales que darán lugar a su vez al confort que se debe precisar para solventar la envolvente a diseñar.

A continuación, se presenta una descripción de los elementos moduladores del clima.

2.8.1. Latitud

Las zonas climáticas presentan variaciones de acuerdo a la latitud y región en la que se encuentre, localizando las zonas frías en los extremos, que se van transformando a templadas hasta llegar a cálidas en la zona media del planeta.

Las variaciones de temperatura atmosférica diarias como las anuales, están definidas según la energía solar recibida por el curso aparente del Sol y que es impuesta directamente por la latitud, tanto la temperatura como la radiación solar deben tomarse en cuenta al momento de proyectar una construcción.

Las fechas de los solsticios (21 de diciembre y 21 de junio) se han aceptado como fechas adecuadas para interrelacionar ambas condiciones.

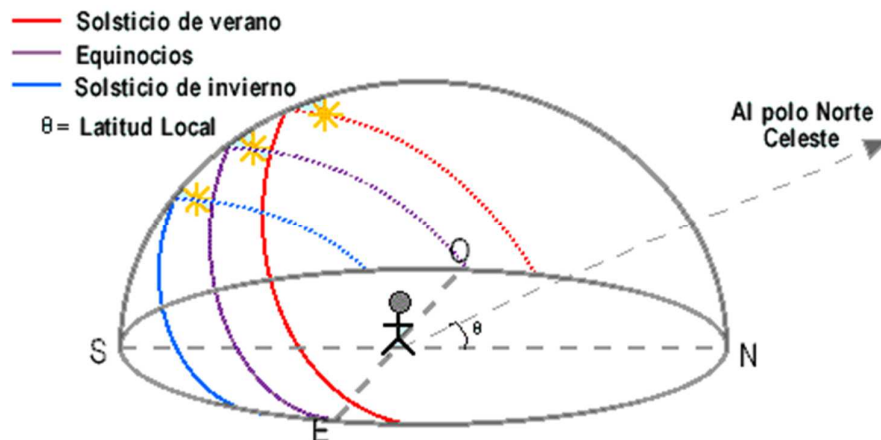


Figura 4: Posición del sol en diferentes etapas del año.
Fuente: (Del Toro & Antunez, 2013)

El movimiento aparente del Sol también es dependiente de la latitud a la que nos encontremos, es decir, el Sol no sigue el mismo camino por la bóveda celeste en el polo norte que en el ecuador, según nos vamos alejando del ecuador la duración de las noches y los días va variando de manera creciente hasta que llegamos a los polos en los que existen seis meses de luz y seis meses de noche. (Ángel Calea, 2013)

Al observar la salida y la puesta de sol en diferentes épocas del año es posible darse cuenta de que:

- Solo el 21 de marzo y el 23 de septiembre el sol aparece y se oculta con exactitud por el este y oeste respectivamente, haciendo que en estos dos días la luz del sol incida perpendicularmente a la Tierra. En otras épocas del año el sol aparece y se oculta inclinado a la derecha o izquierda de la vertical.
- Conforme la latitud aumenta, por las inclinaciones más pronunciadas del sol, podemos ubicar lugares más fríos, donde mayor será la diferencia en duración entre el día y la noche en diferentes épocas del año.
- Durante los solsticios de: verano, primavera, invierno y otoño el sol y la tierra tienen una rotación diferente de acuerdo al transcurso del año.
- El Ecuador se encuentra en el centro de las inclinaciones del sol, por lo que esta parte de la Tierra conserva mayor cantidad de calor durante todo el año.

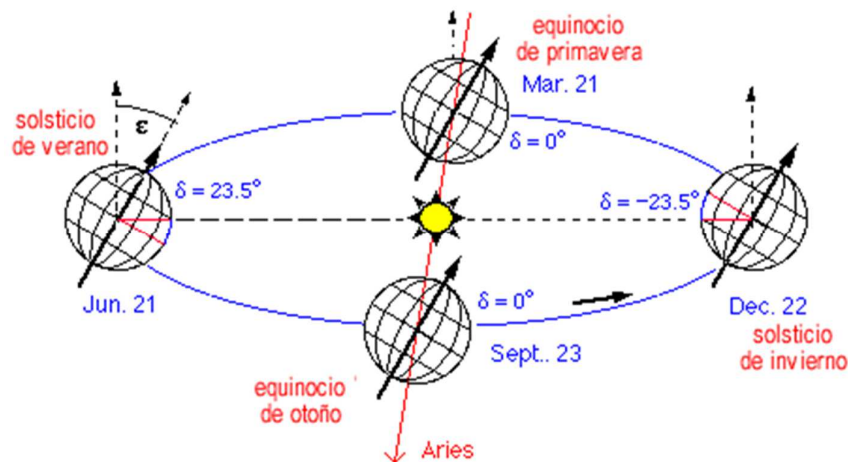


Figura 5: Solsticios de la Tierra.
Fuente: (Del Toro & Antunez, 2013)

Las alturas solares disminuyen mientras más se alejan de la línea ecuatorial, generando un fenómeno de gran influencia para la construcción en la proyección de sombras para la protección de la incidencia solar, puesto que mientras más inclinado incida un rayo solar sobre la superficie generara menos calor.



2.8.2. Temperatura.

La temperatura es la cantidad de calor que posee la atmósfera, depende directamente de la energía que irradie el Sol, esta atmosfera está compuesta de diferentes gases, en su mayoría de N₂, O₂ y vapor de agua, entre otros; sin embargo este último es el factor más influyente en la temperatura del aire, ya que absorbe la mayor parte de la radiación de onda larga de la radiación terrestre, siendo esto posible puesto que la estructura molecular del vapor de agua permite absorber un gran número de calorías sin que se modifique de manera rápida su temperatura, generando un proceso de aparente almacenamiento de calor.

Al hablar de la interacción entre una edificación y el medio ambiente que la rodea, la temperatura del aire es el principal elemento a considerar, puesto que un edificio con un buen diseño térmico va a implicar pequeños gradientes de temperatura entre las diferentes zonas de un edificio, con lo cual se evitara los cambios bruscos de temperatura en su interior, generando un confort térmico para los ocupantes del mismo.

“Este factor climático influencia desde la ubicación de la edificación, la forma de la vivienda, la orientación de la misma, así como la vegetación y el tipo de paisaje circundante. Niveles elevados o demasiado bajos de temperatura condicionarán la construcción de la edificación, así como los materiales constructivos y la distribución interna de la edificación” (Arkiplus, 2015).

Para lograr realizar un cálculo de diseño constructivo que considere los efectos térmicos de interacción con la atmosfera, se debe determinar los meses más representativos del clima de la región, registrando para cada mes las temperaturas promedio máximas y mínimas.

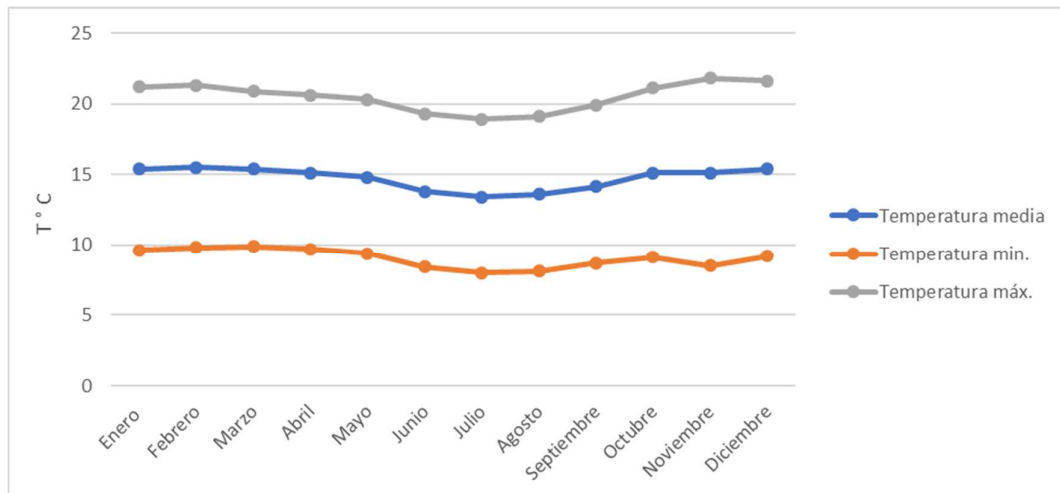
Pudiendo ser contabilizada dicha información de la siguiente manera:

Tabla 2. PROMEDIO MENSUAL DE TEMPERATURAS EN LA CIUDAD DE CUENCA (Long. 79°00'16" O, alt. 2543 msnm, lat. 2°54'01" S).

	TEMPERATURAS (° C)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media	15.4	15.5	15.4	15.1	14.8	13.8	13.4	13.6	14.3	15.1	15.1	15.4
Temperatura min.	9.6	9.8	9.9	9.7	9.4	8.4	8	8.1	8.7	9.1	8.5	9.2
Temperatura máx.	21.2	21.3	20.9	20.6	20.3	19.3	18.9	19.1	19.9	21.1	21.8	21.6

Fuente: Sistema de Clasificación Bioclimática Mundial (temperaturas); Cuenca Climate Guide.

Gráfico 1: Representación gráfica de los datos de la tabla anterior



En la gráfica se muestra la distribución de las temperaturas medias, máxima y mínima anuales en la ciudad de Cuenca. En esta se puede observar el rango de variaciones, que por causa de la latitud en que se encuentra la Ciudad de Cuenca (2°54'01" S) y su altura sobre el nivel del mar (2543 msnm), presenta una mínima variación de asoleamiento, es decir la temperatura presenta cambios aceptables y manejables, lo que facilita la proyección de diseños pasivos, es decir diseños que logren su acondicionamiento ambiental mediante procesos naturales.



2.8.2.1 Proceso de Intercambio Calórico

Considerando la sensación de calor en un espacio cerrado podemos darnos cuenta que esta no va a depender simplemente de la temperatura ambiente, sino también del impacto calorífico procedente de las varias superficies colindantes y de la composición que tenga cada material para almacenar y transmitir calor.

El intercambio calórico puede modificarse en cuanto a la intensidad y duración independientemente de la temperatura que exista entre los cuerpos o medios involucrados, donde el calor fluirá siempre y de manera natural, hacia el lado de menor temperatura (el cuerpo, elemento o medio más frío).

Wensel, establece 3 métodos para el proceso natural de intercambio de calor, estos son las siguientes tres formas:

a) Transferencia de calor por conducción:

La transmisión del calor por conducción, se genera por medio del intercambio del mismo de un cuerpo a otro, donde las moléculas de dichos cuerpos a diferentes temperaturas poseen diferente energía cinética, estas moléculas chocan entre si intercambiando así sus energías.

Todo material conduce calor con una velocidad en función de su densidad (a mayor densidad, mayor velocidad de transmisión de calor), siendo esta la característica, de los diferentes materiales, lo que se denomina como conductividad térmica.

Podemos determinar la rapidez de transferencia de calor mediante la fórmula de Fourier, que indica:

$$q = -kA\nabla T$$

Donde tenemos que: T es la temperatura que se supone no variable en el tiempo; q es la velocidad de transferencia de calor (Watt o BTU/h); A es el área del cuerpo (m^2); $\nabla = \partial T / \partial X$ es el gradiente de temperatura en la dirección x del flujo de calor ($^{\circ}C/m$); k es la constante de conductividad térmica del material



(W/m_°C) e indica la cantidad de calor que fluye durante una hora por $1m^2$. El signo negativo indica el flujo de calor hacia abajo en la escala de temperatura.

En la tabla siguiente se presentan algunos valores de k para diversos materiales típicos.

Tabla 3. Valores de conductividad térmica k de diversos materiales en °C

<u>Sólidos</u>	<u>k (W/m °C)</u>
Aluminio (puro)	202
Hierro (puro)	73
Acero al carbón, 1% C	43
Arena	1.83
Vidrio de ventana común	0.78
Fibra de vidrio	0.038
Plástico	0.173
Madera	0.173 - 0.346
<u>Líquidos</u>	
Mercurio	8.21
Agua	0.556
Aceite lubricante	0.147
<u>Gases</u>	
Helio	0.141
Aire	0.024
Vapor de agua saturado	0.0206
Bióxido de carbono	0.0146

Fuente: Glicksman León R. (Leon, 1997)

Como podemos observar existen buenos y malos conductores de calor, los metales como el hierro y aluminio son excelentes conductores, así como lo son también las piedras como el mármol y el vidrio; en cambio la madera es mal conductor del calor, los plásticos, el corcho y las telas también son malos conductores de calor.



b) Transferencia de calor por convección:

El proceso de transferencia de energía mediante un fluido en movimiento (líquido o gaseoso), combinado con el proceso de conducción de calor a través del aire, es denominado como transferencia de calor por convección.

Por ejemplo, se sabe que una placa de metal caliente se enfriará más pronto si se colocase en frente de un ventilador que cuando se dejara enfriar expuesta a un aire en reposo, entonces se dice que el calor se disipó por convección, donde la velocidad que sopla el aire sobre la placa influirá en la transferencia de calor.

Debemos recordar que el mecanismo físico de transferencia de calor sobre una la placa es un proceso de conducción. Así el efecto total de la convección se expresa empleando la ley de enfriamiento de Newton:

$$q = hA(T_{superficie} - T_{fluido})$$

Donde q es la rapidez de transferencia de calor, relacionada con la temperatura total existente entre la placa y el fluido, y el área de la superficie A . La variable h se denomina coeficiente de transferencia de calor por convección. (J.P., 1991)

En condiciones normales, según el Dr. Gradjean, el intercambio por convección llega a ser entre el 25 y 30 % del intercambio total, a una variación temperatura libre de 30°C.

Tabla 4. Valores aproximados de los coeficientes de transferencia de calor por convección.

MODO	h
<u>Convección libre (ΔT = 30°C)</u>	(W/m ² _°C)
Placa vertical 0.3m de altura en el aire	4,5
Cilindro horizontal, 5cm de diámetro en el aire	6,5
Cilindro horizontal. 2cm de diámetro en el agua	890
<u>Convección forzada</u>	
Flujo de aire a 2m/seg sobre placa cuadrada de 0,2m	12



Flujo de aire a 35m/seg sobre placa cuadrada de 0,75m	75
Flujo de aire a través de un cilindro de 5cm de diámetro con velocidad de 50m/seg	180

Fuente: Holman J.P. (J.P., 1991)

c) Transferencia de calor por radiación:

La transmisión de calor por radiación se caracteriza por que la energía se transporta, propaga (incluso en el vacío) en forma de ondas electromagnéticas como resultado de una diferencia de temperatura, este fenómeno se conoce como radiación térmica.

Donde todo cuerpo sometido a una radiación, refleja una parte de la energía recibida (efecto albedo), y absorbe otra para transformarla en calor y trasmite el resto a su través en función de la temperatura ambiente, estructura del cuerpo y naturaleza de su superficie. (Schmitt, Tratado de construcción, 2002)

2.8.3. Humedad

El contenido de vapor de agua existente en el aire se denomina humedad. Se puede hablar de tres tipos de humedad: relativa, absoluta y específica. La primera, también conocida como porcentaje de humedad de saturación, indica la relación, en porcentaje, entre el contenido de vapor de agua existente y el máximo contenido de vapor de agua posible en el aire a una misma temperatura. Variando desde un 100% de humedad, en la mayoría de nubes y niebla, hasta un 10% o menos en zonas desérticas durante el mediodía. Por otro lado, la humedad absoluta se refiere a la cantidad de vapor de agua que se encuentra por unidad de volumen en el aire que se expresa en gramos de agua por kilogramos de aire seco; finalmente tenemos la humedad específica, que es la cantidad de vapor contenido en la masa de aire, la cual se refiere a la presión que ejerce el vapor de agua, esto significa una fracción de la presión atmosférica total, y se expresa en milímetros de mercurio o milibares.



Las personas sienten de opresión a medida que la presión de vapor supera los 15mm de mercurio, presión a partir de la cual, cada milímetro adicional debe contrarrestarse con un efecto de viento equivalente a 1km/h. (Victor, 1964)

El aumento de la temperatura, aumenta la cantidad de vapor de agua retenido en el aire, mientras que la disminución de la temperatura del aire reduce su capacidad para retener la humedad hasta alcanzar el punto de saturación, llamado punto de rocío, este es el punto en el que la temperatura del aire puede llegar a tener el máximo contenido de vapor de agua, que, con un continuo enfriamiento, por debajo de este punto, conduce a la condensación del agua formando rocío, niebla o nubes.

En la siguiente tabla se presentan algunos datos de condiciones ambientales en función de su temperatura y humedad relativa:

Tabla 5: Condiciones ambientales impuestas en función de la temperatura y humedad relativa.

Temperatura °C	Humedad relativa %	Condiciones del ambiente
35	70	Cálido y húmedo
15	70	Frío y húmedo
35	30	Cálido y seco
12	30	Frío y seco
20	70	Templado y húmedo

Fuente: Vélez Gonzales R. (González V. , 1992)

Se sabe que altos grados de humedad enfrían el ambiente, pero para regiones cercanas al mar, esto no es así; la alta humedad en dichas regiones produce sensaciones no confortables, siendo un ejemplo de esto la sudoración excesiva.

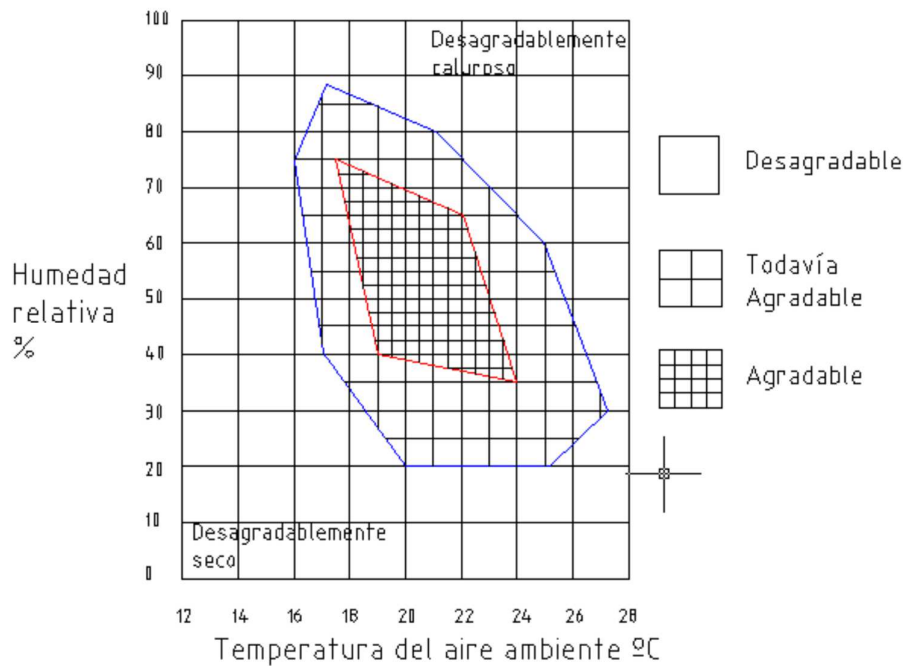
Es posible producir frío de evaporación a partir de vegetación, estanques o fuentes en la región; al hacer uso de la vegetación como medio de evaporación, esto se conoce como evaporación mecánica, generando así un sistema pasivo de enfriamiento, además de emplear un filtro natural como la vegetación, que

purifica el ambiente al absorber el monóxido y dióxido de carbono producido por la polución de las ciudades.

El control de la evaporación, es de gran importancia para lograr alcanzar un bienestar térmico, es el caso de climas en donde el efecto del viento sirve poco para lograr bajar las altas temperaturas.

En la siguiente tabla se muestran los rangos de temperatura y humedad relativa que producen un bienestar térmico.

Grafico 2: Rangos de temperatura y humedad relativa para el bienestar térmico.



Fuente: Heinrich Schmitt. (Schmitt, Tratado de construcción, 2002)

2.8.4. Viento.

El viento se entiende como, la corriente de aire que se produce en la atmosfera por diferencias de presión o temperatura en diferentes masas de aire. Cuando aumenta la temperatura o la presión de un sector de la atmosfera, esta tiende a



ascender lo que genera un vacío que rápidamente es ocupado por una nueva masa de aire más fresco; donde si las causas que generaron dicho calentamiento o el aumento de presión persisten, este fenómeno seguirá presentándose interrumpidamente.

Donde la composición de estas masas atmosféricas, están condicionadas por las estaciones climáticas de cada región, generando así vientos característicos para cada época del año y para cada sitio del planeta. (Gálvez, Diseño Bioclimático. Memorias de Diplomado, 2007).

Uno de los factores a tomar en cuenta para los cálculos del viento es el de la velocidad, que disminuye en lugares cercanos al suelo (aire prácticamente en reposo), en donde el entorno construido perturba casi totalmente la acción del viento a bajas alturas.

2.8.4.1 Relación entre Viento y Confort

El movimiento del aire y su correcta utilización es de gran importancia en el diseño bioclimático, ayudando a generar un confort a las personas que habitan una edificación, enfriando el ambiente en periodos calurosos (captación), o para evitarlo en épocas frías. (Vintimilla, 2008).

El efecto de enfriamiento del viento disminuye a la vez que disminuye la velocidad del mismo, dicho efecto de enfriamiento es aproximadamente proporcional a la raíz cuadrada de la velocidad del mismo, por ejemplo: un viento de 8 km/h es dos veces más eficaz para enfriar que un viento de 2 km/h ($2.82/1.41$).

Este efecto de enfriamiento se refleja en las sensaciones de una persona promedio con respecto a las diferentes velocidades del viento en una habitación.



Tabla 6: Sensaciones de las personas a varias velocidades de viento en una habitación.

VELOCIDAD	IMPACTO PROBABLE
Hasta 0,9km/h (0.25 m/seg)	Inadvertido
Entre 0,9 y 1,8km/h (0.25 y 0.5 m/seg)	Agradable
Entre 1,8 y 3,7 km/h (0.5 y 1 m/seg)	Generalmente agradable, pero se percibe constante su presencia
Entre 3,7 y 5,5km/h (1 y 1.5 m/seg)	De poco molesto a muy molesto
Por encima de 5,5km/h (1.5m/seg)	Requiere medidas correctivas si se quiere mantener un alto nivel de salud y eficacia

Fuente: Rodríguez Viqueira Manuel (Viqueira, 2004)

2.9. El Viento y la Ventilación Natural

La ventilación es una herramienta de gran importancia para el control de los excesos de temperatura y humedad, pero puede llegar a ser también un enemigo potencial en regiones o épocas en los que se cuente con temperaturas ambientales bajas. En la actualidad los sistemas de climatización y ventilación mecánica han relegado la ventilación de origen natural, sin embargo, por los grandes ahorros energéticos que se pueden conseguir al evitar o reducir el uso de estos sistemas y la correcta implementación de diseño de una ventilación natural.

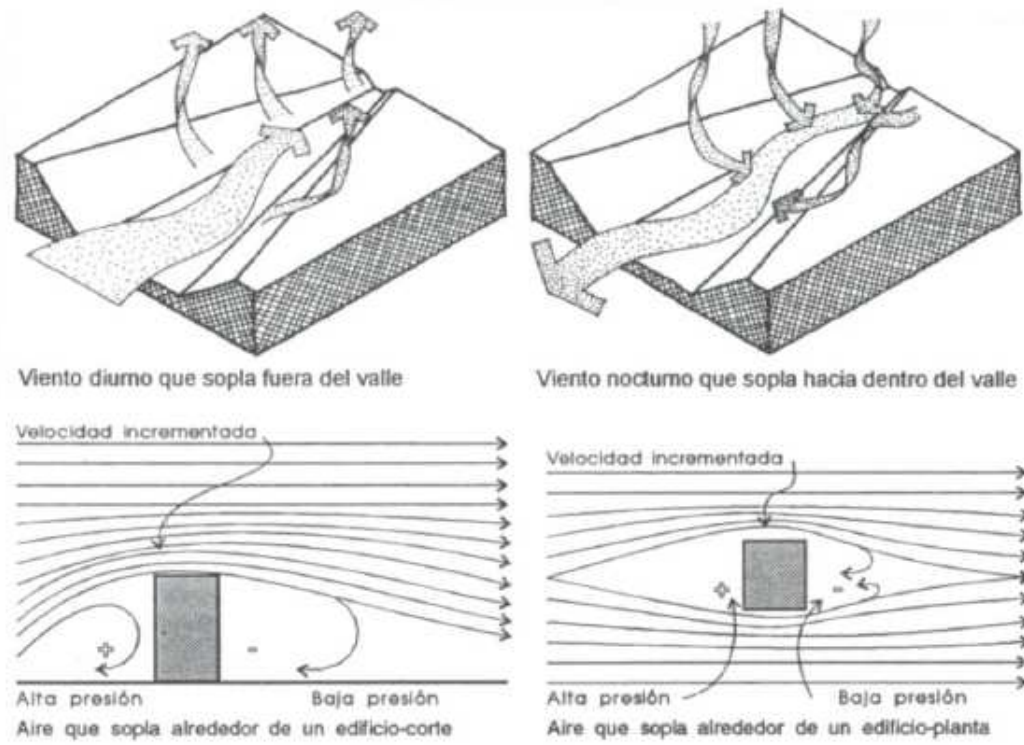
Para un correcto diseño e implementación n el uso del movimiento del aire como ventilación natural, debemos tener en cuenta ciertos aspectos como son:

- La velocidad del viento es más baja cerca de la superficie de la tierra que en la parte superior de la atmosfera (inciso 2.8.4.1), y está en función de la rugosidad del terreno.
- El viento tiende a continuar su movimiento en una misma dirección aun cuando encuentre una obstrucción, por lo que fluye alrededor de los objetos, obstáculos.
- El aire fluye de zonas de alta presión hacia zonas de baja presión.

“En los valles el viento sopla colina arriba durante el día porque el Sol calienta el aire provocando que se eleve. En la noche el aire fluye en sentido opuesto porque la superficie fría del terreno enfría el aire circundante haciéndolo más pesado y ocasionando que éste fluya hacia abajo en el valle; cuando el viento encuentra un objeto como una construcción o una colina, se crea una zona de alta presión que reduce la velocidad en el lado de barlovento* de los objetos, y una zona de baja presión y baja velocidad en el lado de sotavento* de los objetos,

la velocidad del aire se incrementa cuando el aire pasa alrededor, a los lados y por la parte superior.” (G.Z., 1994)

Figura 6: Comportamiento del viento en un valle y alrededor de un cuerpo.



Fuente: Brown G.Z. (G.Z., 1994)



CAPITULO III

ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS Y ESTRATEGIAS DE DISEÑO

3.1. Estructuras y Materiales, Sus Características Térmicas

Para lograr que una edificación sea capaz de proveer una protección térmica y demás condiciones de confort a sus ocupantes, se debe considerar el comportamiento de los materiales que se emplearan para el diseño y construcción de la envolvente y la estructura de los edificios sometidos a diferentes intercambios térmicos con el medio ambiente de un clima dado, así como los diferentes orígenes del flujo de calor que circulan por el interior de una estructura. Para lograr esto se debe tomar en cuenta que los materiales difieren en cuanto a su comportamiento térmico, durabilidad y costo, pues se desea una edificación con protección térmica resulte a su vez rentable, logrando que los ahorros de climatización amorticen los gastos que se pueden generar en el aspecto constructivo.

3.1.1 Conceptos Fundamentales del Aislamiento Térmico

Como se detalló en el inciso 2.8.2.1, la transferencia de calor se puede dar de 3 formas: por conducción, por convección y por radiación térmica; cada material tiene diferentes características para conducir calor, dependiendo de su densidad y calor específico.

Para la construcción se emplean diferentes tipos de materiales, los mismos que se pueden categorizar como buenos conductores caloríficos. Conductores rápidos y no absorbentes, y resistentes que son los que transmiten poco calor del que reciben.



3.1.1.1 Conductancia Térmica

Indica la medida de transferencia de calor a través de una capa de material de un espesor dado (paredes y muros en estos casos), su unidad es $W/m^2 \cdot ^\circ C$, denotado por la letra U, indica la cantidad de calor que fluye en una hora por un metro cuadrado de material en una diferencia de temperatura de $1 ^\circ C$ entre las dos superficies. Cuanto mayor sea este coeficiente, mayor será el calor que se transmite entre superficies.

3.1.1.2 Resistencia Térmica

Es el inverso del coeficiente de conductancia térmica, e indica la propiedad una capa de material de un espesor dado (paredes y muros en estos casos) de oponerse al paso del calor. Su unidad es $m^2 C/W$ y se denota con la letra R, define el número de horas que necesita 1W para fluir a través de un metro cuadrado de una superficie con una diferencia de temperatura de $1 ^\circ C$.

3.1.1.3 Trasmisión de Calor

Mediante el método propuesto por F.M camia (Jean-Louis, 1980), indica un conjunto de cálculos simples para obtener una idea aproximada de la magnitud de los fenómenos que se producen en el interior de las paredes homogéneas de un edificio. El primer factor característico es el de la constante de tiempo relativo CT (adimensional en el sistema internacional), este es la relación de la constante de tiempo equivalente al producto de la resistencia R por la capacidad de la superficie C, entre el periodo de la onda sinusoidal, en este caso 24 hora.

$$CT = \frac{RC}{T} = \frac{L^2 \gamma}{\lambda 24} \quad EC. 1$$

donde $R=L/\lambda$, $C=\gamma L$, L es el espesor de la pared en (m), λ es la conductividad térmica y γ es el calor de masa ($W\text{ hr}/m^3\text{ }^\circ\text{C}$).

A partir de CT se puede determinar la respuesta de una pared, expresada por el desfase, es decir, el tiempo que separa los momentos de la amplitud de la onda exterior y de la transmitida por la pared, y el aporte o amortiguamiento, es decir la fracción de onda exterior que se transmite.

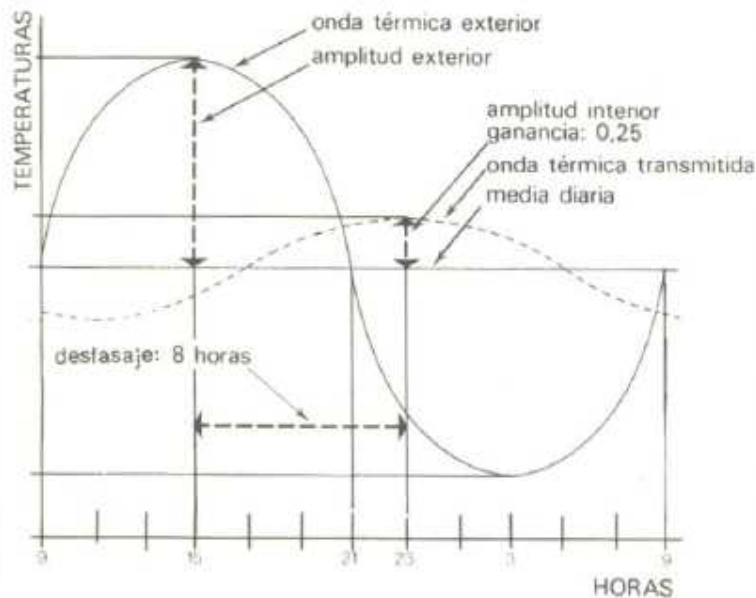
$$\text{Desfase} = 1.772\sqrt{CT} \quad \text{en radianes} \quad EC.2$$

$$\text{Desfase} = (1.772\sqrt{CT})(24/2\pi) \quad \text{en horas}$$

$$\text{Aporte} = 2 \exp(-\sqrt{\pi CT}) \quad EC.3$$

Estas ecuaciones muestran que cuanto más aumenta la capacidad térmica y el espesor, más disminuirá la conductividad térmica, y mayor será el desfase, por lo tanto, menor será el aporte.

Figura 7. Aporte y Desfase según la onda incidente transmitida por una pared homogénea



Fuente: F.M camia (Jean-Louis, 1980)

Se puede observar de la figura anterior, que la energía reciba por el muro calienta su superficie externa y luego su masa, donde por conducción el calor



traspasa a través del muro llegando a su cara interna después de un tiempo y con un desfase, amortiguamiento.

Otra característica de las paredes es la orientación e inclinación, puesto que la onda térmica está constituida en gran parte por la radiación solar. Donde para una adecuada concepción bioclimática es de mucha importancia considerar las aportaciones que perciben los vidrios y las paredes.

3.1.1.4 Comportamiento los Materiales frente a la Radiación Solar

En una construcción Bioclimática es necesario aprovechar la energía solar que es captada a través de ventanales o de los muros para mantener unas condiciones de bienestar en el interior de los edificios y reducir el uso de costosos y contaminantes sistemas de climatización. Se cuidan aspectos como la orientación del edificio, la morfología, los materiales que emplean, así como la ubicación en el terreno.

Desde el punto de vista de los materiales, es de gran importancia considerar aquellos que reflejen más radiación de la que absorben, es decir los que expelan rápidamente la cantidad de calor absorbida en forma de radiación térmica, produciendo así temperaturas más bajas dentro de la edificación.

La reflexión del calor, como característica de los materiales, dependerá más de su densidad y su composición molecular que del color, sin embargo, al considerar el color de los enlucidos en las paredes, provocará más o menos absorción o reflexión de luz y calor. (Cadena, 2015).

Al considerar zonas de periodos fríos de larga duración, resulta conveniente la elección de materiales con un índice de reflexión solar baja, con el fin de absorber la mayor cantidad posible de calor, del mismo modo, en zonas calurosas se busca que el efecto de la reflexión de los materiales disminuya el paso del calor al interior de la edificación.

Para poder seleccionar (de acuerdo a la zona) los tipos de materiales a emplearse en la construcción, se debe conocer el “Índice o porcentaje de Reflectividad Solar” (SRI) de dichos materiales, el cual cuantifica el calor que



acumularía un material en relación a una superficie patrón blanca y una negra, bajo condiciones ambientales estándar. Se define como patrón negro a un material con una reflectancia de 0.05 y una emitancia de 0.90, cuyo valor es igual a 0; y el patrón blanco equivale a 1 o 100%, con una reflectancia de 0.80 y una emitancia de 0.90. (Alchapar, Correa, & Cantón, 2012).

Este método se emplea para superficies con emisividades superiores a 0.01 y temperaturas superficiales menores a 150 °C.

Según la norma ASTM (American Society for Testing and Materials) para una superficie expuesta al sol y aislada por debajo, tenemos:

- Temperatura superficial de equilibrio (T_s)

$$T_s = 309.07 + \frac{(1066.07 \alpha - 31.98 \varepsilon)}{(6.78 \varepsilon + h_c)} - \frac{(890.94 \alpha^2 - 31.98 \alpha \varepsilon)}{(6.78 \varepsilon + h_c)^2} \quad EC.4$$

$$h_c = 2.8 + 3v \quad Ec.5$$

Donde:

α = absortancia solar = 1-reflectancia solar

ε = emisividad térmica.

h_c = coeficiente global de convección. $W \cdot m^{-2} K^{-1}$

v = velocidad del viento < 5m/s

Para una velocidad de estudio de 1.2m/s, el valor adoptado por h_c es de $6.4 W \cdot m^{-2} K^{-1}$

Así el índice de Reflectividad se define como:

$$SRI = 100 \frac{T_b - T_s}{T_b - T_w} \quad Ec.6$$

Donde:

T_s = Temperatura superficial en estado estacionario. K;

T_b = Temperatura superficial patrón negro. K; y

T_w = Temperatura superficial patrón blanco. K.

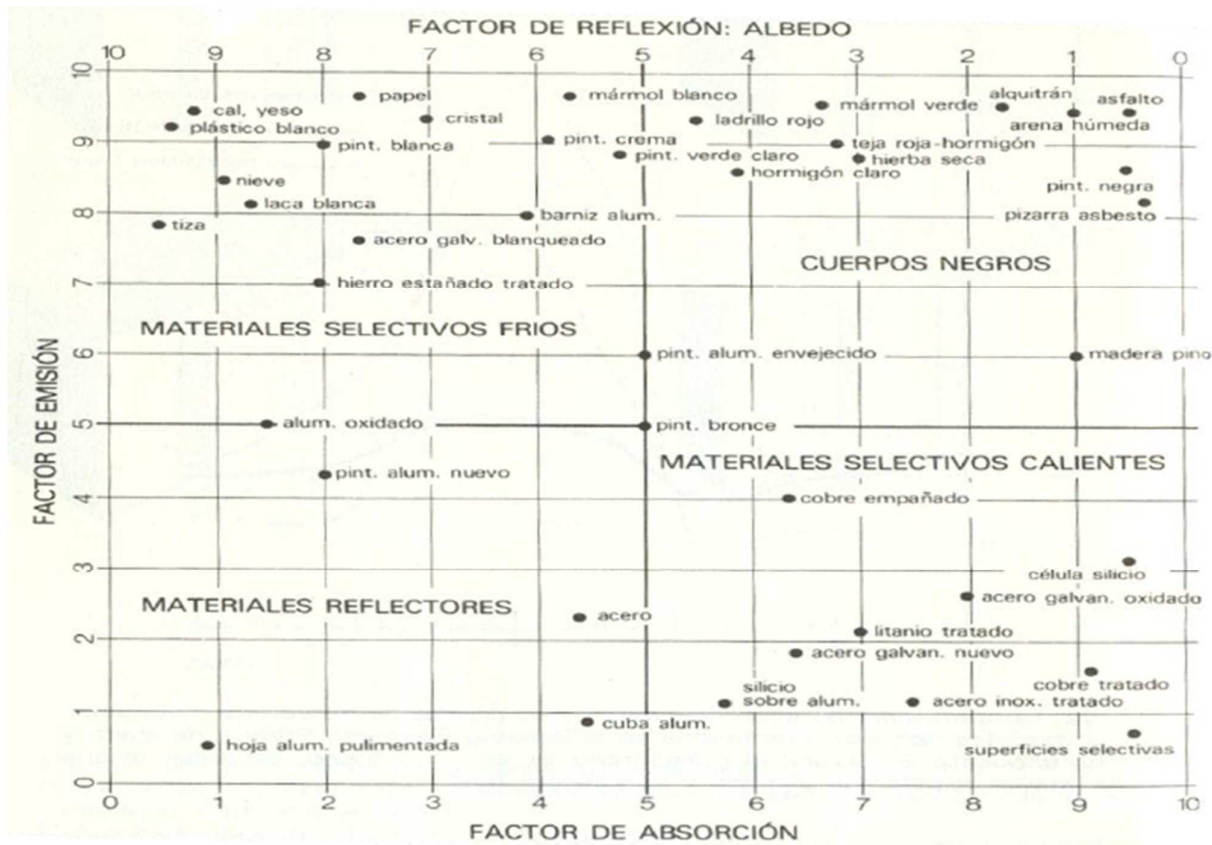
Mediante la Ecuación 1 se procede a calcular las temperaturas superficiales de los patrones, en conjunto con lo antes hablado.

Tabla 7: Índice de Reflectividad Solar de superficies patrones.

PATRONES	$\hat{\alpha}$	ϵ	Ts (°C)	SRI (%)
NEGRO (Tb)	0,05	0,90	88	0
BLANCO (Tw)	0,80	0,90	37	100

(Jean-Louis, 1980), propone trasladar los valores de los factores de absorción a la radiación solar y los factores de emisión a las radiaciones de gran longitud de onda de los principales materiales y de algunos cueros naturales o elaborados, con el fin de subdividir la categoría de cuerpo negro y cuerpo blanco o reflector en cuerpo selectivo frio y cuerpo selectivo caliente respectivamente, con lo que tenemos la siguiente gráfica.

Gráfico 3: Propiedades Radiativas de los Principales Materiales.


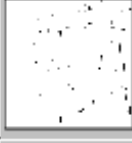

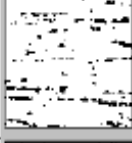

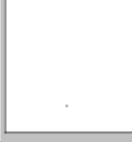


Fuente: Laboratorio J.I. Yellot. (Jean-Louis, 1980)

Si bien la correcta selección de materiales para la construcción en cuanto a la cantidad de radiación (calor) que absorban o refracten dichos materiales, es

de gran importancia para lograr generar un confort térmico para los habitantes dentro de la edificación, debemos tener presente que la parte de la edificación que va a estar en su totalidad de tiempo trabajando para la absorber o refractar calor, será la fachada de dicha edificación, por lo que es de principal importancia en diseño y construcción, considerando para la misma una composición, textura y color adecuado.

Tabla 8: Clasificación de Revestimientos, según su composición, textura y color.

REVESTIMIENTOS VERTICALES				
COMPOSICION	TEXTURA	TERMINACION	COLOR	
ACRÍLICA (SIP)		Rulato Travertino	Fino (rf)	Blanco
			Grueso (rg)	Marfil Piedra Paris
		Llaneado	Fino (lf)	Ocre
			Grueso (lg)	Terracota Gris Perla
		Granitex	Medio (gm)	Verde Hormigón
				Gris Plomo
CEMENTICIA (CW)		Texturable	Rulato (tr)	Blanco
			Travertino (tt)	Marfil Piedra Paris
		Salpicrate	Salpic (ss)	Ocre
			Planchado (sp)	Terracota Gris Perla
		Granitex	Medio (gm)	Verde Hormigón
				Gris Plomo

Fuente: (Alchapar, Correa, & Cantón, 2012)

Mediante la aplicación de la Ecuación 3 se obtienen los índices de reflectividad solar (SRI), por sus siglas en inglés, para los tipos de revestimientos más empleados en nuestro medio.



Tabla 9: Tipos de Revestimientos comúnmente empleados.

REV. ACRÍLICO							REV. CEMENTICIO						
Cod.	Denom.	Color	ã	ε	T _s (°C)	SRI (%)	Cod.	Denom.	Color	ã	ε	T _s (°C)	SRI (%)
SIP01	Rulato Trav. Fino (rf)	Blanco	0.86	0.85	39	97	CW41	Texturable Rulato (tr)	Blanco	0.85	0.90	38	98
SIP02	Rulato Trav. Fino (rf)	Marfil	0.90	0.90	35	100	CW42	Texturable Rulato (tr)	Marfil	0.78	0.85	44	88
SIP03	Rulato Trav. Fino (rf)	Piedra Paris	0.81	0.88	41	92	CW43	Texturable Rulato (tr)	Piedra Paris	0.72	0.80	49	77
SIP04	Rulato Trav. Fino (rf)	Ocre	0.51	0.95	59	57	CW44	Texturable Rulato (tr)	Ocre	0.55	0.85	59	58
SIP05	Rulato Trav. Fino (rf)	Terracota	0.45	0.95	63	50	CW45	Texturable Rulato (tr)	Terracota	0.53	0.93	59	58
SIP06	Rulato Trav. Fino (rf)	Gris Perla	0.60	0.85	56	64	CW46	Texturable Rulato (tr)	Gris Perla	0.64	0.82	54	68
SIP07	Rulato Trav. Fino (rf)	Verde Hormigón	0.44	0.95	63	49	CW47	Texturable Rulato (tr)	Verde Hormigón	0.47	0.95	62	52
SIP08	Rulato Trav. Fino (rf)	Gris Plomo	0.34	0.95	69	37	CW48	Texturable Rulato (tr)	Gris Plomo	0.37	0.95	67	41
SIP09	Rulato Trav. Grueso (rg)	Blanco	0.79	0.85	43	89	CW49	Texturable Travertino (tt)	Blanco	0.57	0.85	58	60
SIP10	Rulato Trav. Grueso (rg)	Marfil	0.86	0.90	38	99	CW50	Texturable Travertino (tt)	Marfil	0.77	0.85	45	86
SIP11	Rulato Trav. Grueso (rg)	Piedra Paris	0.82	0.90	40	94	CW51	Texturable Travertino (tt)	Piedra Paris	0.71	0.90	48	79
SIP12	Rulato Trav. Grueso (rg)	Ocre	0.47	0.95	62	52	CW52	Texturable Travertino (tt)	Ocre	0.63	0.90	53	69
SIP13	Rulato Trav. Grueso (rg)	Terracota	0.35	0.94	69	38	CW53	Texturable Travertino (tt)	Terracota	0.48	0.95	61	53
SIP14	Rulato Trav. Grueso (rg)	Gris Perla	0.51	0.95	60	56	CW54	Texturable Travertino (tt)	Gris Perla	0.70	0.90	49	78
SIP15	Rulato Trav. Grueso (rg)	Verde Hormigón	0.42	0.95	65	46	CW55	Texturable Travertino (tt)	Verde Hormigón	0.54	0.90	59	58
SIP16	Rulato Trav. Grueso (rg)	Gris Plomo	0.34	0.95	69	38	CW56	Texturable Travertino (tt)	Gris Plomo	0.50	0.90	61	54
SIP17	Llaneado Fino (lf)	Blanco	0.82	0.80	42	91	CW57	Salpicrate Salpicado (ss)	Blanco	0.81	0.85	42	91
SIP18	Llaneado Fino (lf)	Marfil	0.53	0.85	60	55	CW58	Salpicrate Salpicado (ss)	Marfil	0.80	0.90	42	91
SIP19	Llaneado Fino (lf)	Piedra Paris	0.90	0.90	35	100	CW59	Salpicrate Salpicado (ss)	Piedra Paris	0.68	0.90	50	76
SIP20	Llaneado Fino (lf)	Ocre	0.83	0.90	40	95	CW60	Salpicrate Salpicado (ss)	Ocre	0.58	0.95	55	65
SIP21	Llaneado Fino (lf)	Terracota	0.43	0.95	64	48	CW61	Salpicrate Salpicado (ss)	Terracota	0.60	0.90	55	66
SIP22	Llaneado Fino (lf)	Gris Perla	0.77	0.90	44	87	CW62	Salpicrate Salpicado (ss)	Gris Perla	0.72	0.85	48	79
SIP23	Llaneado Fino (lf)	Verde Hormigón	0.41	0.95	65	45	CW63	Salpicrate Salpicado (ss)	Verde Hormigón	0.52	0.90	60	56
SIP24	Llaneado Fino (lf)	Gris Plomo	0.26	0.95	74	29	CW64	Salpicrate Salpicado (ss)	Gris Plomo	0.39	0.90	68	41
SIP25	Llaneado Grueso (lg)	Blanco	0.83	0.85	40	94	CW65	Salpicrate Planchado (sp)	Blanco	0.84	0.80	40	94



SIP26	Llaneado Gruoso (lg)	Marfil	0.75	0.85	46	83	CW66	Salpicrate Planchado (sp)	Marfil	0.75	0.85	46	83
SIP27	Llaneado Gruoso (lg)	Piedra Paris	0.58	0.85	57	62	CW67	Salpicrate Planchado (sp)	Piedra Paris	0.63	0.85	54	68
SIP28	Llaneado Gruoso (lg)	Ocre	0.74	0.90	46	83	CW68	Salpicrate Planchado (sp)	Ocre	0.52	0.95	59	58
SIP29	Llaneado Gruoso (lg)	Terracota	0.50	0.95	60	56	CW69	Salpicrate Planchado (sp)	Terracota	0.48	0.95	61	54
SIP30	Llaneado Gruoso (lg)	Gris Perla	0.74	0.90	46	83	CW70	Salpicrate Planchado (sp)	Gris Perla	0.67	0.85	51	73
SIP31	Llaneado Gruoso (lg)	Verde Hormigón	0.36	0.95	68	39	CW71	Salpicrate Planchado (sp)	Verde Hormigón	0.50	0.90	61	54
SIP32	Llaneado Gruoso (lg)	Gris Plomo	0.30	0.95	72	33	CW72	Salpicrate Planchado (sp)	Gris Plomo	0.36	0.95	68	40
SIP33	Granitex Medio (gm)	Blanco	0.86	0.85	39	98	CW73	Granitex Medio (gm)	Blanco	0.82	0.85	41	92
SIP34	Granitex Medio (gm)	Marfil	0.77	0.85	45	86	CW74	Granitex Medio (gm)	Marfil	0.77	0.85	45	85
SIP35	Granitex Medio (gm)	Piedra Paris	0.67	0.85	51	73	CW75	Granitex Medio (gm)	Piedra Paris	0.73	0.90	47	82
SIP36	Granitex Medio (gm)	Ocre	0.72	0.90	47	81	CW76	Granitex Medio (gm)	Ocre	0.53	0.90	59	57
SIP37	Granitex Medio (gm)	Terracota	0.44	0.95	63	49	CW77	Granitex Medio (gm)	Terracota	0.53	0.90	59	57
SIP38	Granitex Medio (gm)	Gris Perla	0.50	0.92	61	54	CW78	Granitex Medio (gm)	Gris Perla	0.72	0.80	48	78
SIP39	Granitex Medio (gm)	Verde Hormigón	0.39	0.95	66	43	CW79	Granitex Medio (gm)	Verde Hormigón	0.49	0.90	61	53
SIP40	Granitex Medio (gm)	Gris Plomo	0.32	0.95	70	35	CW80	Granitex Medio (gm)	Gris Plomo	0.71	0.95	47	80

Fuente: (Alchapar, Correa, & Cantón, 2012)

La tabla anterior describe el nivel de SRI de cada revestimiento para la composición acrílica y cementica respectivamente, donde el uso de estas en construcción dependerá de su facilidad de implementación y de la asequibilidad de la misma.



3.2. Envoltente Térmica

Considerando la fachada de un edificio como la envoltura de este, compuesta principalmente de muros, ventanas y tejas, a esta coraza protectora se la denomina como Envoltente Térmica, siendo de gran importancia, ya que a través de esta ocurren todos los fenómenos que se derivan de los procesos climáticos. (Brown, 1994)

3.2.1. Flujo de calor a través de la Envoltente

Es la estimación del flujo de calor que genera una contribución ya sea de calentamiento o enfriamiento a través de la envoltente, esto se debe a la magnitud de la diferencia entre las temperaturas inferior y exterior de la edificación, el área de la envoltente, así como también a las características de los materiales a emplearse, en cuanto a su resistencia al flujo de calor.

Los principales factores a considerar serán los vistos en los incisos 3.1.1.1 y 3.1.1.2 (conductancia y resistencia térmica), que se consideran para definir el aislamiento térmico.

La envoltente de una edificación presenta diferentes niveles de aislamiento térmico, pudiendo ser: Muy bien aislada, bien aislada, aislada o pobremente aislada. En la siguiente tabla podemos observar los valores de conductancia y resistencia calórica establecidos, para determinar los niveles de aislamiento que presenta una envoltente.



Tabla 10: Niveles de Aislamiento para envolvente. En $BTU/hr \cdot ft^2 \cdot ^\circ F$ y En $h \cdot ra \cdot ^\circ F \cdot ft^2 / BTU$ respectivamente

<u>Nivel</u>	<u>Conductancia (U)</u>	<u>Resistencia (R)</u>
Muy Bien Aislada	0,02 a 0,07	14 a 50
Bien Aislada	0,07 a 0,11	9 a 14
Aislada	0,11 a 0,17	6 a 9
Pobremente Aislada	0,17 o mas	Menos de 6

Fuente: "Conservation and Solar Guidelines" (Brown, 1994)

Si consideramos una edificación en una zona cálida, la cual se enfría de manera pasiva, el aislante solar será de mayor importancia para reducir la ganancia de calor solar que para reducir las cargas por temperatura a través de la envolvente, por lo tanto, para dicha edificación se deberá tener en cuenta que en verano hay una mayor carga solar; por lo que el techo deberá presentar una muy buena aislación, mientras que los muros pueden estar medianamente aislados.

En climas fríos es importante considerar el nivel de aislamiento que se emplee, pues tendrá un papel fundamental para lograr mantener la superficie de los muros caliente.

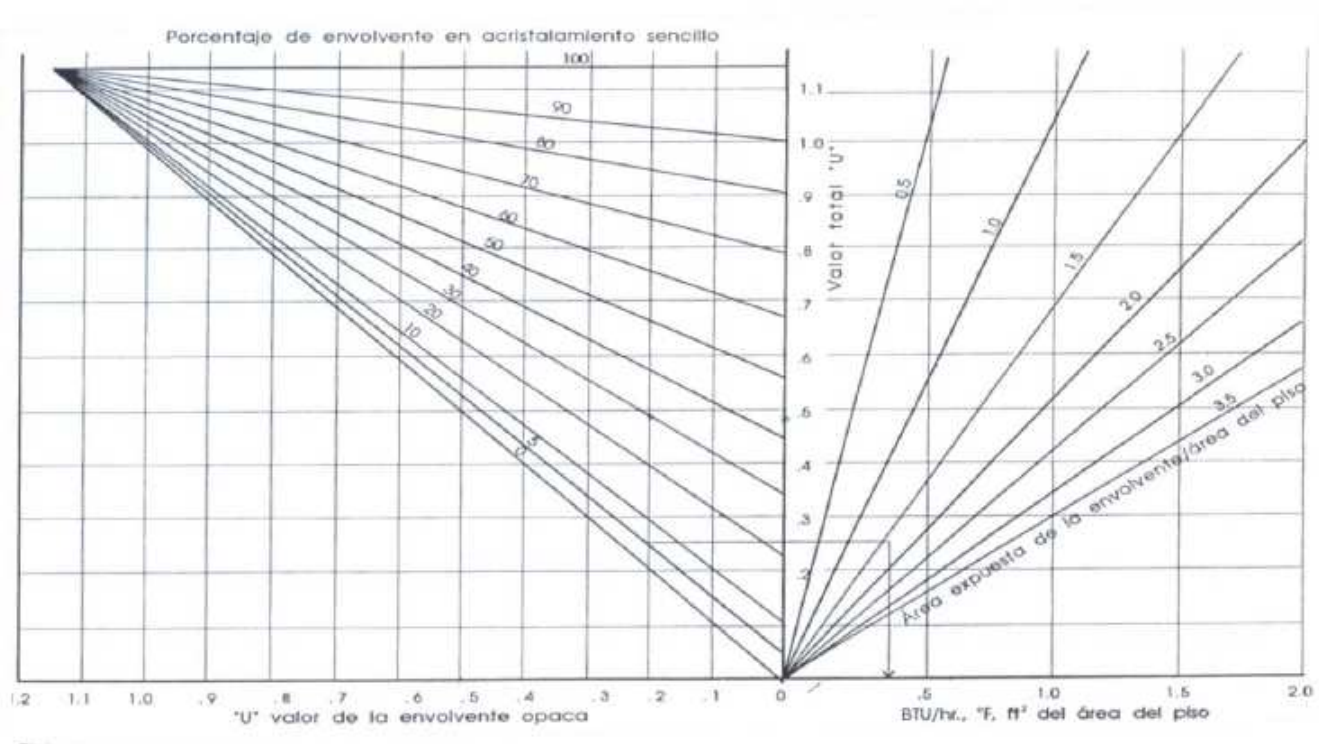
En una edificación, más calor fluye por área construida con ventanas que por muros solamente, por lo cual es necesario atender al porcentaje de ventanales en el edificio y el techo (Vintimilla, 2008).

Brown (Brown, 1994) presenta el siguiente método gráfico de flujo de calor para determinar el valor de U de una envolvente combinada de aislamiento y de vidrio sencillo, por pie cuadrado de superficie.

Donde, se localiza en el eje horizontal del lado izquierdo de la gráfica, el promedio del área medida del valor U de la envolvente opaca (muros), luego se sube verticalmente hasta la intersección con la línea diagonal que indica el porcentaje de vidrio en la envolvente, se prosigue a mover se horizontalmente hacia la derecha para encontrar en el eje vertical el valor de U general para el ventanal y muro opaco, se continua horizontalmente a la derecha para

interceptar la diagonal que corresponda al área expuesta de la envolvente (superficie en estudio), finalmente se baja verticalmente hasta el eje horizontal derecho determinando así el flujo de calor a través de la envolvente en BTU por hora y por pie cuadrado.

Grafico 4: Flujo de la envolvente por pie cuadrado de área de piso.



Fuente: Estrategias para el diseño arquitectónico. (Brown, 1994)

En el caso de trabajar con ventanas de doble lamina de cristal, se podrá emplear la gráfica anterior suponiendo un porcentaje de ventana igual a la mitad del área del ventanal existente (Vintimilla, 2008).



3.2.2. Ganancia de calor solar a través de la envolvente

La evaluación de la ganancia de calor solar a través de la envolvente, comprende las aportaciones del sol a los requerimientos de calentamiento y enfriamiento en las edificaciones. La radiación solar transmitida está en función de la disponibilidad de la misma (depende de la latitud, mes, hora y orientación), el área, y características de la envolvente expuesta; la ganancia de calor se da a través de las superficies opacas (muros) y las partes acristaladas (ventanas), dicha ganancia a través de superficies opacas es generalmente pequeña comparada con la ganancia a través de las partes acristaladas, el cual puede ser mayor al 85% de la radiación incidente.

Los datos de radiación en días despejados, los mismos que dependen de la latitud, mes, hora y orientación, se utilizan para predecir las ganancias de calor a través de la envolvente para el “día más crítico” en una situación de enfriamiento; las condiciones promedio se pueden aproximar, ajustando los datos de días despejados, como el porcentaje de luz solar para los meses que se enlistan en el sumario anual local de datos climatológico. Por ejemplo, si la radiación en un día despejado para su latitud es de 300 BTU/hra_{ft²}, y el porcentaje de luz solar disponible para su localidad es de 60%, se multiplica 300 BTU por 60% para encontrar el porcentaje de radiación de 180 BTU/hra_{ft²}, real. (Brown, 1994)

La radiación solar que incide sobre los ventanales puede reducirse mediante diferentes coeficientes de sombreado, que corresponden a diferentes dispositivos internos o externos en la construcción. A continuación, se enlistan algunos coeficientes de sombreado básicos para estimar ganancias de calor mediante el método grafico planteado por (Brown, 1994).

Tabla 11: Coeficientes de sombreado para ventanales.

VIDRIO	
Claro	0,71 - 0,87
teñido	0,45 - 0,74
Absorbente de calor	0,34 - 0,83

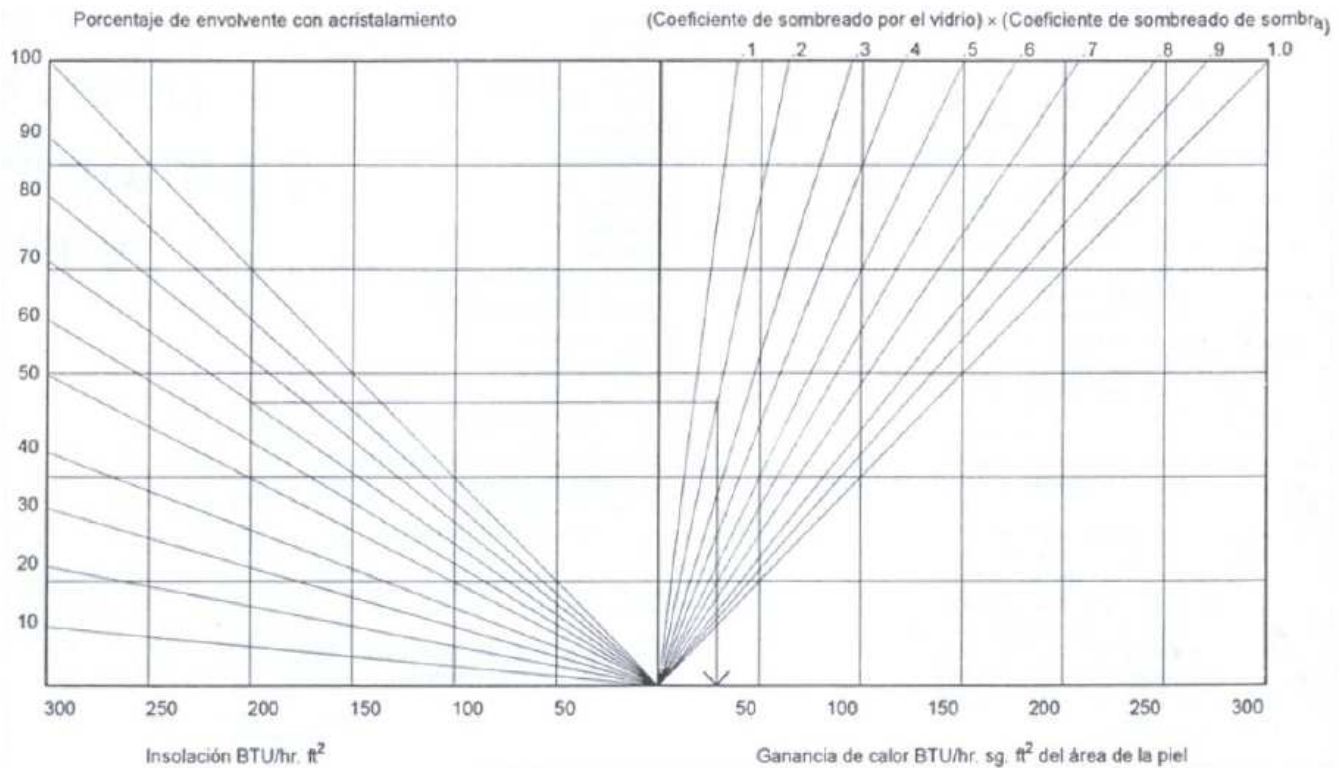


Sombreados interiores	
Cortinas venecianas	0,45 - 0,55
Cortinas	0,40 - 0,60
Sombreadores externos	
Difusores	0,10
Voladizo Horizontal	0,2 - 0,5
Aleros Verticales	0,10 - 0,30
Toldos	0,15

Fuente: (Brown, 1994)

Según (Brown, 1994), para determinar la ganancia de calor solar a través de una parte de la envolvente, se selecciona el dato de radiación solar para la orientación indicada, inclinación, hora, latitud y mes; éste dato se localiza en el eje horizontal de la gráfica 5, y luego con una línea vertical se interseca con la línea diagonal que corresponda al porcentaje de ventanal, ya sea en el techo o en las paredes; enseguida se mueve horizontalmente hasta intersecar la línea diagonal que corresponde al producto de los coeficientes de sombreado para el ventanal y los dispositivos de sombreado; entonces se baja al eje horizontal derecho para leer la ganancia de calor a través de la envolvente por pie cuadrado (estos valores no incluyen la ganancia a través de la sección opaca de la envolvente). Luego esta ganancia calorífica se multiplica por el área de envolvente para determinar la ganancia de calor solar de la superficie entera. Este procedimiento se completa para cada superficie, en la misma fecha y hora; luego se suma esas ganancias de calor solar y se divide esta suma por la cantidad de superficie de la construcción, para determinar la ganancia de calor solar por pie cuadrado por área de piso para un mes, día y hora en particular.

Grafico 5: *Ganancia de calor para una parte de la envolvente.*



Fuente: Estrategias para el diseño arquitectónico. (Brown, 1994)

3.3. Muros y Vidrios

3.3.1 Muros

Como lo hemos explicado anteriormente, desde el punto de vista térmico, los muros o superficies opacas tienen la función de aislar el inmueble, almacenar calor, y en general proteger del clima exterior, siempre y cuando su superficie total no sea muy pequeña comparada con el total del edificio. (Vintimilla, 2008)

Todos los materiales poseen cierta capacidad térmica para ofrecer resistencia al paso del calor; sin embargo, los materiales estructurales no son lo bastante aislantes para garantizar una climatización económica de un edificio. El aislamiento térmico de la envoltura cumplirá su misión desde el instante en que la temperatura exterior se sitúa fuera de la zona de confort, o, dicho de otro modo, desde que sea necesario climatizar el espacio interior, el efecto resultante de dicha climatización dependerá de la posición y tipo de aislante en el muro.



Igualmente, la transferencia de calor que exista en las distintas partes de la envoltura del edificio se subordina no sólo a los materiales en uso, sino a la exposición al sol, al viento y al contacto con el suelo.

Los materiales usuales de construcción tienen una resistencia del orden de 1 a 2 kJ/kg_°C, por lo que habrá que contar con masas considerables para acumular calor; el ladrillo y el concreto son de los más utilizados para este fin, este efecto depende del valor aislante de los materiales a emplearse (conductividad térmica de los mismo), que es la forma más eficaz de reducir y amortiguar las variaciones de las temperaturas exteriores.

Existen varios tipos de aislantes que se dividen en dos categorías: los aislantes pegados que están formados por una placa de aislante duro pegado a la pared y los aislantes aireados que son aislantes dispuestos a distancia de la pared, determinando así un vacío de aire estático o ventilado que son más efectivos que los pegados.

Tabla 12: Conductividad térmica para aislamiento de algunos materiales de construcción

<u>MATERIAL</u>	<u>CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/m °C)</u>
Aire	0.026
Agua	0.58
Arena seca	0.33
Asfalto	0.58
Acero	50
Aluminio	200
Concreto ordinario	0.95 - 1.20
Mortero cemento	0.52
Mampostería de aglomerado hueco 15cm.	0.58
Concreto agregados ligeros	0.12 - 0.22
Concreto expandido	0.23 - 0.47
Concreto celular	0.57
Muro de ladrillos llenos	0.60
Muro de ladrillos vacíos de 15 cm.	0.43
Madera	0.09 - 0.15
Fibra de madera	0.03 - 0.15
Lana mineral	0.04
Fieltro bituminoso	0.10



Lámina de asbesto cemento	0,36
Poliestireno expandido	.33
Plomo	340
Yeso	0.28
Fibra de vidrio (manta)	0.42

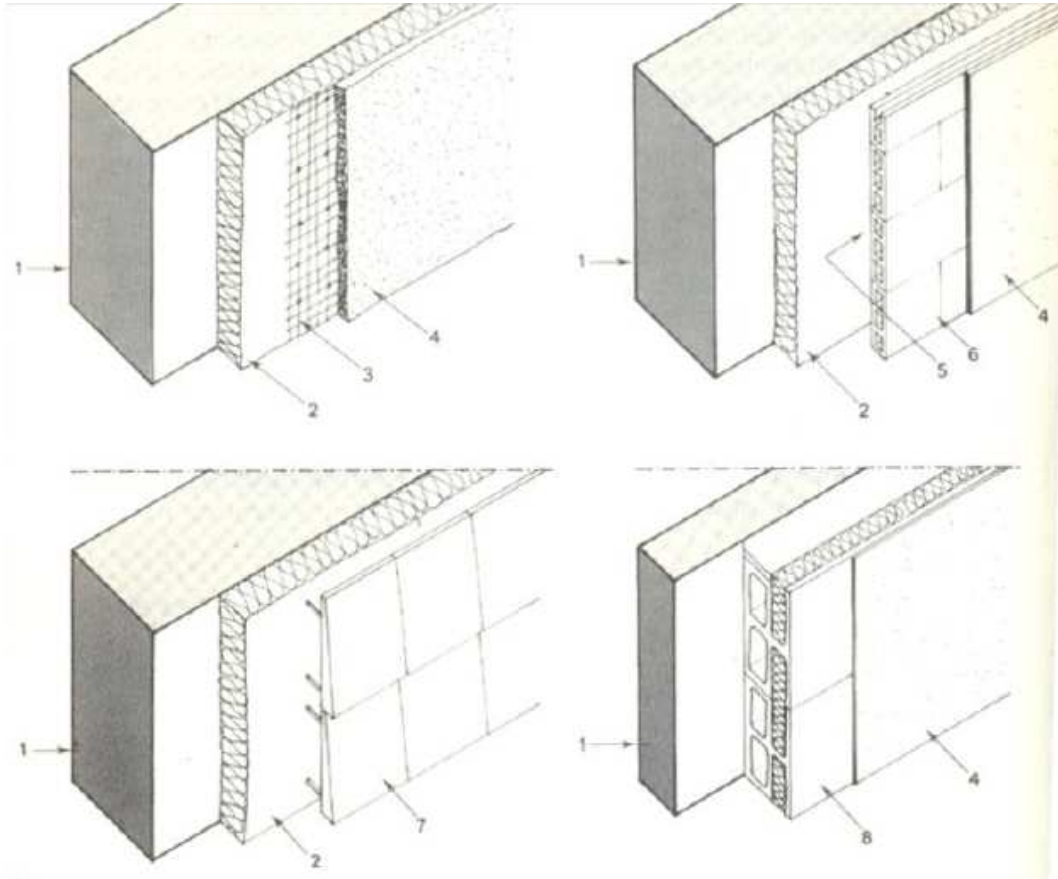
Fuentes: (Camous & Watson, 1983), (Jean-Louis, 1980) y (Leon, 1997)

Las características más importantes, por no decir las únicas, que se deben tener en cuenta al considerar la construcción de una pared o superficie son la resistencia térmica y su capacidad calorífica. El calentamiento será tanto más considerable en cuanto que las paredes internas posean una gran resistencia térmica, y a la inversa; serán tanto más débiles cuando dichas paredes presente una gran capacidad calorífica. Esto se explica por el hecho de que cuando la radiación es absorbida por la superficie de una pared aislante, el calor resultante de la absorción no puede disiparse en el espesor de la pared por conducción, por lo tanto el único camino térmico que le queda es la convección, lo cual provoca un calentamiento del aire ambiente; en cambio, cuando la absorción se produce en la superficie de una pared de gran capacidad calorífica, una parte del calor puede emigrar por conducción a través de la pared y el calentamiento por convección es menor. (Olivares, 1999)

Con respecto a la ubicación del aislante, la variación de la temperatura interior es mucho menor cuando la capa aislante se encuentra más hacia el exterior que al interior de una pared, dado que evita que el material de soporte se caliente.

(Jean-Louis, 1980), propone diferentes tipos de aislamientos exteriores, los cuales se esquematizan de forma general mediante la siguiente figura:

Figura 8: Diferentes tipos de aislamientos exteriores



Fuente: (Jean-Louis, 1980)

En la figura superior, el muro (1) puede ir recubierto por el exterior del aislamiento (2) seguido de un enrejado metálico (3) y de un enlucido proyectado (4). Un contra tabique puede servir para dejar un vacío de aire (5). Elementos de fachada prefabricados (7) pueden ser enganchados al muro (1) sobre el cual no se ha colocado el aislamiento.

La segunda gran función de los muros, es la capacidad de almacenar calor para pasarlo al interior de la edificación luego de un tiempo, esta cantidad de calor almacenada por la estructura de los edificios y sobre todo por los muros-colectores, depende del calor específico de los materiales utilizados, del espesor del muro y del calentamiento que sufre por la incidencia solar. A continuación, se presenta una tabla con materiales utilizados en la construcción de muros



colectores de calor, y una aproximación de su desfase en tiempo para conducir el calor.

Tabla 13: Valores de desfase de elementos más usados en la construcción, de acuerdo a su espesor y calor de masa.

MATERIAL	ESPESOR (cm)	RETRAZO EN HORAS (DESFASAJE)	CALOR DE LA MASA (W_h/m ³ °C)
Concreto solido	10	2,5	483
Concreto sólido	30	7,8	483
Piedra	20	5,5	315
Piedra	60	15,5	315
Ladrillo común	20	5,5	342
Ladrillo común	30	8,5	342
Ladrillo Hueco	30	4	228
Madera	5	1,3	232
Marmol	30	6,6	
Panel aislante	5	0,77	72
Panel aislante	10	2,7	72
Panel aislante	15	5	72
Ladrillo hueco, espuma de poliestireno 5 cm, panel de yeso 12 mm	15	4	
Muro con cámara sin aislar, doble pared	25	8	

Fuente: (Jean-Louis, 1980) , (Olgyay, 1964)

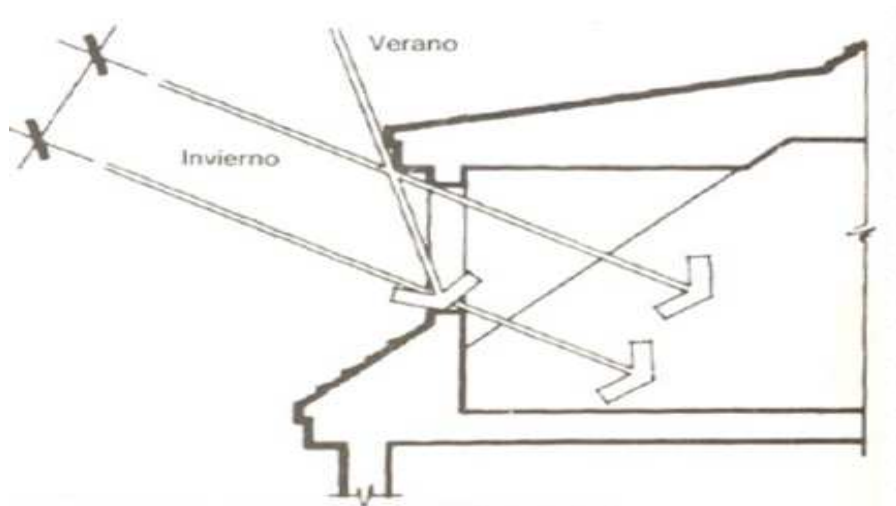
3.3.2 Vidrios

Intentar establecer una comparación entre un muro macizo y un ventanal, en cuanto a la transmisión de calor se refiere, resulta completamente desequilibrada ya que hablamos de una superficie opaca y otra transparente, pero resulta más realista compararlos cuando ambos actúan como barreras de calor; un ejemplo a groso modo, el vidrio resulta 30 veces más vulnerable a los efectos solares que una pared opaca. Técnicamente se puede tratar como un muro en lo que a transferencias de calor se refiere, donde la variante estaría en conocer la forma en la que el vidrio conduce el calor, es decir conocer su coeficiente de conductancia (U), para determinar cuál es el régimen de las

pérdidas y tener una idea del ahorro energético que se puede obtener (Vintimilla, 2008).

Con la intención de controlar el sobrecalentamiento que estas superficies acristaladas puedan experimentar en verano, se debe prever la existencia de aleros cuyo diseño responda a esta finalidad (Figura 9). Su superficie óptima se supedita a los tamaños relativos de las estancias, el aislamiento de la envoltura, a la capacidad de almacenamiento térmico de los materiales y al clima de la zona. Por citar un ejemplo, para latitudes nórdicas, una casa de estructura ligera con buen aislamiento ($m^2 \cdot ^\circ C/W$: 6.5 para cubierta, 5.5 para muros y 3.5 para el suelo) y provista de vidrio triple, tendrá unas superficies óptimas de acristalamiento a mediodía entre el 7 y 10% de la superficie en planta, mejorando hasta en un 30% las necesidades de calefacción, incrementándose más aún todavía si se utiliza un sistema de aislamiento nocturno en las ventanas. (Camous & Watson, 1983)

Figura 9: Protección en verano e invierno para una ventana vertical



Fuente: (Camous & Watson, 1983)



La figura anterior, representa el diseño de una ventana que se espera aproveche la incidencia solar (captación) tanto en verano como en invierno. La cantidad de energía que atraviesa una ventana depende de:

- La exposición de la ventana determina la duración de penetración solar, pero también la distribución diurna y anual de la energía incidente.
- El tipo de acristalamiento. Influye sobre la cantidad de energía recibida transmitida al interior a través de la proporción de la radiación incidente reflejada y que depende del ángulo de incidencia.
- Protecciones y parasoles. Con vistas a una captación solar de invierno y de la protección solar en verano.

Mientras más sencilla sea la vidriera, menor será la resistencia térmica que posea, ocasionando pérdidas sobre todo durante la noche cuando las temperaturas exteriores bajan. La mejor solución que resta a este fenómeno es la protección térmica exterior en forma de cierres como contraventanas, persianas; o la protección interior que interceptan las pérdidas radiativas. (Jean-Louis, 1980)

Los vidrios de color reducen su transmisión de radiación mediante el fenómeno de absorción en cuyo caso el cristal sube de temperatura de tal manera que no es de extrañarse que supere hasta en 20 °C la ambiental, convirtiéndose en fuente de calor, afectando de esta manera el confort térmico en alto grado. El coeficiente de aislamiento de un cristal depende de la resistencia térmica del acristalamiento, del número de éstos y de espacios de aire o gas que se originen entre ellos, y de la constitución del marco.



Tabla 14: Características térmicas generales para acristalamientos verticales.

Tipo de acristalamiento	Conductancia térmica (W/m ² °C)	Resistencia térmica (m ² °C/W)
Vidrio simple 6mm	6,84	0,15
Vidrio doble 3mm con cámara de aire 4.5mm	3,72	0,27
Vidrio doble 3mm con cámara de aire 12mm	2,95	0,34
Vidrio triple 3mm con cámara de aire 6mm	2,34	0,43
Vidrio simple acrílico 6mm	5,8	0,17
Vidrio doble acrílico 6mm con cámara de aire 6mm	2,6	0,39

Fuente: (González R. V., 1992)

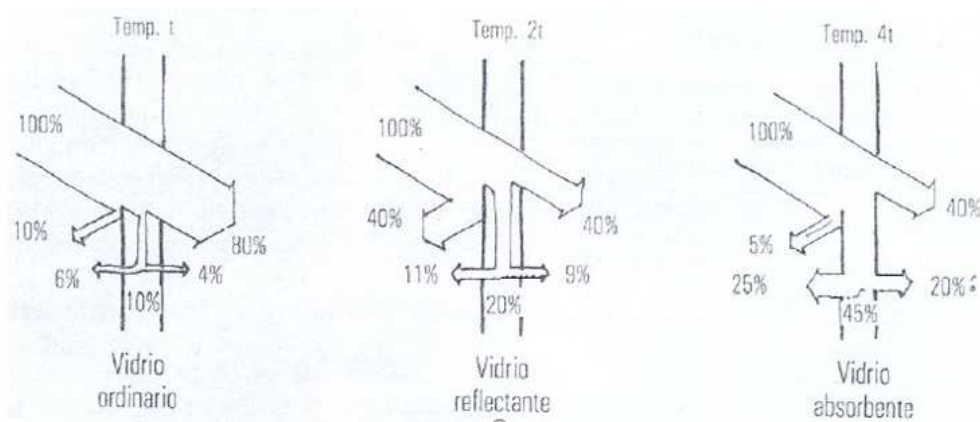
“El factor solar de un vidrio se compone de la parte de energía que atraviesa el acristalamiento y del calor que el vidrio irradia al interior. Actualmente y con los avances tecnológicos se ofrecen varios tipos de vidrios que brindan una mayor ayuda para lograr un control térmico, siendo estos vidrios reflectantes, que irradian una buena cantidad de energía, y otros que la absorben (coloreados especialmente); su uso depende de las condiciones que se requieran lograr en el interior de la construcción, para lo cual se debe considerar además que entran en juego características de acceso de luz y ruido. Existen muchos tipos de vidrio y de combinaciones de los mismos que pueden cambiar en gran medida el acceso de estos factores que llegan a causar problemas graves, entre los cuales se puede mencionar los de tipo resinado y templado. Las reducciones energéticas pueden ser sorprendentes, pero también su costo, por lo que es conveniente realizar un estudio a largo plazo para comprobar si la inversión vale la pena.” (González V. , 1992)

Tabla 16: Características naturales del vidrio, según su recubrimiento.

%	Color del recubrimiento			
	Plata	Claro	Esmeralda	Bronce
Trasmisión luminosa	64	47	54	24
Reflexión energética exterior	25 - 23	26 - 19	23 - 12	27 - 10
Absorción energética	23 - 25	19 - 26	12 - 23	10 - 27
Absorción energética del vidrio exterior de doble acristalamiento	11 - 13	23 - 30	44 - 55	43 - 60
Coefficiente de trasmisión térmica	5,7	5,7	5,7	5,7

Fuente: VITRUM Ecuador

Figura 10: Comportamiento radiante del vidrio ordinario y los especiales.



Fuente: (González R. V., 1992)

En la actualidad, los proveedores en el amplio mercado de los vidrios, catalogan los mismos por su Coeficiente de ganancia solar (CGS) o Factor Solar (FS) que es la fracción de la radiación solar que incide a través del vidrio. De aquí se derivan múltiples tipos de vidrios, que se utilizarán según los requerimientos del edificio, como lo muestra la siguiente tabla.

Tabla 17: Comparativo de algunos tipos de vidrios.

Tipo de Vidrio	Composición	Espesor mm	Color	% Transmisión Visible	% Transmisión UV	Coefficiente de Sombreado	Coefficiente Ganancia Calorífica
Monolítico	Monolítico-recocido	3	Claro	89	60	1	0.85
Monolítico	Monolítico-recocido	6	Claro	87	51	0.93	0.8
Monolítico	Monolítico-recocido	6	Verde				
Monolítico	Monolítico-recocido	6	Gris	51	20	0.67	0.58
Monolítico	reflectivo-bronce	6	Bronce	11	2	0.29	0.25
Doble	claro 6mm+aire 13 mm+ claro 6mm	25	Claro	76		0.81	0.69
Doble	gris 6mm + aire 13 mm + claro 6mm	25	Gris	11	2	0.53	0.45
Laminado	claro 6mm + pvb 0.76mm + claro 6mm	6.76	Claro	88	1	0.92	0.94
Laminado	claro 6mm + pvb 0.76mm café + claro 6mm	6.76	Café medio	28	1	0.59	0.62
Laminado Alto Desempeño	claro 6mm +PVB/PET .8 mm + claro 6mm	6.8	Claro	72	0.02	0.48	0.41
Laminado Alto Desempeño	claro 6mm +PVB/PET .8 mm + claro 6mm	6.8	Café medio	53	0.02	0.41	0.35
Laminado Alto Desemp. + Doble	claro 3mm +PVB/PET .8 mm + claro 3mm+ aire 13 mm + claro 6mm	25	Claro	64	0	0.39	0.33

Fuente: Dupont Glass Laminating Products

3.4. Orientación y Forma óptimas para las edificaciones

El problema de la orientación en las edificaciones es un aspecto fundamental al momento de concebir un edificio climáticamente consistente, para lo que se considera detalles referentes a la cantidad de radiación solar recibida y se genera una idea de cuáles son las orientaciones convenientes según la latitud y orientación del sitio; donde también se deberá abordar el tema de la forma óptima que, conjugado con la orientación, es un factor también relevante para el empleo de estrategias del diseño bioclimático.

3.4.1 Orientación

Con arreglo a las distintas posiciones que el sol tiene en verano y en invierno es posible sustraer la envoltura de un edificio del sol de verano sin que por ello no reciba el de invierno. La aspiración a tener sombra en verano no entra en conflicto con la posibilidad de un calentamiento solar en invierno. Se puede prever la orientación del edificio para alcanzar la máxima exposición al sol de

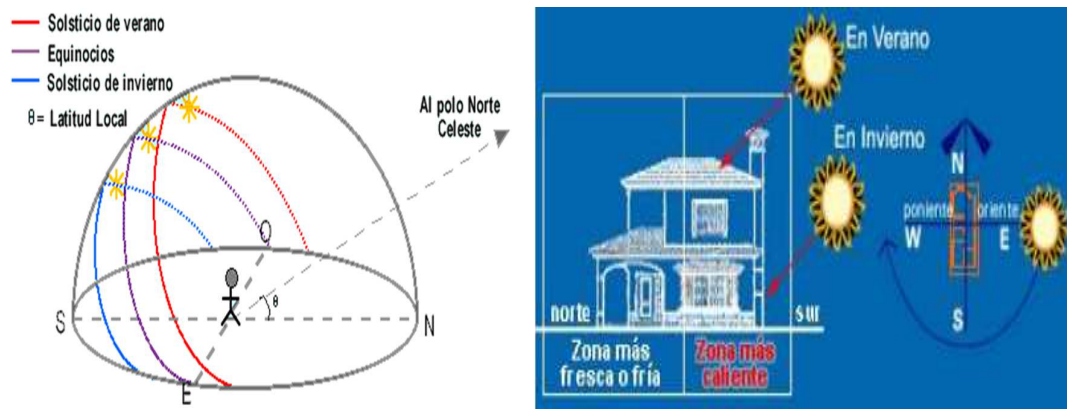
invierno; habitualmente los muros de los edificios levantados en climas fríos poseen un buen aislamiento, teniendo suma importancia la localización y tamaño de las ventanas que captan la radiación. Para latitudes medias del hemisferio norte, la trayectoria del sol de invierno es más baja y corta que la del sol de verano, entonces la solución correcta sería orientar al sur la fachada principal del edificio y situar en ella las superficies acristaladas de mayores dimensiones, más favorable aún será girar ligeramente dicha fachada hacia el este (no más de 15°). (Vintimilla, 2008).

Para determinar la orientación óptima de diseño de una edificación (Olgyay, 1964) propone orientar de acuerdo a la máxima exposición de sol en épocas frías, donde la máxima exposición solar tanto en verano como en invierno se da durante los solsticios, es decir la época del año que considera la altura máxima del sol.

Para el Ecuador, el solsticio de verano ocurre generalmente entre mediados de junio, donde el sol sale a los 23° Norte del Este, alcanzando la altitud máxima a los 65° . Se pone a los 23° Norte del Oeste. Permaneciendo 12 horas en el horizonte.

Mientras que, en el solsticio de invierno, a mediados de diciembre, el sol sale a los 23° Sur del este, alcanzando la altitud máxima a los 68° . Se pone a los 23° sur del Oeste.

Figura 11: Posiciones de máxima exposición del sol.



Fuente: (Fuentes & Rodríguez, 2004)








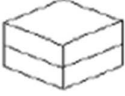
3.4.2 Forma óptima

La forma óptima para una edificación es la que se espera desprenda la menor cantidad posible de calor en invierno y logre captar la mínima cantidad en verano. “Muchas teorías señalan que las edificaciones de forma cuadrada poseen las mejores características puesto que logran albergar un mayor volumen con el menor perímetro de exposición.” (Olgyay, 1964).

La forma del edificio influye sobre el balance global de la iluminación energética del sol, sobre el coeficiente de pérdida térmica y sobre el movimiento de flujos de aire en los accesos del edificio. Las cubiertas, por ejemplo, son las partes de la envoltura que intercambian mayor cantidad de energía, siendo los períodos extremos los días de verano y las noches claras de invierno; por lo tanto, es importante no aumentar la relación superficie horizontal exterior/superficie habitable. (Jean-Louis, 1980) y (Olgyay, 1964).

(Camous & Watson, 1983), plantean, “Reducir las superficies de los muros exteriores y de la cubierta, reduciendo la relación entre la superficie externa y volumen: Superficie/volumen (RSV). Las pérdidas térmicas de un edificio son proporcionales a la superficie de su envoltura, en consecuencia, cuanto más compacto sea un edificio (RSV baja), menor será la pérdida de calor. Considerando, por ejemplo, una estructura cúbica si puede albergar tres niveles, tendrá tres veces más espacio habitable que si tuviera un solo nivel. La relación superficie de envolvente/superficie de forjado (RSSF) importa una valoración más idónea que las plantas de un edificio; igualmente mayor eficacia posee la planta en estudio, mientras el valor de RSSF es más bajo.”

Tabla 18: Valores de RSV y RSSF para varias formas de edificaciones de igual volumen.

	Caso 1	Volumen total: 900m ³ Superficie envolvente: 460m ² RSV = 0.511 m ² /m ³ Superficie de forjado: 100m ² cada nivel, Total= 300m ² RSSF = 1.53
	Caso 2	Volumen total: 900m ³ Superficie envolvente: 508m ² RSV = 0.564 m ² /m ³ Superficie de forjado: 300m ² RSSF = 1.69
	Caso 3	Volumen total: 900m ³ Superficie de envolvente: 441m ² RSV 0.49 m ² /m ³ Superficie de forjado: 125 m ² cada nivel, Total= 250m ² RSFF = 1.76
	Caso 4	Volumen total: 900m ³ Superficie de envolvente: 358m ² RSV = 0.398 m ² /m ³ Superficie de forjado: Nivel 1: 179m ² Nivel 2: 150m ² , Total= 329 m ² RSSF = 1.09
	Caso 5	Volumen total: 900m ³ Superficie de envolvente: 410m ² RSV = 0.456 m ² /m ³ Superficie de forjado: 150m ² cada nivel, Total 300m ² RSFF= 1.37
	Caso 6	Volumen total: 900m ³ Superficie de envolvente: 444m ² RSV = 0.493 m ² /m ³ Superficie de forjado: 150m ² cada nivel, Total = 300m ² RSSF = 1.48

Fuente: (Camous & Watson, 1983)

Se puede observar en la tabla anterior, que las plantas cuadradas tienen menores valores de RSV, pero no de RSSF.

Las RSV pueden reducirse buscando formas geométricas compactas. Las RSSF se hallarán dividiendo las formas compactas conforme a criterios de mejor eficiencia desde el punto de vista del uso, mirando de evitar alturas libres demasiado elevadas.

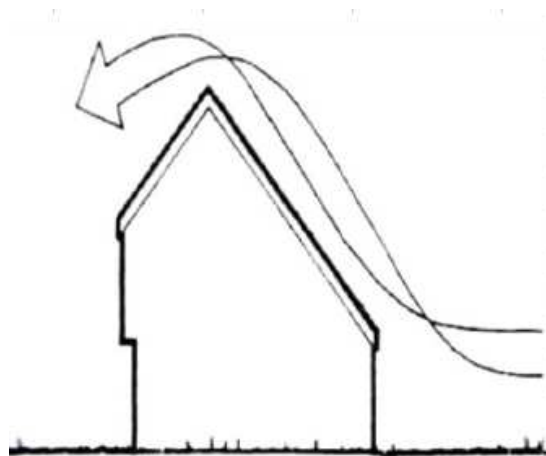
3.4.2.1 Orientación Y Forma De Un Edificio De Acuerdo Al Viento

“La adaptación a la orientación de los vientos no constituye un aspecto relevante en edificios de poca altura, pero en construcciones altas, donde el terreno circundante tiene muy poco efecto en las plantas superiores, deberá

tomarse en cuenta la orientación de la construcción en relación al viento.”
(Vintimilla, 2008).

- a) Para climas Fríos:** los vientos invernales incrementan las pérdidas de calor de un edificio al actuar sobre el aire que se infiltra; donde para reducir el efecto del viento es necesario orientar la edificación de tal forma que reduzca la presión creada por el viento en las caras opuestas de la envoltura. Para lo cual será necesario que el edificio presente una mínima de fachada para los vientos dominantes, y de ser posible, ubicar las puertas y ventanas en las partes menos expuestas, por presentar aperturas a las infiltraciones de aire. Se requiere conocer la dirección e incidencia más dominante de los vientos en la región. Donde, normalmente en la construcción tradicional, se requiere disminuir la exposición al viento aprovechando las pendientes de cubierta y su orientación o bien integrando la envoltura en el terreno con objeto de que la superficie expuesta sea mínima.

Figura 12: Fachada de exposición al viento en pendiente que permite su circulación



Fuente: (Camous & Watson, 1983)

Figura 13: Talud que entierra la fachada, guiando al viento por la cubierta.



Fuente: (Camous & Watson, 1983)

b) Para climas Cálidos: Aquí la estrategia es la opuesta para cuando se quiere evitar los vientos fríos, es decir, orientar la fachada de mayor longitud perpendicularmente a la dirección dominante de los vientos. Si no existe dirección dominante del viento, se preverá la posibilidad de una ventilación natural, prefiriéndose aquí las plantas cuadradas con ventanas repartidas en todas las fachadas, caso contrario, la envoltura puede concebirse y orientar para captar y conducir el flujo de aire hacia el interior del edificio.

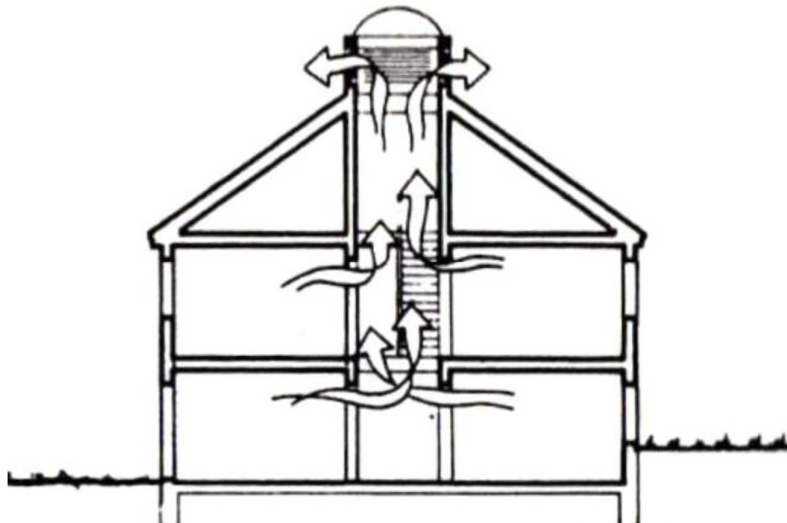
La orientación es muy importante para climas cálidos, cuando se usa una herramienta muy eficaz para extraer el aire caliente dentro de un edificio, que son estancias abiertas que captan este aire que se eleva debido al efecto gravitacional sobre la diferencia de peso, creando el “efecto chimenea”; aquí por ejemplo funcionan muy bien las escaleras centrales, en donde el hueco de la escalera cumple el cometido de conducto vertical de ventilación, que puede ser asistida por un ventilador mecánico que extrae ese aire caliente. Para su aplicación hay cuatro reglas esenciales: (Camous & Watson, 1983).

- 1) La salida estará lo más elevada posible respecto al interior.
- 2) La geometría del dispositivo de salida debe ofrecer la mínima resistencia al aire.

- 3) Localizar la abertura en una zona de presión negativa causada por el propio edificio.
- 4) Utilización de la forma de la cubierta y del dispositivo de extracción de aire para crear la succión.

La siguiente figura representa de forma esquemática del efecto chimenea y de un sistema interno de ventilación.

Figura 14: Esquema del efecto chimenea en un edificio.



Fuente: (Camous & Watson, 1983)



3.5. Control Solar

En el diseño de edificios, los muros combinan la función de soporte con la de la protección y transmisión de luz y de calor, como se estudió en el apartado 3.2 y 3.3 que tratan de la ganancia de calor por radiación solar a través de la envolvente, y se refirió a la ganancia calorífica en función de la superficie de acristalamiento y su protección, es decir sus coeficientes de sombreado de diversos tipos (tabla 14 y 15), el objetivo de esta protección consiste en evaluar los métodos de protección que proporcionan los elementos interno y externos que producen sombra. Obviamente estos dispositivos sombreadores serán más utilizados para proteger superficies acristaladas que muros y paredes, y su función es interceptar los rayos solares indeseables en diferentes épocas del año, según sea los requerimientos de la zona.

(Vintimilla, 2008), afirma que “para comparar la protección solar efectiva de los diferentes métodos, se ha utilizado como unidad el “coeficiente de sombra”, que es el índice de la ganancia total de calor procedente de la energía transmitida, absorbida y nuevamente radiada por una combinación de sombra y cristal, comparada con la ganancia total de calor procedente de la energía transmitida, absorbida y nuevamente radiada por una ventana de cristal sencilla y expuesta al sol.”

3.5.1. Disposición de la protección

Una protección interior, puede eliminar sólo la porción de energía radiante que puede reflejarse y pasar a través del vidrio nuevamente, la otra parte es absorbida, y por convección o irradiación, dirigida al interior de la habitación. Los elementos externos de protección, en cambio, transmiten al aire exterior su porción de energía por convección e irradiación, siendo estos últimos los más efectivos hasta en un 35% en un mismo dispositivo. (Atenuéz, 2014)

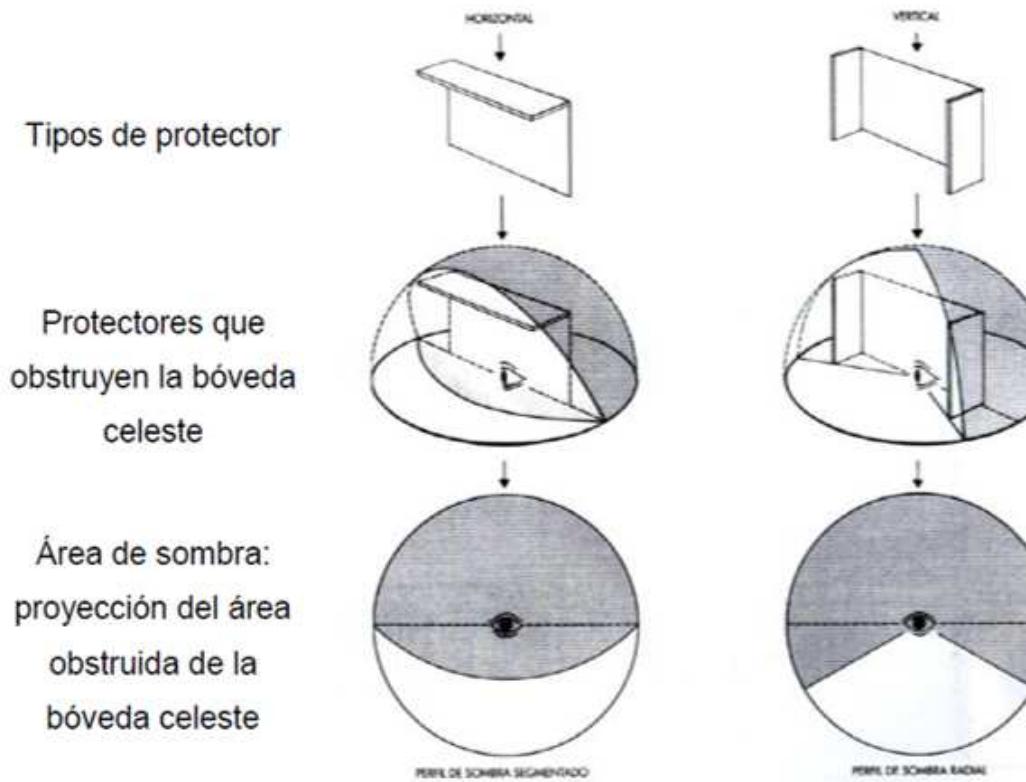
Figura 15: Dispositivos sombreadores externo (parasoles) e internos en el cristal mismo.



Fuente: Ziggurat Architects (Arquitectos, s.f.)

También se tienen los dispositivos sombreadores fijos, es decir, que son propios de la edificación, hecho con materiales de construcción, tales como muros cortina, parasoles de concreto o ladrillo, balcones, paneles modulares macizos, entre otros; los mismos que se tienen que elegir según los diagramas de recorrido solar (ver anexo 2 e inciso II.2), para obtener sus dimensiones, y también para ver en qué horarios se requiere sombra, si el 100% del día o a determinadas horas; el defecto que poseen estos elementos fijos, es justamente que son fijos, consolidados, y no cambiarán nunca su posición; a este tipo de sombreadores se puede añadir la existencia de los dispositivos móviles, correctamente calculados, y que se pueden ser manipulados desde el interior del edificio; pueden ser básicamente lamas horizontales o verticales, dependiendo de la estética y la cantidad de luz solar que se desee que penetre a la edificación.

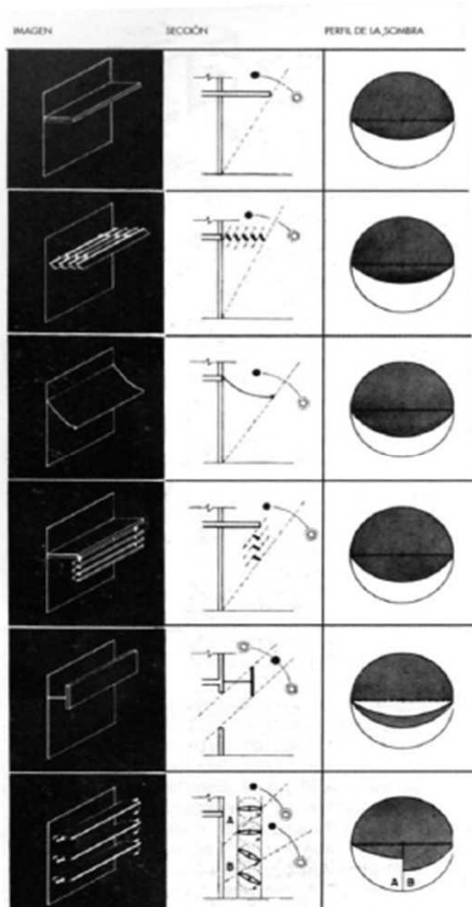
Figura 16: Tipos básicos de protectores solares y su proyección de sombra.



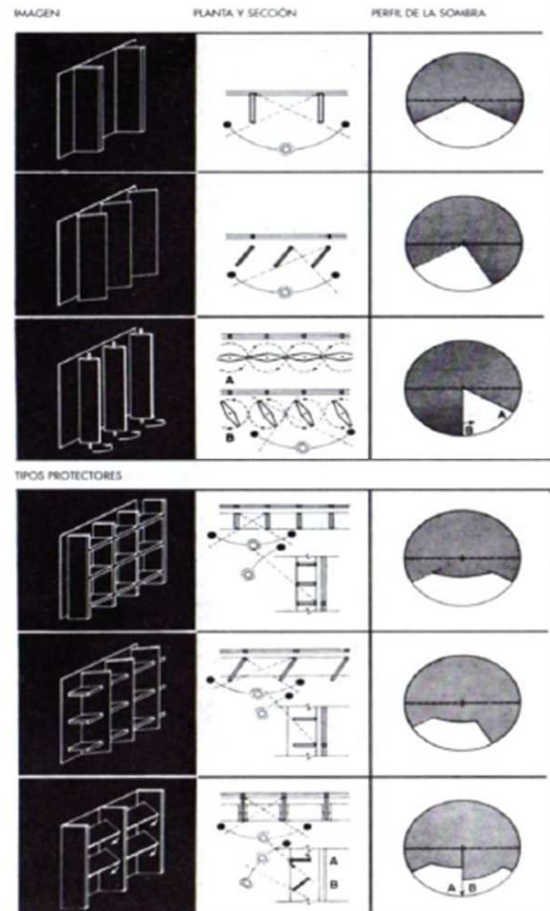
Fuente: (Olgay, 1964)

Figura 17: Diversos tipos de dispositivos sombreadores, tanto fijos como móviles.

Tipos Horizontales



Tipos Verticales



Fuente: (Olgay, 1964)

3.6 Nueva Tecnología

3.6.1 La Nano Tecnología

De acuerdo al Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española (RAE) define a la nanotecnología como la Tecnología de los materiales y de las estructuras en la que el orden de magnitud se mide en nanómetros, con aplicación a la física, la química y la biología”, es decir, las propiedades y la manipulación de la materia a una escala nano métrica, generalmente comprendida entre 0,1-100 nm (1 nm=10⁻⁹). Su estudio se centra en el comportamiento y la manipulación de los átomos, de las moléculas y de las



macro-moléculas que manifiestan diferentes propiedades a la de los materiales de mayores dimensiones.

3.6.2 Aplicación de la nanotecnología a la industria de la construcción

La fabricación de nuevos materiales aplicados al campo de la construcción, se traduce en materiales más resistentes y dúctiles como por ejemplo el acero actual que se emplea en la construcción, mejorando sus propiedades resistentes a temperaturas más altas y aportando una mayor resistencia a la corrosión. Los materiales cementicios (hormigones, morteros) presentarán una mayor resistencia a la fisuración, compresión y a tracción así como una mayor durabilidad; podrán ser también más impermeables, ligeros y durables con un mayor poder aislante y una mayor resistencia al fuego, cuya producción se espera sea más ecológica y eficiente fabricados con un menor consumo de energía y una menor emisión de gases como el CO₂ pudiendo también eliminar elementos contaminantes existentes en la atmósfera, como el monóxido de carbono y los óxidos de nitrógeno, entre otros. (Cornejo, 2015).

“Los nanomateriales de construcción serán “inteligentes” con la capacidad de medir su estado de fisuración, su estado tensional y la deformación producida a lo largo de su vida útil” (Cornejo, 2015). Esperando que abaraten a largo plazo notablemente los costes de construcción y de explotación de las infraestructuras, estructuras y superestructuras. Su utilización incrementará también el nivel de seguridad de las construcciones, mejorando también su estética y confort, con un ahorro de energía muy notable, que contribuirá a alcanzar un desarrollo sostenido de la actividad humana.

3.6.2.1 El nano hormigón



“Nano hormigón es un hormigón hecho con partículas de cemento Portland que son menores de 500 nm como un agente de cementación” (Mamani, 2017).

El hormigón tradicional se puede convertir en un Nano-Hormigón por los siguientes procedimientos:

1. Adición de Nano partículas al cemento:

- **Nano Sílice (*n. SiO₂*)**

Los beneficios esperados son el refuerzo de la resistencia mecánica (en concreto); Refrigerante, transmisión de luz y resistencia al fuego (en cerámica); Ignífugo y anti reflectante (en ventanas). (Berger, 2005).

La fabricación de nano-recubrimientos de dióxido de silicio se realiza mediante el proceso conocido como sol-gel, una técnica de polimerización inorgánica donde una solución coloidal es sometida a diversos cambios químicos y físicos respectivamente. (Campos, 2014).

Que en materiales de construcción con propiedades antiadherentes ofrece una amplia gama de soluciones: Desde recubrimientos contra la humedad para materiales absorbentes como ladrillos y concretos, hasta recubrimientos contra la humedad, las grasas y la suciedad, ideales para la protección de baños y cocinas. Los recubrimientos nano estructurados conservan algunas propiedades de la superficie sin tratar como lo es, por ejemplo, su respetabilidad. La alteración de la humedad deja de ser un problema en materiales tan delicados como el ladrillo debido a su capilaridad (Campos, 2014).

Otras propiedades incluyen:

- Mejora la trabajabilidad adicionando un súper plastificante.
- Hormigón más impermeable.



- Mayor resistencia a la disolución del carbonato calcio.
- Incremento de la resistencia a compresión hasta el 26%, a 28 días.
- Incremento de la resistencia a flexión.
- Incremento de la velocidad de fraguado.

- **Nano Óxido de Titanio ($n. TiO_2$)**

Los beneficios esperados son hidratación rápida, mayor grado de hidratación, y auto-limpieza (en concreto); súper hidrofilia, anti-empañamiento y resistencia al ensuciamiento (en ventanas); generación de electricidad no de utilidad, propia (en celdas solares). (Berger, 2005).

Incluyendo propiedades como:

- Capacidad de auto-limpieza
- Capacidad de eliminar agentes contaminantes en el medio ambiente como: NOx, CO2 (Fotocatálisis), en fachadas, pavimentos de carreteras
- Acelera la hidratación a edad temprana del cemento

- **Nano Óxido Férrico ($n. Fe_2O_3$)**

Los beneficios esperados son una mayor resistencia a la compresión y resistencia a la abrasión en el hormigón. (Berger, 2005).

- **Nano Óxido de Aluminio (Alúmina) ($n. Al_2O_3$)**

Los beneficios esperados son soldabilidad, resistencia a la corrosión y confortabilidad en el acero. Nanopartículas de plata: los beneficios esperados son actividad biácida en recubrimientos y pinturas. (Berger, 2005).



2. Reducción de las partículas de cemento a nano polvo de cemento:

Existen dos procedimientos para reducción de partículas:

- Conminución de alta energía del clinker de cemento Portland (top-Down)
- Síntesis química (bottom-up)

Reduciendo las partículas de cemento a un tamaño <500 nanómetros, logrando un producto nanotecnológico mediante los procesos mencionado, para controlar los nano poros existentes y el emplazamiento de los productos de(C-S-H) gel.

3. Hibridación del Silicato Calcio Hidratado (C-S-H).

El proceso de hibridación modifica la estructura del silicato cálcico hidratado (C-S-H) del cemento por dos procesos diferentes:

- Insertando nano moléculas orgánicas en la estructura del (C-S-H) gel.
- Insertando “nano moléculas invitadas” para establecer enlaces covalentes con la estructura del (C-S-H) gel.
- Insertando “nano moléculas invitadas” en los lugares de la cadena del (C-S-H) gel, en los puntos que tengan defectos y en los espacios entre capas. (EcuRed, 2017)

4. Incorporación de Nano Refuerzos: Nanotubos y Nano Fibras.

Los hormigones Nanotecnológicos se fabrican también incorporando nanotubos o nano fibras de carbono “(CNTS, CNFS). Estos nanomateriales, por sus extraordinarias propiedades mecánicas, también electrónicas y químicas, pueden incrementar las propiedades mecánicas de los materiales cementicos, como el módulo de Young, por el elevado módulo de los nano tubos de carbono (1,0 TPa) y la resistencia a tracción;



además, pueden conferir a los materiales cementicos otras importantes propiedades, como: servir de escudo de campos electromagnéticos la capacidad de convertirlos en materiales “inteligentes”, pudiendo realizar un auto chequeo, en tiempo real, de su estado de fisuración, de su estado tensional y de su deformación durante su vida útil” (EcuRed, 2017). Los nanomateriales tienen la capacidad de incrementar muy notablemente las propiedades de los materiales cementicos, por su elevada superficie específica (hasta $600\text{m}^2/\text{g}$) y por su elevado índice de esbeltez (>1000), con la potencialidad de eliminar, prácticamente, la fisuración autógena que se produce en los hormigones y morteros durante el proceso de endurecimiento, distribuyendo las tensiones generadas por toda la masa de la matriz cementica. (Mamani, 2017)

- **Nanotubos de carbono:**

Los beneficios esperados son durabilidad mecánica y prevención de grietas (en cemento); Propiedades mecánicas y térmicas mejoradas (en cerámica); Monitoreo estructural en tiempo real de la salud (NEMS / MEMS); Y mediación electrónica efectiva (en células solares). (Berger, 2005).

Los nanotubos de carbono (CNTs) están constituidos por redes hexagonales de carbono curvadas y cerradas, formando tubos de carbono nanométricos con una serie de propiedades fascinantes que fundamentan el interés que han despertado en numerosas aplicaciones tecnológicas. Son sistemas ligeros, huecos y porosos que tienen alta resistencia mecánica, y, por tanto, interesantes para el reforzamiento estructural de materiales y formación de compuestos de bajo peso, alta resistencia a la tracción y enorme elasticidad. (Portal de Ciencia, s.f.).

3.6.2.2 Ejemplos de Nano Hormigones empleados en las construcciones actuales



Desde el punto de vista del diseño bioclimático y ambiental, existen dos tipos de hormigones que cada vez adquieren mayor importancia en el medio de la construcción, estos son:

a) THORO STUCCO THERMO

THORO Stucco Thermo es un mortero cementicio desarrollado a partir de la aplicación de nanotecnología inteligente, que permite disipar el calor, reduciendo significativamente la temperatura interior de cualquier habitación hasta 7 °C en comparación con acabados convencionales, incrementando drásticamente el nivel de confort y reduciendo el consumo de energía eléctrica utilizado en sistemas de aire acondicionado. (BASF The Chemical Company , 2013).

Composición:

- Cemento, Portland.
- Derivados químicos, cuarzo (SiO₂)
- Tetra hidróxido de calcio y magnesio
- Octadecane
- Aluminum Silica

Aplicaciones del producto:

- Aplicaciones en muros y plafones interiores.
- Como capa de acabado en casa habitación, hoteles, edificios residenciales y comerciales.
- Sobre superficies de concreto, ladrillo, block de concreto y morteros cementicos.
- Superficies verticales y sobre cabeza.

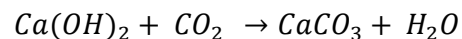
Beneficios:



- Importante reducción de temperatura.
- Ahorros importantes en consumo de energía eléctrica para sistemas de aire acondicionado.
- Puede utilizarse en muros y plafones.
- Fácil de aplicar.
- Bajo costo de mantenimiento.

b) **GEOSILEX**

El GeoSilex, es un material que capta de dióxido de carbono gracias a que se fabrica a partir de residuos industriales generados en la fabricación del acetileno, purificados y optimizados, cuyo gasto energético e impacto medioambiental ha sido en gran parte amortizado en la fase productiva del residuo por el producto principal (acetileno). Además, tiene una elevada capacidad de captación del CO₂ al estar compuesto básicamente por hidróxido de calcio inestable optimizado en condiciones para captar el CO₂ que posteriormente transformara en carbonato de calcio según la siguiente reacción (GeoSilex®):



Aplicaciones:

- Logra un pavimento de baja huella de carbono, sustituyendo el 50% del cemento por GeoSilex, un material cementante de última generación.
- Dota a las calzadas y aceras de la capacidad de absorber CO₂ contaminante emitido principalmente por fábricas y el tráfico.
- Reduce los costes energéticos y medioambientales de los materiales, recicla residuos de la industria química y dota a los edificios y las calles de una importante actividad depuradora.

Ventajas de la adición de GeoSilex al hormigón:



- Incremento de la plasticidad y trabajabilidad de la pasta fresca.
- Otorga un elevado Ph en la fase portlandita, lo que contribuye a la estabilidad química del cemento a largo plazo, contribuyendo a su durabilidad.
- Los cristales de portlandita ($Ca(OH)_2$) actúan como obstáculo a la propagación de fracturas.
- La elevada capacidad de retención de agua de la cal hidratada favorece un lento secado lo que propicia un mejor fraguado hidráulico.
- El hidróxido de calcio tiene propiedades cementantes ya que al carbonatarse en presencia de CO_2 puede disolverse rellenando fracturas, lo que favorece la estabilidad estructural.

Tipos de GeoSilex:

GeoSilex Pasta: Químicamente, es hidróxido de calcio $Ca(OH)_2$, lechada de cal resultante del tratamiento de optimización y saneamiento de las cales de carburo residuales generadas en el proceso de obtención de gas acetileno. El tamaño de partícula primaria, debido a esta ruta alternativa de obtención, se presenta por debajo de los 100nm (nanómetros) posibilitando una elevada reactividad frente a diferentes gases como el CO_2 , SO_2 y NO_x . (GeoSilex®).

Usos y aplicaciones:

- Pavimentos prefabricados: Adoquines, losetas, baldosas, terrazos
- Pavimentos in situ: Continuos de hormigón, estabilización de suelos.



- Fachadas: Paneles de cerramiento de fachadas o de mejora de la envolvente térmica.
- Morteros para revestimiento de fachada, otros cerramientos o acabados de máxima fineza.
- Barandas de separación y pantallas acústicas para carreteras.
- Paneles o enlucido en el interior de túneles en carreteras.

Ventajas técnicas:

- Aditivo en morteros y hormigones: dadas sus características higroscópicas, elevada plasticidad y retención de agua es un aditivo óptimo para materiales base cemento contribuyendo a que éstos adquieran óptimas propiedades plásticas y de anclaje en estado fresco sobre los materiales de soporte (GeoSilex, 2013).
- Neutraliza la alta absorción de agua de los ladrillos, penetra más en los poros y se adapta mejor a las irregularidades superficiales de éstos
- Es ideal para aplicar en morteros de restauración sobre piedra reduciendo o evitando las incompatibilidades químicas del cemento y la piedra (GeoSilex, 2013).
- Aumenta el anclaje de los morteros y hormigones sobre los materiales de soporte. (GeoSilex, 2013).
- Aumenta las propiedades mecánicas a medio y largo plazo.
- Protege por más tiempo a las armaduras metálicas de la corrosión al aumentar la alcalinidad del hormigón y mantenerla durante más tiempo.



- Aumenta la durabilidad de los hormigones.

Ventajas ambientales

- Además de ser un material con propiedades cementantes para uso en arquitectura y obra civil, es compatible con la gran mayoría de elementos de fábrica (piedra, ladrillo, hormigón, etc.) su endurecimiento conlleva la captación de CO_2 .
- 100% “Recuperación de un residuo industrial: Al ser un residuo industrial recuperado y valorizado para hacer posible su uso como material de construcción (optimización y saneamiento de las cales de carburo), disminuye la presión sobre los vertederos, ahorra recursos naturales y evita la emisión de GEI cuando reemplaza materiales de primera producción” (GeoSilex MATRIX, 2013).
- Adsorbente de gases tóxicos y sinergias con TiO_2 , foto catalítica: su función catalizadora propia lo caracteriza como el único compuesto cementante de amplio espectro medioambiental dado su elevado potencial adsorbente y su específica sinergia con el TiO_2 , foto catalítico en la actividad reductora de gases contaminantes tóxicos urbanos .
- Genera una huella de carbono, donde 1kg de GeoSilex pasta fija, absorbe 0,250 kg de CO_2 .



GeoSilex Polvo: Nano-cal en polvo, Cal hidratada, que, mediante reducción de partículas, se obtiene un nano-material que se incorporara en argamasas, morteros y hormigones, obtenido íntegramente a partir de unos residuos industriales.

Usos y aplicaciones:

- Industria de fabricación de materiales de construcción.
- Industria química.
- Agricultura.
- Biosida.
- Protección medioambiental: Tratamiento de fuel gas, aguas, lodos.
- Industrial del papel y pinturas.

Ventajas técnicas:

- Nano-material cementante captador del CO₂ ambiental.
- El hidróxido de calcio es el activador imprescindible de los óxidos de silicio y aluminio para formar los aluminosilicatos cálcicos característicos del cemento fraguado reduciendo así el consumo de Clinker.
- Sustituto parcial del cemento: puede formar parte de la matriz cementante de morteros y hormigones sustituyendo parcialmente al cemento en la mayoría de sus aplicaciones aportando no sólo importantes beneficios medioambientales sino también muchas ventajas funcionales en las prestaciones mecánicas, la manejabilidad y la duración de estos
- Retardador de la carbonatación del hormigón: con un pH 12,5 actúa como un reservorio alcalino que retrasa considerablemente la carbonatación del hormigón. (GeoSilex®).



- Durabilidad. Inhibidor de la corrosión de armaduras metálicas: Al mantener durante mucho más tiempo un pH elevado, la inhibición de la protección antioxidante de los metales de las armaduras por efecto de la carbonatación del hormigón se retrasa considerablemente. La carbonatación es la principal responsable de la corrosión de las armaduras metálicas del hormigón.
- Favorece el anclaje de los morteros de asentamiento de ladrillos, enfoscado de paredes y fijación de mosaicos al retener mejor el agua y mejorar la plasticidad del aglomerado, siendo un material hidrófilo que retiene agua en la fase de fraguado. Este efecto aporta mayor plasticidad a la masa, mejorando su trabajabilidad, impide las grietas formadas por la hidratación acelerada del cemento durante el fraguado y por la excesiva absorción de agua de los materiales de fábrica y permite una mayor penetración en los poros del sustrato. Aporta también un acabado más fino de las superficies.

Ventajas ambientales

Siendo las misma que se presenta GeoSilex en pasta, la única a añadir es:

100% Recuperación de un residuo industrial: Al ser un residuo industrial recuperado y valorizado para hacer posible su uso como material de construcción (optimización y saneamiento de las cales de carburo), disminuye la presión sobre los vertederos, ahorra recursos naturales y evita la emisión de GEI cuando reemplaza materiales de primera producción.



CAPITULO IV

ASPECTOS BASICOS PARA EL DISEÑO DE UNA EDIFICACION

4.1. Introducción:

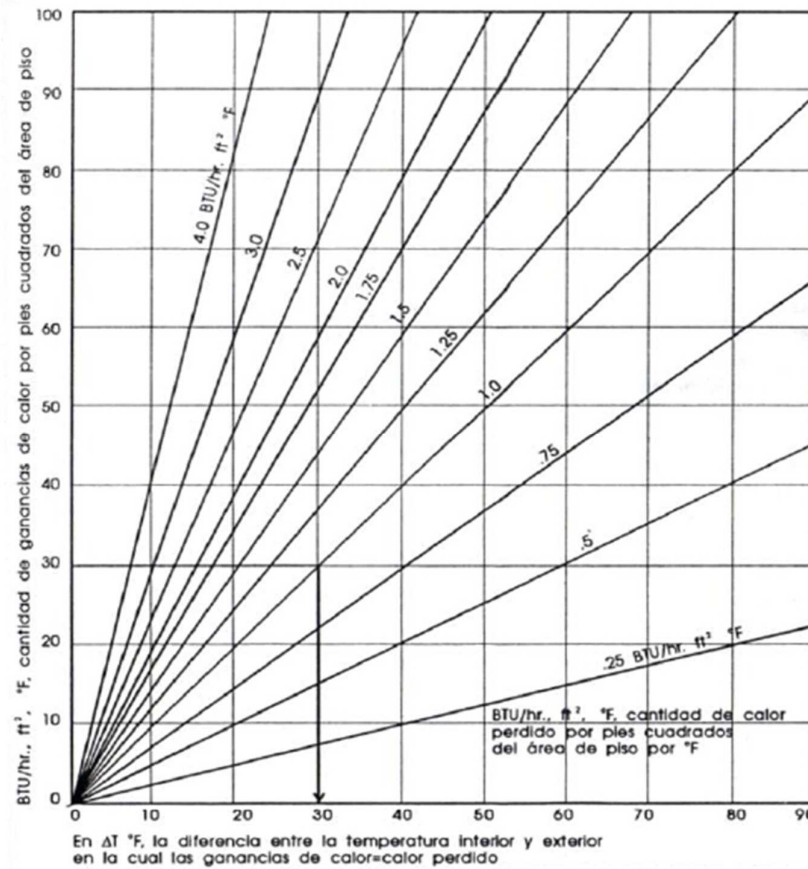
Un buen diseño constructivo, es aquel se espera pueda generar un máximo confort dentro de la edificación, intentando minimizar a largo plazo el posible gasto energético. Para ello aprovecha las condiciones climáticas de su entorno, transformando los elementos climáticos externos en confort interno gracias a un adecuado diseño.

Donde la temperatura exterior en la cual un edificio cambia sus necesidades de calentamiento a requerimientos de enfriamiento puede ser calculada y utilizada para averiguar cuándo se necesita calentamiento o enfriamiento. El “Punto de Balance” para una edificación, se define como la temperatura exterior en la cual el calor generado dentro del edificio equilibra la pérdida de calor en la edificación para mantener la temperatura interior deseada (Brown, 1994).

En el siguiente gráfico se puede localizar el punto de balance, localizando en el eje vertical la cantidad de ganancia de calor en BTU por pie cuadrado de superficie de piso; desde este punto se traza horizontalmente una línea imaginaria hasta intersectar con la diagonal correspondiente que indica el rango de pérdida de calor en BTU por hora por pie cuadrado de superficie de piso, este punto refiéralo verticalmente hasta el eje horizontal, y aquí se puede leer la diferencia (ΔT) de temperatura entre el interior y el exterior. Para determinar la temperatura de diseño exterior, se resta ΔT hallada, de la temperatura interior deseada:

$$\text{Temperatura interior} - \Delta T = \text{Temperatura del punto de balance}$$

Grafica 6: Punto de Balance.



Fuente: (Brown, 1994).

Durante la fase de diseño del edificio es importante contemplar todos los elementos en su conjunto: materiales, estructura, fachadas y revestimientos, así como orientación y condiciones climáticas del lugar donde se edificará.

4.2. Uso y ocupación de la edificación

Las técnicas para el análisis del uso y ocupación de una edificación se dividen en tres aspectos fundamentales: tipo de ocupación, iluminación y equipos. Siendo estas las que presentan mayor aporte del calor en el interior de la edificación, por lo que se les considera un aspecto importante en el diseño, donde se desee reducir los efectos generadores de calor.



4.2.1 Ocupación

La ocupación se refiere a es timar la ganancia calorífica interna generada por las personas, ocupantes de la edificación, es decir, determinar su aportación a los requerimientos de calentamiento y enfriamiento.

La aportación total de calor generado por los ocupantes se determina, multiplicando la ocupación promedio por la cantidad de ganancia calorífica por persona. La “American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers” (ASHRAE), proporciona los siguientes datos de ganancia calorífica de la gente, la cual dependerá de las distintas actividades de las personas que ocupan la edificación.

Tabla 18: Aportación calorífica por los ocupantes de la edificación.

Actividad de la persona	Ganancia de calor (BTU/hora)	Ganancia de calor latente (BTU/hora)
Sentado, descansando, sentado realizando trabajo ligero	225 a 245	105 a 155
Trabajo en oficina moderadamente activo, caminar despacio	250	200 a 250
Trabajo ligero de escritorio, bailar moderadamente	275 a 300	475 a 545
Caminar rápido, trabajo moderadamente pesado	375	625
Trabajo pesado, ejercitarse	580	870

Fuente: ASHRAE

Donde la ASHRAE también determina que para conocer la ganancia calorífica interna de una construcción es necesario considerar el número de personas por cada 100ft² (9.3m²), este número dependerá del uso que se le dé al inmueble.



Tabla 19: Estimación máxima de número de personas por cada 100 ft² (9.3 m²) de área ocupada.

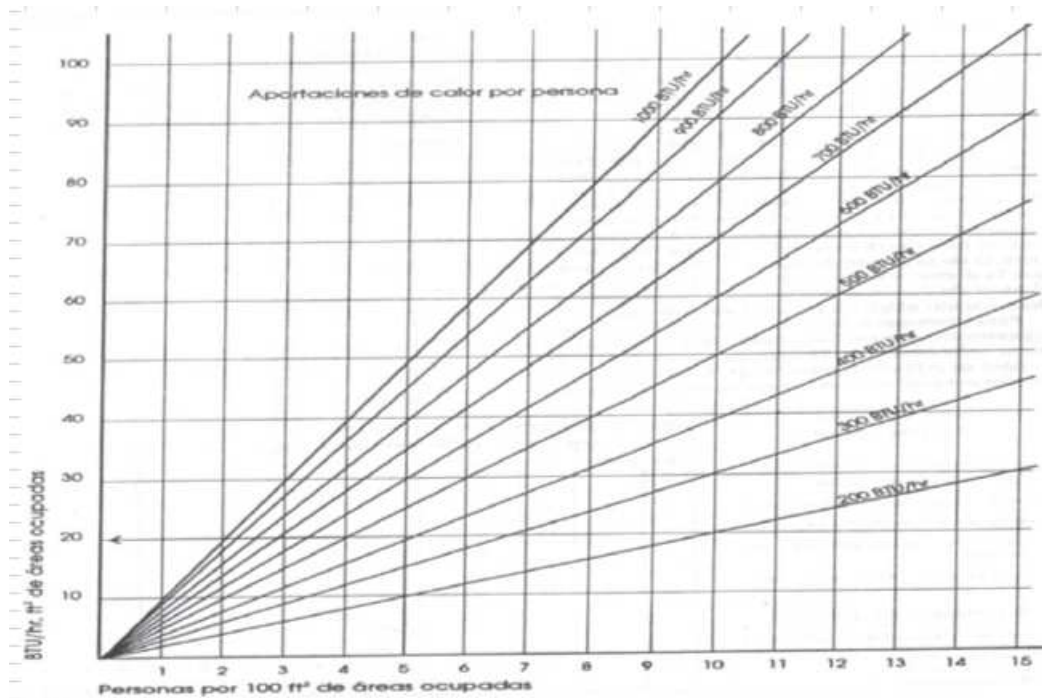
Uso del inmueble	Número de personas por cada 100 ft ² para estimar condiciones extremas
Area de asambleas, uso concentrado, auditorios, iglesias, salas de baile	14
Área de usos menos concentrados, salas de conferencias, comedores, salas de exhibición, gimnasios, salón social.	7
Salones de clase	5
Tiendas de menudeo-sótano	3
Dormitorios, salones de lectura, bibliotecas, vestidores, guarderías	2
Oficinas	1
Hoteles, departamentos, cocinas	0.5
Almacenes, viviendas	0.3

Fuente: ASHRAE

Una vez determinada la cantidad de personas/100 ft², con ayuda de la gráfica siguiente, se determina la ganancia calorífica interna de la construcción. La forma de emplear la gráfica es la siguiente: primero se sitúa en el eje horizontal el número de personas por cada 100 pies cuadrados, luego se mueve desde este valor verticalmente hasta interceptar la línea diagonal que corresponde al nivel de actividad de la gente, y finalmente desde esta intersección se mueve horizontalmente hacia la izquierda para encontrar la ganancia en BTU/hora_ft² (Brown, 1994). Vale la pena señalar que las diferentes ocupaciones en diferentes niveles y partes de la edificación pueden ser analizadas por separado para luego sumarse.

Grafica 7: Ganancias de calor por pies cuadrados de área para diferentes ocupaciones.

Fuente: (Brown, 1994)



4.2.2 Iluminación Eléctrica

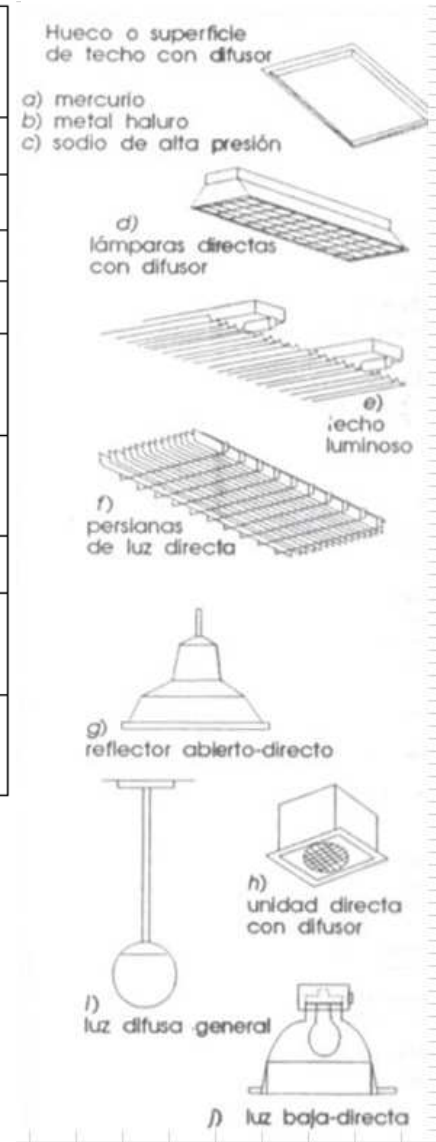
El objetivo es determinar la aportación interna de calor que genera la iluminación eléctrica, dicho aporte en niveles de iluminación, dependerá del espacio, la actividad ocupacional y de la intensidad de las lámparas.

Stein and Reynolds, en su libro “Mechanical and Electrical equipment for buildings”, plantean diversos niveles de iluminación así como el método gráfico para determinar la ganancia de calor que esta iluminación aporta; para lo cual se debe: se selecciona el nivel apropiado de pie candela* para el edificio o espacio habitable; valores de este nivel se proporcionan en la tabla 20; entonces, con ayuda de la gráfica 7, se localiza este nivel en el eje vertical de la gráfica, luego se mueve horizontalmente hasta interceptar con la diagonal que representa el tipo de iluminación que se usará (figura 17) para finalmente bajar hacia el eje horizontal donde se podrá obtener la ganancia de calor en BTU por hora y por pie cuadrado de área construida.

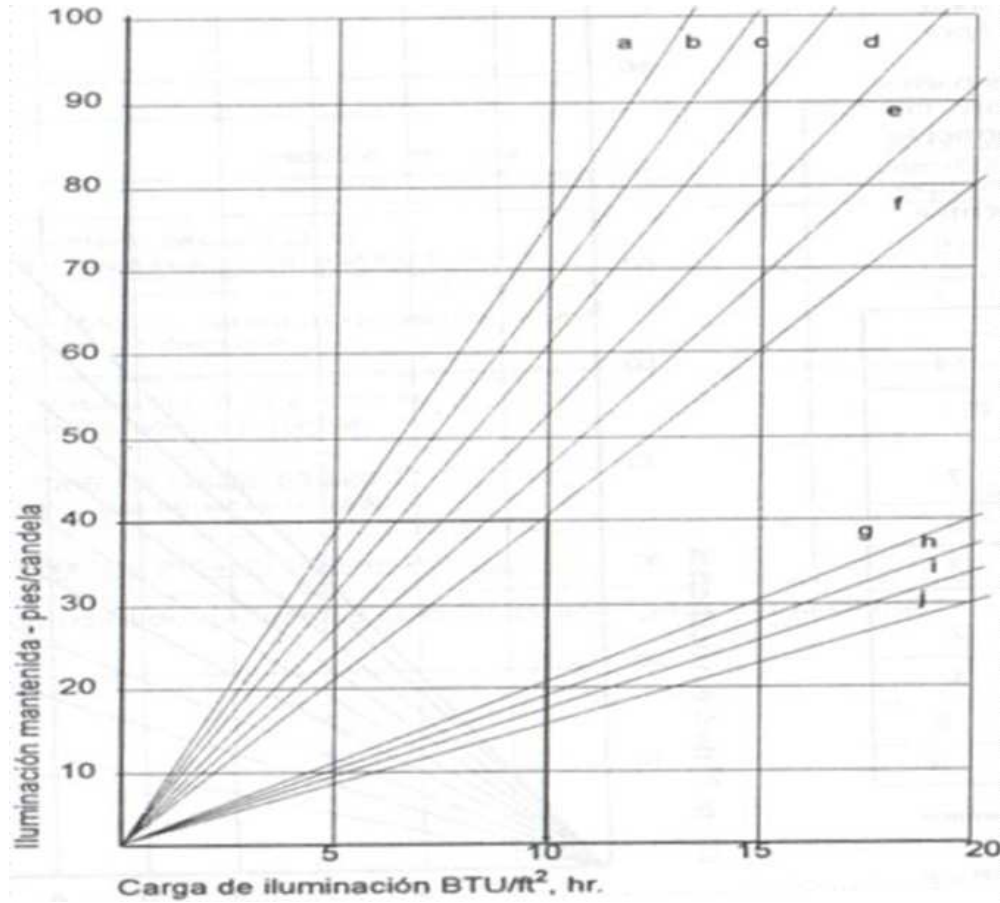
Tabla 20 y Figura 17: Niveles de iluminación según el espacio de actividad e intensidad de luz, y tipo de lámparas.

Fuente: "Mechanical and Electrical equipment for buildings" (Stein & Reynolds, 1980)

Tipo de actividad	Iluminación pies/candela		
	Baja	Media	Alta
Iluminación general			
Espacios públicos-alrededores oscuros	2	3	5
Orientación simple para estancia corta	5	7.5	10
Espacios de trabajo-actividad visual ocasional	10	15	20
Actividad visual-contraste alto o tamaño grande	20	30	50
Iluminación en actividad			
Actividad visual-medio contraste o tamaño pequeño	50	75	100
Actividad visual-bajo contraste o tamaño muy pequeño	100	150	200



Grafica 8: Carga de iluminación según el espacio de actividad e intensidad de luz, y tipo de lámparas.



Fuente: "Mechanical and Electrical equipment for buildings" (Stein & Reynolds, 1980)

4.2.3 Equipos

Dependiendo la actividad que se realice en el interior del inmueble, los equipos dentro contribuirán generando calor, dependiendo de la cantidad de los mismos y la frecuencia de su uso; la ASHRAE dispone, para condiciones normales de trabajo, la ganancia calorífica para el interior de la edificación que dependerá de la actividad que se realice en el inmueble.



Tabla 21: Ganancias caloríficas por equipamiento

Actividad en inmueble	BTU/hr_ft²
Oficina normal	1-2
Oficina contable y de compras	2-3
Oficina de cómputo	3-10
Oficina de computadoras	75-175
Oficina de computadoras centrales	50-150
Laboratorio	15-70
Planta-ensamblajes en general	20
Planta-proceso de curtido	150
Habitacional unifamiliar	2-3
Habitacional multifamiliar	2-3
Tienda de menudeo	3-4
Biblioteca	3-4
Escuela	3-4
Teatro/auditorio	1-2
Arena deportiva	1-2

Fuente: (ASHRAE)

4.2.4 Infiltraciones

En una edificación las infiltraciones de viento a través de rendijas o defectos contractivos, son uno de los principales agentes para que una edificación gane o pierda calor, según la temperatura del ambiente exterior, ya que como es conocido el aire fluye de los lugares fríos hacia los más calientes.

(Vintimilla, 2008), afirma que “cada vez que la temperatura interna de un edificio es más alta o más baja que la temperatura exterior, el aire que se cuela en las edificaciones (infiltraciones) o se introduce para renovar el aire (ventilación), tendrá que ser calentado o enfriado. (Brown, 1994), en su libro: “Sol, Luz y Viento. Estrategias para el diseño arquitectónico.” En base a varios estudios, presenta, la pérdida y ganancia de calor promedio (en BTU/hora_°F_ft²), según el tipo de edificación.



Tabla 22: Valores promedio de aumento/pérdida de calor según el tipo de edificación.

Tipo de inmueble	BTU/hora_°F_ft ²
Clínica, hospital, tienda	0.10
Centro comunitario, hotel, almacén	0.02
Gimnasio, biblioteca, enfermería, oficina, escuela	0.05
Restaurante	0.2
Cocina de restaurante, arena de deportes, teatro/auditorio	1.0
Residencial:	
Estructura de la construcción aislada	0.3
Con barrera de vapor de plástico	0.2
Con juntas selladas, rendijas de hule o espuma de poliuretano	0.18-0.10
Sellados cuidadosamente y un recubrimiento para el calor	0.05

Fuente: (Brown, 1994)

Ejemplo de Aplicación:

Por la brevedad de tiempo en que este trabajo ha de ser realizado, se insistirá especialmente en los aspectos que reflejen la necesidad de climatización de la edificación.

Considerando la ciudad de Cuenca, como locación, para la concepción del diseño de una vivienda, edificación que cumpla con los fundamentos planteados en esta tesis, donde se consideran los siguientes aspectos:



a) Aspectos de diseño:

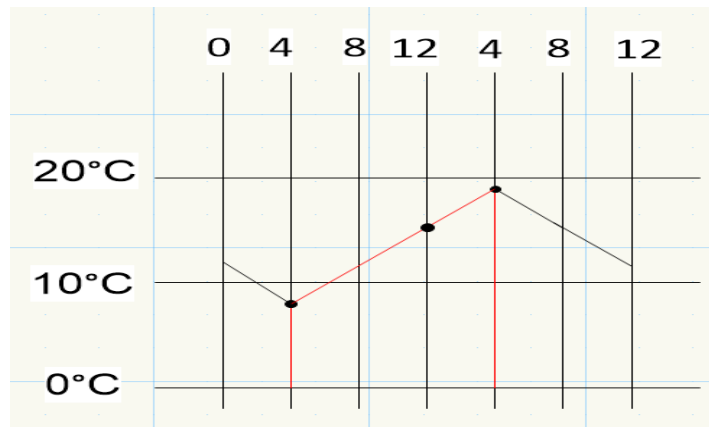
1. Se deberá seleccionar el mes más representativo del clima de la región, que será el mes que presente las condiciones más extremas, que, para el caso de Cuenca, será el mes de Julio:

Temperaturas promedio anuales de Cuenca.

	TEMPERATURAS (° C)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media	15.4	15.5	15.4	15.1	14.8	13.8	13.4	13.6	14.3	15.1	15.1	15.4
Temperatura min.	9.6	9.8	9.9	9.7	9.4	8.4	8	8.1	8.7	9.1	8.5	9.2
Temperatura máx.	21.2	21.3	20.9	20.6	20.3	19.3	18.9	19.1	19.9	21.1	21.8	21.6

Estos datos comúnmente registran temperaturas promedio máximas a las 4pm y mínimas a las 4am (pudiendo variar estas horas en condiciones o regiones extremas como los polos). Para nuestro caso, Cuenca presenta para el mes de Julio una temperatura promedio máxima de 18.9°C a las 4pm y 8°C mínima a las 4am; uniendo estos puntos de temperaturas con una línea recta, ya que se supone simétrico el perfil en el día y en la noche, cada intersección de esta línea con cada línea vertical horaria nos dará la temperatura aproximada a esta hora.

Temperaturas promedio en julio.



Fuente: (Yáñez, 2017)

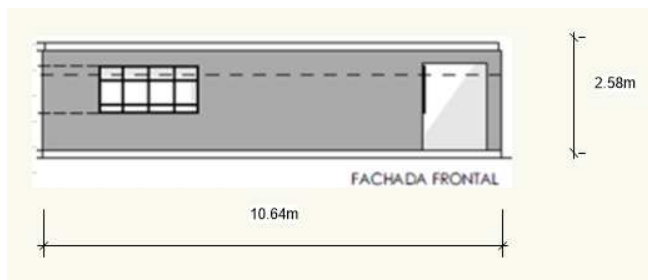
2. Orientación y forma de la edificación:

Como vimos en el apartado 3.4.1, (Olgyay, 1964) plantea que la orientación óptima para la construcción de una edificación deberá darse considerando la máxima posición del sol en invierno, en el solsticio de invierno, que es donde el sol presenta su altitud máxima a los 68° ; de esta forma se deduce que la orientación correcta de la edificación será en dirección NE, con lo que se aspira tener sombra en verano no entra en conflicto con la posibilidad de un calentamiento solar en invierno.

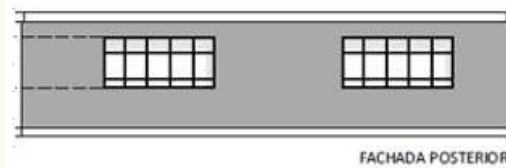
Forma de la edificación: En el inciso 3.4.2 se determinó que las pérdidas térmicas de un edificio son proporcionales a la superficie de su envoltura, en consecuencia, cuanto más compacto sea un edificio relación superficie/volumen (RSV baja), menor será la pérdida de calor.

Con el fin de demostrar las pautas para un diseño que presente un estado de confort térmico se procederá con el diseño de un edificio hipotético de oficinas de 87.29m^2 de área de construcción, que es un rectángulo de $10.64\text{m} \times 7.6\text{m} \times 2.58\text{m}$ perfectamente orientado con los cuatro puntos cardinales; por efectos de tener una buena iluminación, se supone un 20% del área de muro para ventanas simples de 6mm de espesor en cada fachada. Se considerará como fachada norte a la fachada frontal:

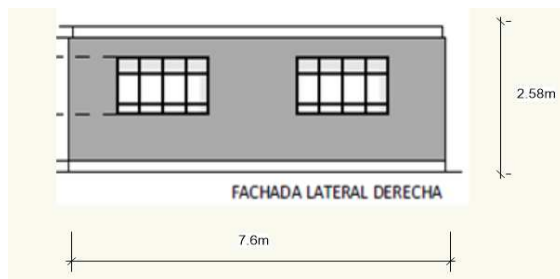
Fachada Norte



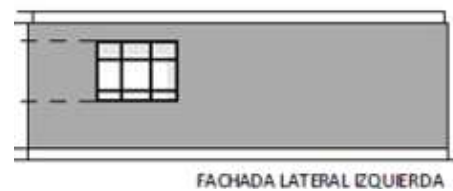
Fachada Sur



Fachada Este



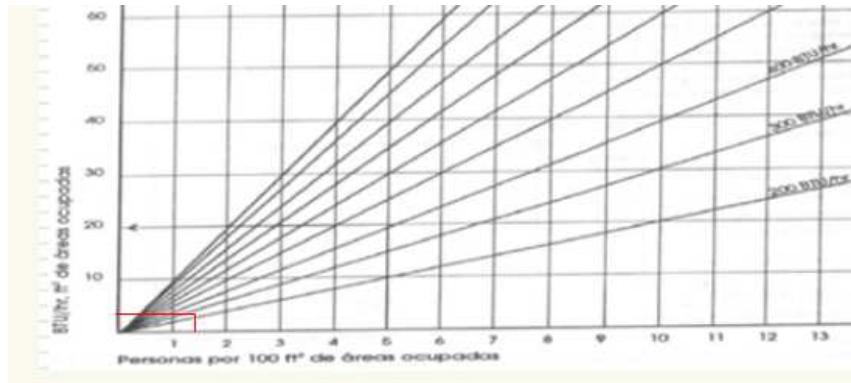
Fachada Oeste



Cada fachada posee 20% de área de vidrio: Norte y Sur= 5.49m²; Este y Oeste= 3.92m².

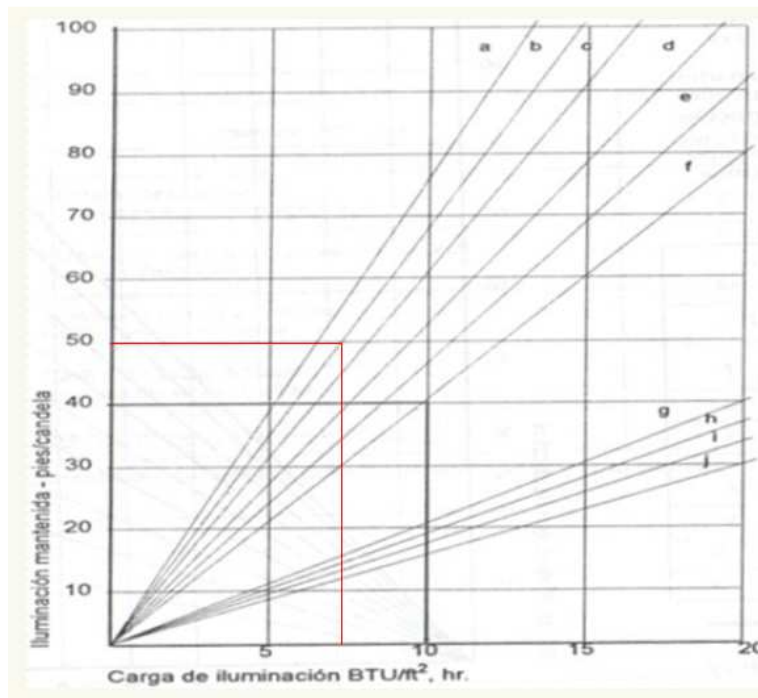
- Determinar la ganancia calorífica generada por los ocupantes, luces, equipó y radiación solar. Considerando que el inmueble tendrá uso de oficinas (Tabla 19), con una ocupación máxima de 1 persona por cada 100 ft² (9.3 m²), se tomará por efectos de comodidad de usuario y de cálculo un porcentaje de media persona por cada 100 ft², lo que demuestra que las tablas tienen cierta flexibilidad según el criterio del diseñador. Se considerará la actividad de las personas, ocupantes, como trabajo de oficina, que según la tabla 18 presenta una aportación calorífica de 250 BTU/hr.

Empleando el método presentado en el inciso 4.2.2 gráfica 7, tenemos:



Una ganancia de calor de un valor aproximado de 1.5 BTU/hr_{ft²}.

4. Determinación de la ganancia de calor debido a la carga de iluminación; considerando que la actividad ocupacional de una oficina estándar, requiere una actividad visual de contraste alto, se selecciona un nivel de iluminación general de 50 ft/candela de la tabla 20 de niveles de iluminación, se emplearan también lamparas directas con difusores (Figura 17). Aplicando estas consideraciones en la gráfica 7, tenemos:



Lo que nos indica que con los 50 ft/candela de iluminación fluorescente y con el tipo de lamparas seleccionadas para el diseño, se produce una ganancia calórica de aproximadamente 7.5 BTU/hr_{ft}².

Para la ganancia de calor por equipos, se asume la actividad interior para el inmueble, de oficinas de uso normal, lo que según la tabla 21 representa una ganancia calorífica de 2 BTU/hr_{ft}².

5. La ganancia más importante a evaluar es la solar que, para el mes de julio en la ciudad de cuenca, considerando una edificación con una orientación similar a la de nuestro ejemplo y con la ayuda de un piranómetro se ha determinado la cantidad de radiación solar para cada fachada, en un promedio obtenido para los datos de la semana modelo comprendida entre el 25 y 30 de julio del año 2017.

Figura18: Piranómetro manual InterTek



De los datos recopilados (Anexo 1) se empleará el promedio de estos, representados en la siguiente tabla:

Tabla 23: Radiación solar en BTU/hr_ft² en Cuenca, Ecuador, en el mes de julio. (edificio ALUR)

	8:00 a. m.	Medio Dia	4:00 p. m.
Fachada Norte	33,76	135,02	33,76
Fachada Sur	7,43	33,76	7,43
Fachada Este	44,89	33,76	7,43
Fachada Oeste	7,43	33,76	44,89

Fuente: (Yáñez, 2017)

Nuestro diseño posee un 20% de ventanas en cada fachada, excluyendo el techo donde es 0% de ventanas. El coeficiente de sombreado para el tipo de vidrios seleccionado en el diseño, según los datos de la Tabla 11, se ha estimado el valor de 0.80 considerando que no existan dispositivos de sombreado interiores o exteriores.

Empleando el método grafico que visto en el inciso 3.2 (Grafica 5), y con los datos de radiación de la tabla anterior (tabla 22), se procede a calcular la ganancia de calor para cada fachada, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 24: Ganancia en BTU/hr_ft² en Cuenca, Ecuador, en el mes de julio, para el ejemplo en cuestión, para cada fachada.

	8:00 a. m.	Medio Dia	4:00 p. m.
Fachada Norte	6	21	6
Fachada Sur	1	6	1
Fachada Este	7	6	1
Fachada Oeste	1	6	7
Techo(sin cristal)	0	0	0

Multiplicando esta ganancia por la cantidad de envolvente (área) de cada fachada: Norte y Sur =27.45m² (295.47 ft²), Este y Oeste=19.61m² (211.08 ft²), lo cual nos da los siguientes resultados:



Tabla 25: Ganancia en BTU en Cuenca, Ecuador, en el mes de julio, para el ejemplo en cuestión, para cada fachada y para el total de la envolvente.

	8:00 a. m.	Medio Dia	4:00 p. m.
Fachada Norte	1772,82	6204,87	1772,82
Fachada Sur	295,47	1772,82	295,47
Fachada Este	1477,56	1266,48	211,08
Fachada Oeste	211,08	1266,48	1477,56
Techo(sin cristal)	0,00	0,00	0,00
Total	3756,93	10510,65	3756,93

Dividiendo las ganancias totales de calor de toda el área de la envolvente obtenidas para cada hora, entre el área de piso (870.4 ft^2 o 80.86 m^2), lo que determinara la ganancia de calor por área construida.

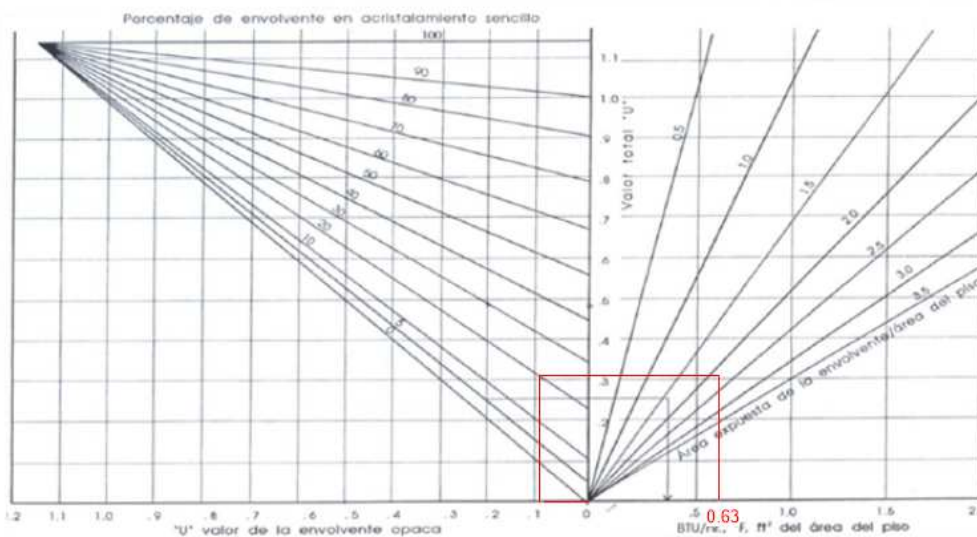
Tabla 26: Ganancia de calor por área de piso en BTU en Cuenca, Ecuador, en el mes de julio, para el ejemplo en cuestión

8:00 a. m.	Medio Dia	4:00 p. m.
4,32	12,08	4,32

- Otro aspecto a considerar es la pérdida de calor por infiltraciones según el tipo de edificación. Para nuestro ejemplo, considerado con dimensiones relativamente pequeñas y cuya construcción empleará métodos residenciales, se adoptará el valor de $0.05 \text{ BTU/hora}_\circ\text{F}_\text{ft}^2$ de pérdida de calor, según los datos de la tabla 22.

Para las condiciones climáticas de Cuenca, se considera que una edificación deberá estar bien aislada con una envolvente opaca con un valor de U de $0.09 \text{ BTU/hr}_\circ\text{F}_\text{ft}^2$, según los datos de la tabla 10 de *Niveles de Aislamiento para la envolvente*.

7. Posteriormente se determina la pérdida de calor a través de la envolvente, es decir hallar el valor total de U que estará en función del nivel de aislamiento y del porcentaje de acristalamiento, según el método gráfico planteado en el inciso 3.2 (Grafica 4), para el cual se debe determinar el área de la envolvente expuesta hasta el área de piso; el área de muro es $(2 \times 10.64 \times 2.58) + (2 \times 7.6 \times 2.58)$ que es igual a 94.12 m^2 o 1013 ft^2 y el techo es de 80.86 m^2 o 870.4 ft^2 , dando un total de 1883.4 ft^2 de envolvente expuesta; dividiendo esta área de envolvente para el área de piso, $(1883.4/870.4)$ que es igual a 2.2. Con estos valores y empleando el método de la gráfica 4 se establece la cantidad de $0.63 \text{ BTU/hr}_\circ\text{F}_\text{ft}^2$ del área de piso.



De esta forma la cantidad total de pérdida de calor para la edificación es la cantidad de infiltración más la de las pérdidas a través de la envolvente:
 $0.05 + 0.63 = 0.68 \text{ BTU/hr}_\circ\text{F}_\text{ft}^2$.

8. Se procede a determinar los horarios de uso del edificio, con la finalidad de conocer el momento en el que se encienden luces y equipos. La Guía de Diseño y Construcción Sustentable de la cámara de construcción de Chile, propone un esquema de uso y ocupación de un edificio en función cantidad de luces en uso:



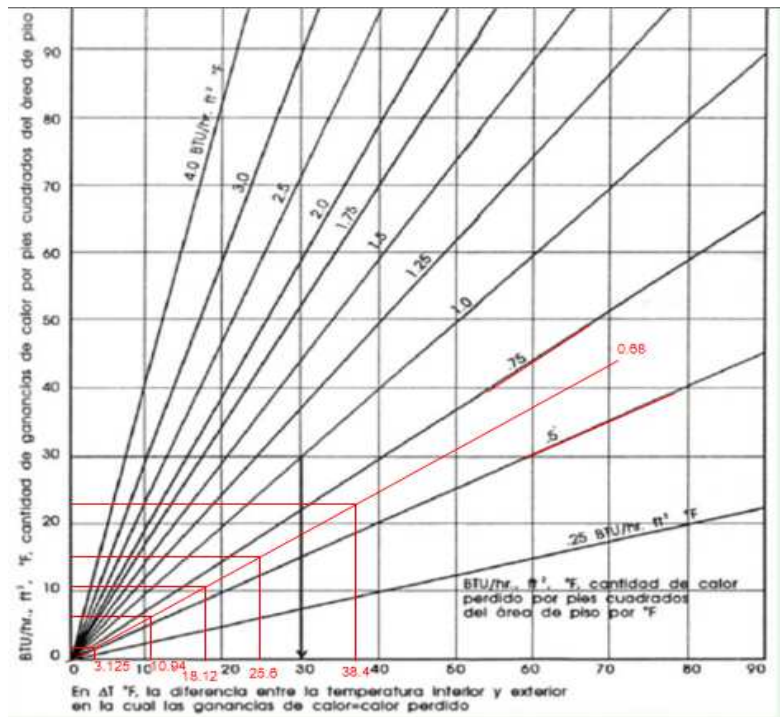
- *La mitad de la gente ya llegó o ya se marchó
- **25% de las luces están encendidas para limpieza
- ***50% de las luces prendidas mientras la gente llega y se va.

Así, con estos principios y los datos de ganancia calorífica obtenidos en los pasos anteriores, para nuestro diseño, tenemos:

Tabla 27: Ganancias de calor en BTU por horas por pies cuadrados del área de piso

	Gente	Luces	Equipo	Sol	TOTAL
12:00 a. m.	0	1,87**	0	0	1,87
4:00 a. m.	0	0	0	0	0
8:00 a. m.	0,75*	3,75***	2	4,32	10,82
12:00 p. m.	1,5	7,5	2	12,08	23,08
4:00 p. m.	1,5	7,5	2	4,32	15,32
8:00 p. m.	0,75*	3,75***	2	0	6,5

9. Utilizando estos datos de la ganancia calorífica para cada intervalo de cuatro horas, la cantidad de pérdida de calor, se halla el punto de balance según la gráfica 6; para lo cual prime se deberá imponer la temperatura que produzca un confort térmico en el interior de la edificación, según (Camous & Watson, 1983) en su libro El hábitat bioclimático plantea que en una región templada fría como lo es la ciudad de Cuenca, una temperatura de 20°C (68°F) es a la cual las personas se sienten confortables.



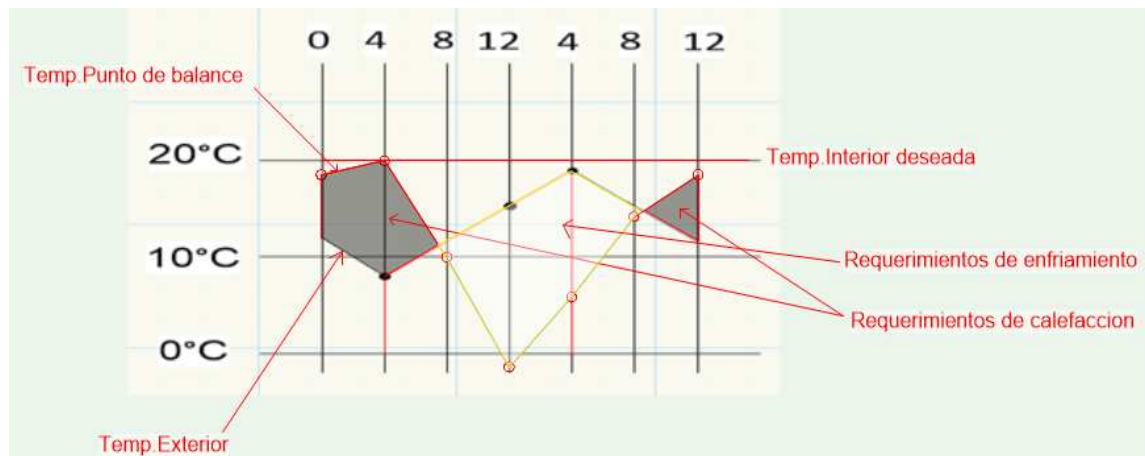
En la siguiente tabla se muestran los puntos de balance calculados para el ejemplo en cuestión.

Tabla 28: Puntos de balance en grados Fahrenheit y Centígrados.

Hora	Ganancia	Perdida	ΔT	Interior - ΔT	Punto de balance (°F)	Punto de balance (°C)
12:00 a. m.	1,87	0,68	3,125	68 - 3,125	64,88	18,27
4:00 a. m.	0	0,68	0	68 - 0	68,00	20,00
8:00 a. m.	10,82	0,68	18,12	68 - 18,12	49,88	9,90
12:00 p. m.	23,08	0,68	38,44	68 - 38,44	29,56	-1,30
4:00 p. m.	15,32	0,68	25,6	68 - 25,6	42,40	5,80
8:00 p. m.	6,5	0,68	10,94	68 - 10,94	57,06	14,00

10. Finalmente se procede al trazo de la temperatura de punto de balance en la misma gráfica, con el promedio de temperatura exterior para desarrollar los patrones de calentamiento y enfriamiento.

Grafico 9: Gráfico de combinaciones de temperatura exterior y de punto de balance, en Cuenca Ecuador para el edificio del ejemplo



De este modo podemos usar estos patrones para identificar las estrategias de diseño más apropiadas: cuando la temperatura del punto de balance sobrepasa la temperatura exterior, el edificio necesitará calentamiento, y cuando exceda la temperatura exterior a la del punto de balance, se necesitará enfriamiento. Para nuestro diseño, las distintas aportaciones caloríficas sobrepasan las pérdidas de calor durante parte del día, y en la noche las pérdidas de calor exceden la ganancia de calor.

b) Opción de diseño:

Se deberá considerar el diseño para las horas en las que se requerirá calefacción y para las cuales enfriamiento, para lo cual se presenta una opción de diseño en la que se puedan controlar las ganancias y pérdidas de calor, en otras palabras, la captación y retención de calor por medio de las superficies opacas (muros).

1.Muros:

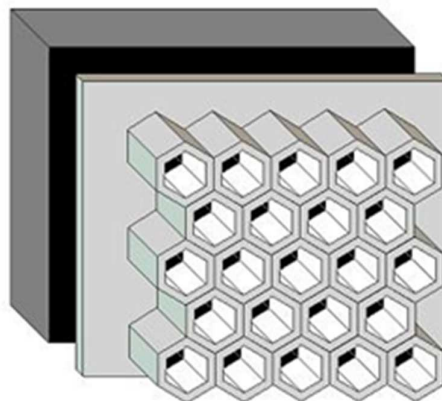
Para las condiciones climáticas y de orientación que presenta nuestro modelo de diseño, se deberá considerar muros que permitan una correcta captación y acumulación de calor, en base a la conductividad que presenten los diferentes materiales empleados en la construcción del muro.

Así, se propone, para las condiciones establecidas, un muro calefactor en forma de nido de abeja, concebido de la siguiente manera:

Mediante unos sencillos bloques hexagonales de hormigón hueco, se construye un efectivo sistema de calefacción, que además permite una mayor captación de la energía solar.

Los bloques de hormigón se disponen como lo hacen los panales de abejas. Están pintados en su interior con pintura blanca reflectante, tras este primer muro de bloques de hormigón hexagonales, se dispone otro muro grueso de cemento pintado totalmente de negro (patrón negro: SRI=0%) (ver tabla 7).

Figura 18: Muro de forma de nido de abeja.



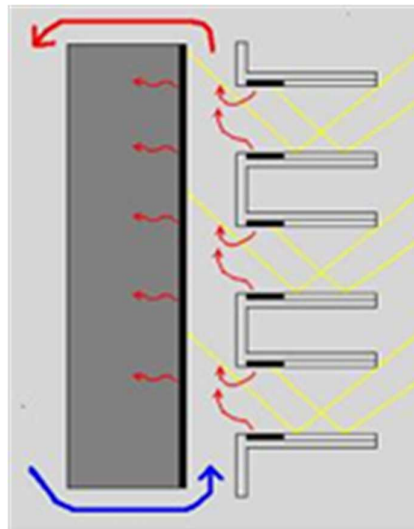
Lo que se busca con este o cualquier diseño de un muro, es que, para las condiciones a diseñar, el mismo pueda captar o disipar la mayor cantidad posible de calor, radiación.

Para el caso de nuestro diseño, lo que buscamos es captar y retener la mayor cantidad posible de calor, por lo que, aprovechando este tipo de muros, logramos que la radiación solar que generalmente se disipa o refracta por la fachada o elementos adyacentes, en este caso se aproveche al máximo.

Así, funcionamiento de este tipo de muro es sencillo. Durante los meses de invierno los rayos solares inciden muy inclinados sobre el suelo y entran con facilidad en el interior de los bloques de hormigón. Esta radiación es reflejada por la parte pintada de blanco hacia la zona pintada de negro del propio bloque y hacia el muro negro posterior. La radiación al topar con las zonas pintadas de negro se transforma en calor.

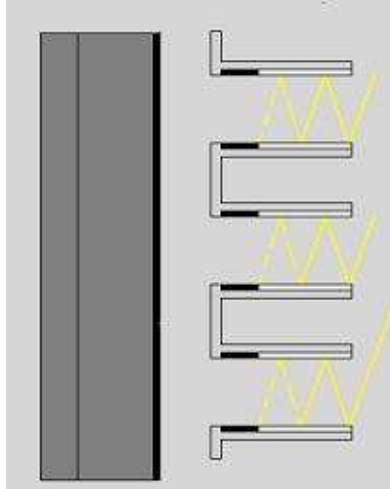
El aire entre los bloques hexagonales y el muro se calienta y asciende por convección hacia el interior de la casa por unos conductos. Otra parte del calor queda almacenado en el muro y es liberado lentamente durante la noche. De esta manera se puede disfrutar del calor durante el día y durante la noche.

Figura 19: Esquematización del funcionamiento de un sistema de muro de abeja (celdas abiertas).



Lo novedoso de este sistema es que presenta la capacidad cerrar las celdas logrando una refracción radiación, por ende, una resistencia al calor en las horas que no se requiera calefacción.

Figura 20: Esquematización del funcionamiento de un sistema de muro de abeja (celdas cerradas).



1. Vidrios.

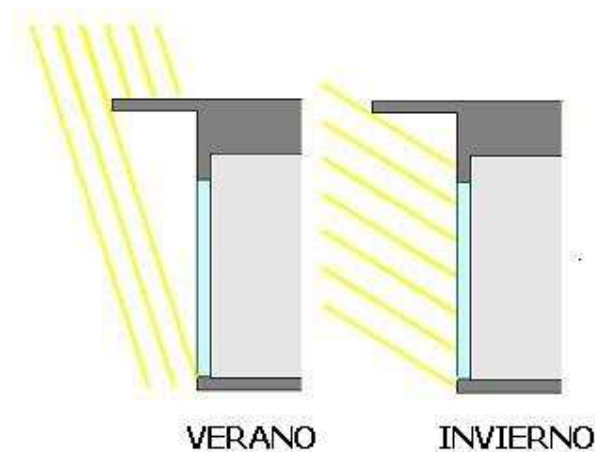
El coeficiente de aislamiento de un cristal depende de la resistencia térmica del acristalamiento, del número de éstos y de espacios de aire o gas que se originen entre ellos.

Para las condiciones de nuestro diseño, requerimos un vidrio con una alta capacidad de transferir calor hacia el interior de la edificación, es decir un vidrio con un buen grado de conductancia térmica.

Dentro de los varios tipos de vidrios comerciales, el vidrio simple de 6mm de espesor, el cual presenta una conductancia de $6.84 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ y una resistencia térmica baja de $0.15 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W}$ (inciso 3.3.2, tabla 14).

Es en verano cuando las temperaturas son altas que se hace necesario evitar que la radiación solar llegue al interior de la casa. Para lograrlo se disponen aleros o cornisas que detienen los rayos solares en verano cuando son más perpendiculares, y permiten que pasen en invierno cuando son más inclinados.

Figura 21: El efecto de un alero según la inclinación solar



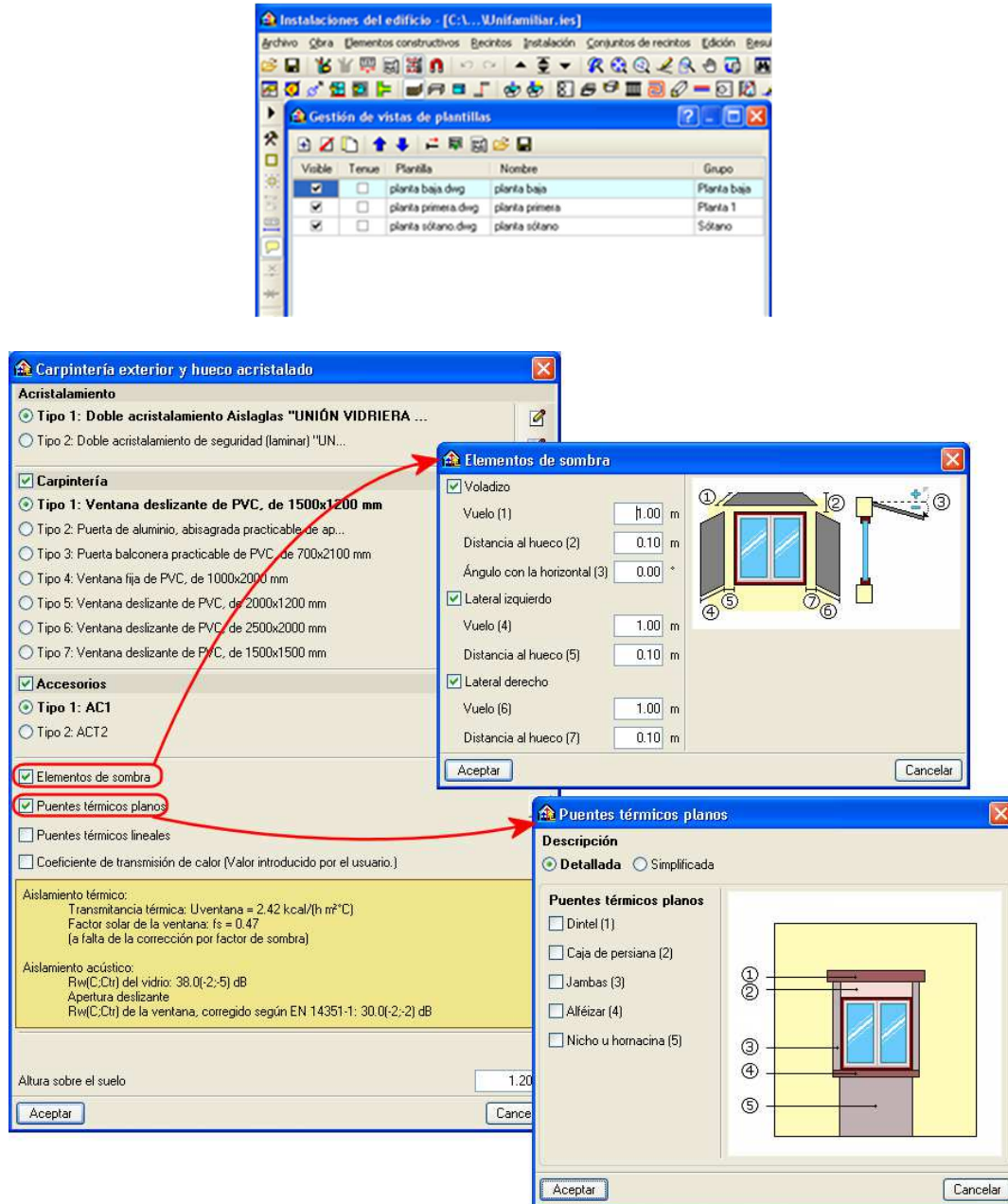
Una vez que se hayan considerado todas estas pautas de diseño entre otras y teniendo presente las necesidades de climatización mediante los estudios planteados en el presente trabajo y aplicándolas para edificaciones futuras, que cumplan estos preceptos, se podrá poner en evidencia mediante comparaciones con edificaciones que no cumplan lo establecido mediante diferentes programas que analicen el nivel de climatización y gastos energéticos, como, por ejemplo, el programa “**CYPECAD MEP. Climatización**”, este programa podrá efectuar los cálculos necesarios para determinar en nivel de climatización y energía que la edificación presente, haciendo posible en menos de una hora, introducir los datos del edificio a analizar y otro con el cual comparar, calculando y obteniendo los listados de las necesidades térmicas del edificio en estudio.

Este programa toma los datos climáticos del centro meteorológico más cercano y los adapta a las condiciones geográficas de la localidad, modifica parámetros en función de la diferencia de altura respecto al nivel del mar. (CYPE Ingenieros, 2017).

Donde el usuario introduce todos los datos de los diferentes elementos y materiales a emplearse como: ventanas cerramientos, huecos, forjados y cubiertas del edificio. Este trabajo se realiza cómodamente con una plantilla en formato DXF, DWG, JPEG, JPG, BMP, WMF, EMF o PCX; por tanto, no es necesario medir en ningún momento dichos elementos. El hecho de poder

importar plantillas con todos los formatos indicados permite al usuario utilizar incluso una hoja escaneada con la instalación y los elementos constructivos, lo que facilita la introducción de datos. (CYPE Ingenieros, 2017).

Figura 22 y 23: Ingreso de datos constructivos con sus respectivas características.

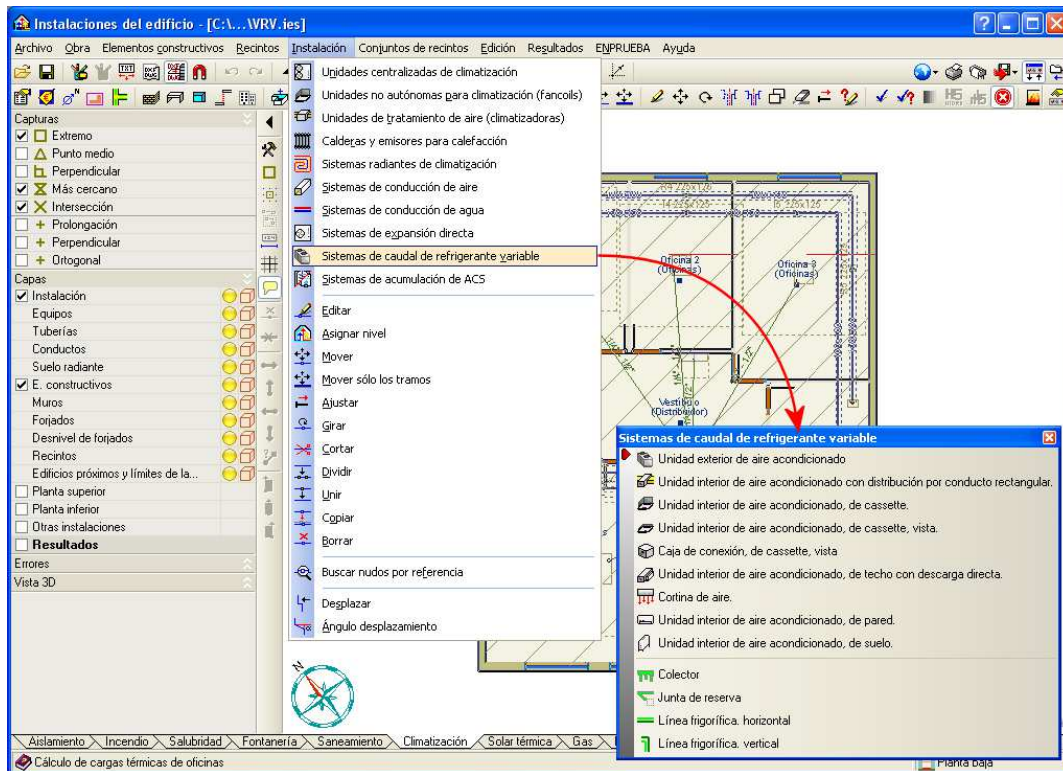


Fuente: (CYPE Ingenieros, 2017).

La orientación se define una única vez y el programa asigna automáticamente a todos los elementos exteriores la correspondiente orientación.

Se podrá también ingresar las especificaciones de diferentes sistemas de climatización que pueda presentar la edificación.

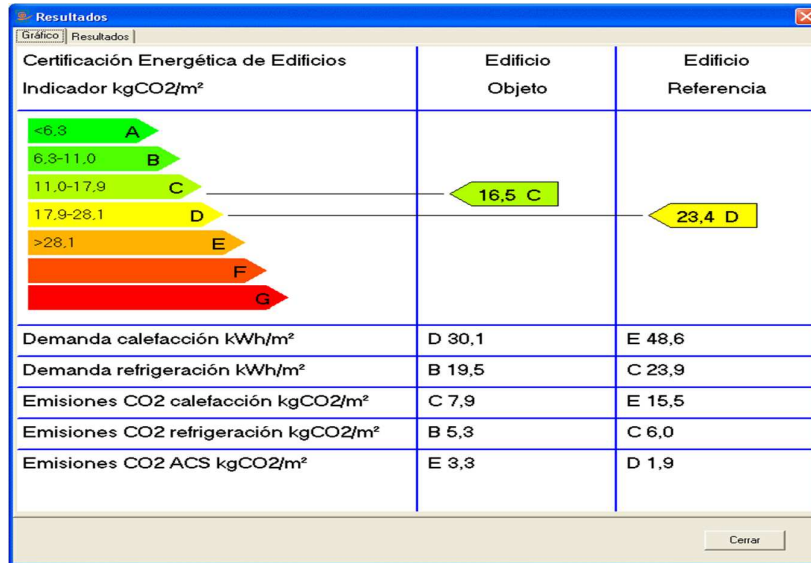
Figura 24: Ingreso de datos de sistemas de climatización artificial.



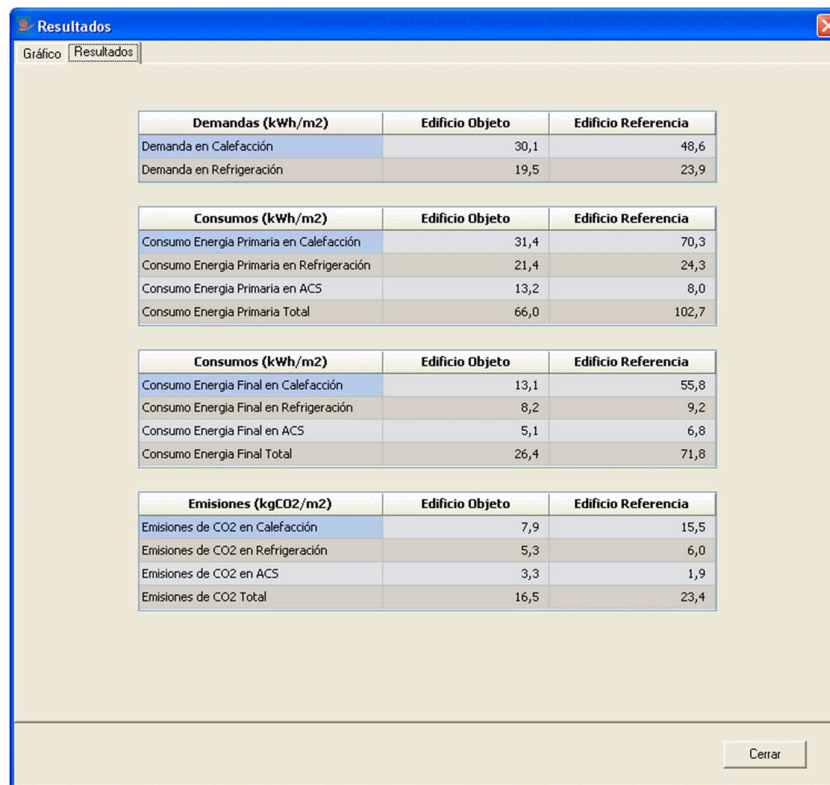
Fuente: (CYPE Ingenieros, 2017).

Luego de introducir todos los factores a considerarse el programa arrojará el resultado de la comparación energética entre las edificaciones analizadas.

Figura 25 y 26: Resultados térmicos y energéticos obtenidos por el programa CYPECAD.



Fuente: (CYPE Ingenieros, 2017).



Fuente: (CYPE Ingenieros, 2017).



CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Las necesidades de climatización artificial en Ecuador son en ocasiones infructuosas y de costos elevados; dichos costos podrían ser disminuidos si se implementaran técnicas de diseño y construcción bioclimáticas, aumentando la capacidad de una edificación para la captación y resistencia al calor.
- Un correcto estudio del clima de una región, se pueden obtener excelentes resultados en materia de ahorro en la operación por climatización de un edificio, optimizándolo y añadiendo a esto la mejora ambiental que se tendría por la disminución de consumo de energía.
- Se debe considerar el uso de materiales de construcción, desde un punto de vista térmico; material para muros, losas, cubiertas y vidrios. Logrando obtener una envolvente correctamente aislada según sea el caso.
- Mientras más grande sea una edificación más necesaria será la realización de este estudio, puesto que la superficie de su envolvente en contacto con el medio exterior aumenta.
- Si bien el movimiento del sol será un factor siempre fijo, factores como el viento, temperatura ambiente, lluvias, humedad, pueden llegar a ser muy fluctuantes de un año a otro debido a diversos cambios o fenómenos que se puedan presentar, afectando de este modo a un posible diseño que se haya realizado para condiciones fijas.
- El confort, bienestar y comodidad de los ocupantes de la edificación siempre será el factor más importante a considerarse para lo que se debe tener en cuenta que siempre podrá existir una propuesta más económica y menos contaminante para obtener este fin.
- En la actualidad los avances tecnológicos en el ámbito constructivo nos brindan diferentes tipos y clases de materiales cada vez más inteligentes,



adaptables y accesibles. Permittiéndonos lograr una modernización y tecnificación constructiva que cubran a las diferentes necesidades de una edificación, logrando para nuestro caso, reducir a largo plazo los posibles gastos energéticos debido a las necesidades de climatización gracias a las diferentes cualidades de dichos nuevos materiales.

5.2. Recomendaciones

- Mediante este documento se recomienda revisar normativas de climatización para las condiciones del país.
- Se recomienda también buscar datos sobre el comportamiento bioclimático, materiales de construcción y sobre el proceso de fabricación.
- Identificar las zonas en las que la construcción bioclimatizada sea viable
- Elaboración de un manual de mantenimiento y recomendaciones para los usuarios, dueños o administradores de la vivienda en construcción para generar cultura en los usuarios.
- Programar monitoreos energéticos con el fin de evaluar el ahorro verdadero de energía, con una comparación de una edificación bioclimáticamente diseñada con otra de referencia.
- Que el objetivo principal de este documento sirva para futuros estudios acerca de los diseños o construcción de viviendas o edificios a través de las condiciones bioclimáticas, en las que hace hincapié a los profesionales que pueden intervenir en la rama de la construcción para que tomen como alternativa crear viviendas y edificaciones con este tipo de consideraciones.



Bibliografía

- Academia.edu. (s.f.). Dióxido de Silicio para recubrimiento nanoestructurado. Recuperado el 19 de Junio de 2017, de Dioxido de silicio para recubrimientos nanoestructurados: http://www.academia.edu/8459852/Di%C3%B3xido_de_silicio_para_recubrimientos_nanoestructurados
- Alchapar, N. L., Correa, E. N., & Cantón, M. A. (2012). Índice de reflectancia solar de revestimientos verticales: potencial para la mitigación de la isla de calor urbana. *Ambiente Construido*, 6,7.
- Arkiplus . (12 de 04 de 2015). *Factores climáticos y ambientales* . Obtenido de <http://www.arkiplus.com/factores-climaticos-y-ambientales>
- Arquitectos, P. (s.f.). *www.picciotto.com*. Obtenido de www.picciotto.com: www.picciotto.com
- Arquitectura bioclimática principios esenciales. (2017). *Arquitectura bioclimática principios esenciales*. Obtenido de <https://ovacen.com/arquitectura-bioclimatica-principios-esenciales/>
- Arquitectura bioclimática principios esenciales. (2017). *Arquitectura bioclimática principios esenciales*. Obtenido de <https://ovacen.com/arquitectura-bioclimatica-principios-esenciales/>
- Atecos . (s.f.). *DISEÑO BIOCLIMÁTICO* . Obtenido de http://www.miliarium.com/ATECOS/HTML/Soluciones/Fichas/Diseno_bioclimatico.PDF
- Atenuéz, T. (28 de Julio de 2014). *Ventilación natural y arquitectura bioclimática*. Obtenido de <http://blog.deltoroantunez.com/2014/07/ventilacion-natural-y-arquitectura.html>
- BASF The Chemical Company . (2013). *THORO™ Stucco Thermo*. Mexico D.F.: © BASF Corporation.
- Berger, M. (2005). Nanomaterials in the construction industry and resulting health and safety issues. *Nanowerk*.
- Brown, G. (1994). *Sol, Luz y Viento. Estrategias para el diseño arquitectónico*. Mexico D.F.: Ed. Trillas.



- Cagliana, M. (24 de Abril de 2012). *¿QUÉ ES EL DISEÑO BIOCLIMÁTICO?* . Obtenido de <http://www.sustentator.com/blog-es/2012/04/disenio-bioclimatico/>
- Camous, R., & Watson, D. (1983). *El hábitat bioclimático*. Canada: Ed. Gustavo Gili.
- Campos, D. K. (2014). *Dióxido de silicio para recubrimientos nanoestructurados*.
- CARE. (2010). *Adaptación, Género y Empoderamiento Femenino.*» *Documento de CARE Internacional*. Obtenido de Cambio Climatico .
- Construcción, C. C. (2005). *Guía de Diseño y Construcción Sustentable: recomendaciones específicas a considerar en el desarrollo de un edificio con el fin de lograr un adecuado comportamiento ambiental y un desempeño energético eficiente*. Chile: Corporación de Desarrollo Tecnológico.
- Cornejo, L. (15 de 09 de 2015). *Nuevas Tecnologías y Materiales*. Obtenido de <http://nuevastecnologiasymateriales.com/aplicaciones-de-la-nanotecnologia-a-la-industria-de-la-construccion/>
- Cortes, S. (2009). *Condiciones de aplicación de las estrategias bioclimáticas* . Chile.
- CYPE Ingenieros. (20 de 10 de 2017). *CYPE Ingenieros*. Obtenido de CYPE Ingenieros:
http://climatizacion.cype.es/#Calculo_cargas_termicas_calefaccion_refrigeracion
- David, M. G. (2007). *Diseño Bioclimático*. Memorias de Diplomado IMEI (Instituto Mexicano del Edificio Inteligente). México D.F.
- Del Toro, & Antunez. (02 de Noviembre de 2013). *Arquitectura Sustentable y Sostenible*. Obtenido de <http://blog.deltoroantunez.com/2013/11/definicion-arquitectura-sostenible.html>
- ecured.cu. (s.f.). Obtenido de https://www.ecured.cu/Radiaci%C3%B3n_solar
- EcuRed. (18 de 10 de 2017). *EcuRed*. Obtenido de EcuRed:
https://www.ecured.cu/Nano_hormig%C3%B3n
- fjferrer.webs.ull.es. (2011). *Efecto del ángulo de incidencia de los rayos solares sobre la irradiancia*. Obtenido de https://fjferrer.webs.ull.es/Apuntes3/Leccion02/11_efecto_del_ángulo_de_incidencia_de_los_rayos_solares_sobre_la_irradiancia.html
- Fuentes, V., & Rodríguez, M. (2004). *ENTILACIÓN NATURAL CÁLCULO S BÁSICO S PARA ARQUITECTURA* . Mexico.



- G.Z., B. (1994). *Sol, Luz y Viento. Estrategias para el diseño arquitectónico*. México D.F.: Ed. Trillas.
- Gálvez, D. M. (2007). *Diseño Bioclimático. Memorias de Diplomado*. México D.F.: IMEI (Instituto Mexicano del Edificio Inteligente).
- Gálvez, D. M. (2007). *Taller Ahorro de energía IMEI*. Mexico D.F: Instituto Mexicano del Edificio Inteligente.
- GeoSilex. (13 de 02 de 2013). *GeoSilex*. Obtenido de GeoSilex: <http://www.geosilex.com/contenidoDinamico/LibreriaFicheros/DDB60DC7-CE97-F9F0-5917-CCE31B8923A8.pdf>
- GeoSilex MATRIX. (13 de 02 de 2013). *GeoSilex*. Obtenido de GeoSilex: <http://www.geosilex.com/contenidoDinamico/LibreriaFicheros/F458E45B-0AAD-9C73-77B8-72123CC22E03.pdf>
- GeoSilex PASTA. (13 de 2 de 2013). *GeoSilex*. Obtenido de GeoSilex: <http://www.geosilex.com/contenidoDinamico/LibreriaFicheros/DDB60DC7-CE97-F9F0-5917-CCE31B8923A8.pdf>
- GeoSilex polvo. (13 de 02 de 2013). *GeoSilex*. Obtenido de GeoSilex: <http://www.geosilex.com/contenidoDinamico/LibreriaFicheros/A64E8C0A-44A1-A11C-64A7-8A1106959677.pdf>
- GeoSilex®. (s.f.). *GeoSilex®*. Obtenido de <http://www.geosilex.com/presentacion/inicio>
- Gobierno de España. (2016). *Evaluación de modelos climáticos*. España.
- González, V. (1992). *La ecología en el Diseño Arquitectónico: Datos prácticos sobre diseño bioclimático y ecotécnicas*. Mexico D.F.: Ed. Trillas.
- Ingrid, K. (1992). *Edificios Inteligentes*. Puebla: UDLA.
- J.P., H. (1991). *Transferencia de calor*. Dallas: Ed. CECSA.
- Jean-Louis, I. (1980). *Arquitectura Bioclimática*. Francia: Ed. Gustavo Gili.
- Lampis, A. (2013). *Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático: debates acerca del concepto de vulnerabilidad y su medición*. Cuadernos de Geografía.
- Leon, G. (1997). *Heat Transfer*. Massachusetts: MIT (Massachusetts Institute Technology).
- Lombo, R. (2014). *La adaptación al cambio climático en la agenda de la política pública en Bogotá 2010-2014*. Bogota.
- Madrid, H., Opazo, F., & Parada, O. (2015). Impacto de las infiltraciones de aire en el desempeño energético y térmico de las viviendas. *One Topuch construcción*.



- Mamani, V. C. (25 de 9 de 2017). *EcuRed*. Obtenido de EcuRed: https://www.ecured.cu/Nano_hormig%C3%B3n
- Manuel, R. V. (2004). *Estudios de arquitectura bioclimática 1° Volumen*. Mexico: Ed. Limusa.
- Manuel, R. V. (2004). *Estudios de arquitectura bioclimática. 1° Volumen (Vol. 1)*. Mexico: Ed. Limusa.
- Martínez, A. (2012). *Confort termico*.
- Mas, D. (2015). *evaluacion del confort termico con el metodo de fanger*.
- Monroy, M. (2000). *La comodidad termica*.
- Odriozola, M. (2008). *CALCULO Y MEDIDA DE INFILTRACIONES*.
- Olgyay, V. (1964). *Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas (Vol. 3)*. Ed. Gustavo Gili.
- Olivares, J. C. (1999). *La ingeniería en Edificios Inteligentes de alta tecnología: Criterios de Diseño, Proyectos y Puesta en Servicio*. Madrid: Ed McGraw – Hill.
- Portal de Ciencia. (s.f.). *Portal de Ciencia*. Recuperado el 19 de Junio de 2017
- *Revista Twenergy*. (14 de Junio de 2014). Obtenido de <https://twenergy.com/sostenibilidad/arquitectura-sostenible>
- Schmitt, H. (2002). *Tratado de construcción*. Alemania: Ed. Gustavo Pili.
- System, C. C. (2010). *Sistema de control climático inteligente. System, Climate Control*.
- Victor, O. (1964). *Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. USA: Ed. Gustavo Gili.
- Vintimilla, A. (2008). *FACTORES RELEVANTES DEL DISEÑO BIOCLIMÁTICO PARA EDIFICIOS SUSTENTABLES*. Mexico: Benemerita, Universidad autonoma de puebla.
- Viqueira, M. R. (2004). *Estudios de arquitectura bioclimática (Vol. 1)*. Mexico: Ed. Limusa.
- Yáñez, J. (2017). *LA BIOCLIMATIZACIÓN Y SU ADAPTACIÓN E INTEGRACION AL SECTOR DE LA CONSTRUCCION*. Cuenca: Universidad de Cuenca.



ANEXOS

ANEXO 1

RADIACIÓN SOLAR EN BTU/HR_FT² EN CUENCA, ECUADOR, EN EL MES DE JULIO. (EDIFICIO ALUR), DATOS OBTENIDOS DEL LUNES 24 AL DOMINGO 30 DE JULIO

	Lunes 24				Martes 25		
	8:00 a. m.	Medio Dia	4:00 p. m.		8:00 a. m.	Medio Dia	4:00 p. m.
Fachada Norte	33,8125	135,25	33,8125	Fachada Norte	33,725	134,9	33,725
Fachada Sur	7,43875	33,8125	7,43875	Fachada Sur	7,4195	33,725	7,4195
Fachada Este	44,970625	33,8125	7,43875	Fachada Este	44,85425	33,725	7,4195
Fachada Oeste	7,43875	33,8125	44,970625	Fachada Oeste	7,4195	33,725	44,85425
	Miércoles 26				Jueves 27		
	8:00 a. m.	Medio Dia	4:00 p. m.		8:00 a. m.	Medio Dia	4:00 p. m.
Fachada Norte	33,85	135,4	33,85	Fachada Norte	33,475	133,9	33,475
Fachada Sur	7,447	33,85	7,447	Fachada Sur	7,3645	33,475	7,3645
Fachada Este	45,0205	33,85	7,447	Fachada Este	44,52175	33,475	7,3645
Fachada Oeste	7,447	33,85	45,0205	Fachada Oeste	7,3645	33,475	44,52175
	Viernes 28				Sabado 29		
	8:00 a. m.	Medio Dia	4:00 p. m.		8:00 a. m.	Medio Dia	4:00 p. m.
Fachada Norte	33,725	134,9	33,725	Fachada Norte	33,875	135,5	33,875
Fachada Sur	7,4195	33,725	7,4195	Fachada Sur	7,4525	33,875	7,4525
Fachada Este	44,85425	33,725	7,4195	Fachada Este	45,05375	33,875	7,4525
Fachada Oeste	7,4195	33,725	44,85425	Fachada Oeste	7,4525	33,875	45,05375

	Domingo 30		
	8:00 a. m.	Medio Dia	4:00 p. m.
Fachada Norte	33,825	135,3	33,825
Fachada Sur	7,4415	33,825	7,4415
Fachada Este	44,98725	33,825	7,4415
Fachada Oeste	7,4415	33,825	44,98725

Fuente: (Yáñez, 2017)

ANEXO 2

ESTADÍSTICAS MENSUALES DE LAS HORAS DE SOL EN LA CIUDAD DE CUENCA.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
H. SOL	155	113	124	120	155	150	186	186	150	155	150	155	149.92
%	43%	31%	34%	33%	43%	42%	52%	52%	42%	43%	42%	43%	42%



Fuente: Aeropuerto Mariscal Lamar 2015.

ANEXO 3

RADIACIÓN SOLAR PROMEDIO POR MES EN LA CIUDAD DE CUENCA

MES:	Enero	Feb	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Anual
Kwh/m ² día	4,237	5,106	5,687	5,606	5,571	4,989	4,792	4,83	4,62	4,059	4,059	3,66	4,792

Fuente: Aeropuerto Mariscal Lamar 2016.

ANEXO 4

PROMEDIO ANUAL DE LA VELOCIDAD MEDIA Y FRECUENCIA DEL VIENTO

		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
P. ANUAL	DIRECCIÓN %	5.33	8.92	0.17	17.67	14.00	16.17	0.17	5.00
	VELOCIDAD M/S	3.93	3.86	0.33	4.16	4.11	4.13	0.50	3.36

Fuente: Aeropuerto Mariscal Lamar 2016.