

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE ARQUITECTURA DISEÑO, Y ARTES

TRABAJO DE TITULACIÓN  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MASTER EN ARQUITECTURA Y  
SOSTENIBILIDAD

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA ENVOLVENTE DE  
TRES EDIFICIOS DE OFICINAS, CONSTRUIDOS EN LA CIUDAD DE QUITO A  
PARTIR DEL AÑO 2011.

Volumen I

ARQ. LUIS ENRIQUE SORIA PAZMIÑO

DIRECTORA: MST. ARQ. MARÍA ANTONIETA SÁNCHEZ DEL HIERRO

QUITO-ECUADOR

2017

Presentación

El Trabajo de Titulación: *Evaluación de la eficiencia energética en la envolvente de tres edificios de oficinas, construidos en la ciudad de Quito a partir del año 2011*, se entrega

en un DVD que contiene:

El Volumen I: investigación de sustento al trabajo de investigación.  
y la presentación para la defensa pública, todo en formato PDF.

## Índice

Lista de Tablas .....	IV
Lista de Figuras .....	VIII
Lista de Anexos .....	X

Resumen .....	1
Problemática .....	2
Justificación .....	3
Hipótesis .....	3
Objetivos .....	4
Pregunta de investigación .....	5
Metodología .....	5

### **CAPÍTULO 1: Marco Teórico**

#### **1.- Energía**

1.1 Eficiencia Energética .....	6
1.2 Normativa vigente en el país .....	6
1.3 Envolvente .....	7
1.4 Tipos de energía en un edificio .....	7
1.5 Unidades de medida .....	8
1.6 Demanda energética en un edificio .....	8
1.7 Balance energético del edificio .....	9
1.8 Transferencia de energía calorífica .....	10

#### **2.-Confort y equilibrio térmico**

2.1 Confort Higrotérmico	12
2.2 Modelos de Confort	14
2.3 Zonas climáticas en el ecuador	15
2.4 Condiciones exteriores	17
2.5 Incidencia solar en edificios	18
2.5.1 Trayectoria solar	20
2.6 Orientación y compacidad del edificio	21
2.7 Medios pasivos para alcanzar equilibrio térmico	22
<b>CAPÍTULO 2: Objetos de estudio</b>	
2.1 Proceso de selección	27
2.2 Envoltente Opaco Transparente	28
2.3 Envoltente vidriada sin protección	29
2.4 Envoltente vidriada con protección	30
2.5 Casos Referentes de estudio	31
<b>CAPÍTULO 3: Muestra de resultados</b>	
3.1 Sitio	34
3.2 Características de diseño	36
4.3 Características de materiales	37
3.4 Ganancias y pérdidas térmicas	38
3.5 Evaluación ventilación	41
3.6 Diagnostico térmico	43
3.7 Simulaciones dinámicas	47
3.8 Evaluación de confort	47
<b>CAPÍTULO 4: Evaluación</b>	
4.1 Orientación	50

4.2 Forma	50
4.3 Características de diseño	51
4.4 Caracterización de materiales	52
4.5 Ganancias y pérdidas térmicas	52
4.6 Ventilación	53
4.7 Diagnostico térmico en sitio	54
4.8 Simulaciones dinámicas	56
4.9 Evaluación Confort	59
4.10 Optimización	61
4.11 Optimización Edificio Mirage	64
4.12 Optimización Edificio Urban Plaza	66
4.13 Optimización Edificio Quito Publishing House	68
Conclusiones	71
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	75
<b>ANEXOS</b>	78

## Lista de Figuras

FIGURA 1: Diagrama bioclimático de Givoni, Fuente: Hernández (2014).....	11
FIGURA 2: Estrategias climáticas para la ciudad de Quito, Fuente: Software Climate Consultant.....	14
FIGURA 3: Trayectoria solar, Fuente: Lacomba (1991) .....	19
FIGURA 4: Fechas determinantes en el recorrido solar, Fuente Lacomba (1991) .....	19
FIGURA 5: Distritos centrales de negocios en Quito, Fuente: Gridcon (2015).....	27
FIGURA 6: Edificio Mirage, Fuente: Autor .....	29
FIGURA 7: Edificio Urban Plaza, Fuente: Autor .....	30
FIGURA 8: Edificio Urban Plaza, Fuente: Autor .....	30
FIGURA 9: Orientación Edificios, Fuente: Autor.....	35
FIGURA 10: Incidencia de vientos predominantes en edificios de estudio, Fuente Autor .....	39
FIGURA 11: Ubicación de equipos de medición para diagnostico térmico, Fuente: Autor .....	42
FIGURA 12: Mediciones temperatura equivalente en edificios estudiados, Fuente: Autor .....	42
FIGURA 13: Medición de humedad relativa en edificios estudiados, Fuente: Autor ....	43
FIGURA 14: Balance térmico Edificio Mirage-invierno, Fuente: Autor, generado con programa Design Builder.....	44
FIGURA 15: Evaluación de temperaturas Edificio Mirage-invierno, Fuente: Autor, generado con programa Design Builder .....	44
FIGURA 16: Balance térmico Edificio Mirage-verano, Fuente: Autor, generado con programa Design Builder.....	44

FIGURA 17: Evaluación de temperaturas Edificio Mirage-verano, Fuente: Autor, generado con programa Design Builder .....	45
FIGURA 18: Balance térmico Edificio Urban Plaza-invierno, Fuente: Autor, generado con programa Design Builder.....	45
FIGURA 19: Evaluación de temperaturas Edificio Urban Plaza-invierno, Fuente: Autor, generado con programa Design Builder .....	45
FIGURA 20: Balance térmico Edificio Urban Plaza-verano, Fuente: Autor, generado con programa Design Builder.....	46
FIGURA 21: Evaluación de temperaturas Edificio Urban Plaza-verano, Fuente: Autor, generado con programa Design Builder .....	46
FIGURA 22: Balance térmico Edificio QPH-invierno, Fuente: Autor, generado con programa Design Builder.....	46
FIGURA 23: Evaluación de temperaturas Edificio QPH-invierno, Fuente: Autor, generado con programa Design Builder .....	47
FIGURA 24: Balance térmico Edificio QPH-verano, Fuente: Autor, generado con programa Design Builder.....	47
FIGURA 25: Evaluación de temperaturas Edificio QPH-verano, Fuente: Autor, generado con programa Design Builder .....	47
FIGURA 26: Horas dentro y fuera de confort invierno edificios estudiados, Fuente; Autor.....	48
FIGURA 27: Horas dentro y fuera de confort verano en edificios estudiados, Fuente: Autor.....	48
FIGURA 28: Comportamiento elementos transparentes, Fuente: Autor generado con programa Design Builder.....	54

FIGURA 29: Comportamiento elementos opacos, Fuente: Autor generado con programa Design Builder .....	55
FIGURA 30: Comparativo temperatura-humedad relativa Edificio Mirage: Fuente: Autor, generado con programa Design Builder .....	55
FIGURA 31: Comparativo temperatura-humedad relativa Edificio Urban Plaza: Fuente: Autor, generado con programa Design Builder .....	56
FIGURA 32: Comparativo temperatura-humedad relativa Edificio Quito Publishing House: Fuente: Autor, generado con programa Design Builder .....	56
FIGURA 33: Necesidad en horas de calefacción y enfriamiento edificios estudiados-invierno, Fuente: Autor.....	57
FIGURA 34: Necesida en horas de calefacción y enfriamiento edificios estudiados-verano, Fuente: Autor .....	57
FIGURA 35: Horas con necesidad de refrigeración Edificio Mirage, Fuente Autor .....	58
FIGURA 36: Horas con necesidad de refrigeración Edificio Urban Plaza, Fuente Autor .....	58
FIGURA 37: Horas con necesidad de refrigeración Edificio Quito Publishing House, Fuente Autor .....	58
FIGURA 38: Optimización Edificio Mirage, Fuente Autor .....	61
FIGURA 39: Grafica de optimización Edificio Mirage, Fuente: Autor, generado con programa Design Builder.....	63
FIGURA 40: Confort e incomodidad con optimización Edificio Mirage, Fuente: Autor .....	63
FIGURA 41: Enfriamiento y calefacción con optimización Edificio Mirage, Fuente: Autor .....	64
FIGURA 42: Optimización Edificio Mirage, Fuente Autor .....	66

FIGURA 43: Gráfica de optimización Edificio Urban Plaza, Fuente: Autor, generado con programa Design Builder.....	67
FIGURA 44: Confort e incomodidad con optimización Edificio Mirage, Fuente: Autor .....	67
FIGURA 45: Enfriamiento y calefacción con optimización Edificio Urban Plaza, Fuente: Autor .....	68
FIGURA 46: Grafica de optimización Edificio Quito Publishing House, Fuente: Autor, generado con programa Design Builder .....	70
FIGURA 47: Confort e incomodidad con optimización Edificio Quito Publishing House, Fuente: Autor.....	70
FIGURA 48: Enfriamiento y calefacción con optimización Edificio Urban Plaza, Fuente: Autor.....	71

## Lista de Tablas

Tabla 1: Producción de calor en función de la actividad.....	12
Tabla 2: Índice de Arropamiento.....	12
Tabla 3: Zonas climáticas INHAMI .....	15
Tabla 4: Coeficiente global U en Función del tipo de cerramiento y la zona climática W/m <sup>2</sup> K .....	21
Tabla 5: Resistencias térmicas interiores y exteriores.....	22
Tabla 6: Evaluación de sitio .....	35
Tabla 7: Características térmicas en materiales opacos de envolvente Edificio Mirage	36
Tabla 8: Características térmicas de materiales opacos en envolvente Edificio Urban Plaza.....	37
Tabla 9: Características térmicas de materiales opacos en envolvente Edificio Quito Publishing House .....	37
Tabla 10: Características elementos transparentes en envolventes de edificios estudiados .....	37
Tabla 11: Resumen de pérdidas y ganancias térmicas en edificios estudiados.....	38
Tabla 12: Caudal mínimo de ventilación para edificio Mirage .....	39
Tabla 13: Caudal mínimo de ventilación para Edificio Urban Plaza .....	40
Tabla 14: Caudal mínimo de ventilación para edificio Quito Publishing House .....	40
Tabla 15: Caudal de ventilación calculado Edificio Mirage .....	40
Tabla 16: Caudal de ventilación calculado Edificio Urban Plaza .....	41
Tabla 17: Caudal de ventilación calculado Edificio Quito Publishing House .....	41
Tabla 18: Cambios de aire en edificios estudiados.....	41
Tabla 19: Promedios de irradiancia anual .....	50
Tabla 20: Características de Diseño edificios estudiados.....	51

Tabla 21: Humedad relativa en edificios estudiados .....	53
Tabla 22: Valores para optimización Edificio Mirage .....	62
Tabla 23: Valores para optimización Edificio Urban Plaza .....	65
Tabla 24: Valores para optimización Edificio Urban Plaza .....	69

## **Lista de Anexos**

### **Anexo 1: Diagramas Climáticos Quito**

- 1.1- Diagrama de Rango Anual de Temperaturas Quito
- 1.2- Diagrama Promedios Diurnos Mensuales – Temperaturas máxima, mínima y media Quito
- 1.3- Diagrama de Rango de Radiación Solar y Horas de Luz Natural Quito
- 1.4.- Diagramas Mensuales de Temperatura y Humedad Relativa Quito
- 1.5- Diagrama en 3 dimensiones de las temperaturas mensuales por mes y hora Quito
- 1.6- Diagrama de visualización de lineal de temperaturas mensuales por mes y hora Quito
- 1.7- Diagrama anual de recorrido solar para la localidad de Quito
- 1.8- Diagrama de Rosa de Viento de Quito con dirección predominante y velocidad
- 1.9- Diagrama de sombra y soleamiento para ventanas orientadas al sur para Quito
- 1.10.- Diagrama de sombra y soleamiento para ventanas orientadas al norte, de Diciembre a Junio y de Junio a Diciembre para Quito.

### **Anexo 2: Cálculos de pérdidas y ganancias térmicas**

- 2.1 Cálculo de coeficientes de pérdidas térmicas
- 2.2 Cálculo de coeficientes de ganancias térmicas

### **Anexo 3: Fichas de evaluación y protocolos de medición**

## **RESUMEN**

A nivel global el hábitat construido genera alrededor del 40% de las emisiones de gases de efecto invernadero y representa el 35% de la demanda global de energía, considerando que esta proviene en un 70% de combustibles fósiles que son una fuente no renovable y contaminante, es una prioridad evaluar el grado de eficiencia energética de los componentes de las edificaciones (International Energy Agency, 2015).

En un edificio, la envolvente es el elemento encargado de regular las condiciones e impactos provenientes del exterior: temperatura, humedad, viento, ruido etc. Por este motivo es esencial evaluar su comportamiento y las relaciones que influyen de forma directa en su desempeño (Fernández, 2011).

Dentro de estas interacciones, son de especial importancia aquellas que buscan un equilibrio térmico-energético para lograr proteger, aislar o beneficiar al edificio y sus ocupantes de las de condiciones ambientales.

Esta investigación busca analizar la eficiencia energética de la envolvente de tres edificios de oficinas construidos en la ciudad de Quito. Se usa como punto de partida el año 2011, ya que es la fecha de entrada en vigencia de la Norma Ecuatoriana de la Construcción capítulo 13 (NEC 11 Capítulo 13) y la presentada por el Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN 2 506:2009 de eficiencia energética. Con la ayuda de datos sobre el crecimiento inmobiliario de la ciudad, se determina el sector con mayor cantidad de edificios en esta tipología construidos en los últimos cinco años. En estos se hace un análisis de las características constructivas y de materialidad de su envolvente; y se propone una evaluación comparativa - cuantitativa en relación a las normativas existentes en el país. Se establece si en este periodo la eficiencia energética en la envolvente efectivamente ha tenido lugar y cuáles son las características de diseño, constructivas y de materialidad que más la benefician o afectan.

## **PROBLEMÁTICA**

El análisis desarrollado en el año 2002 por la Organización Mundial de la Salud (OMS) indica que el 84% de las personas económicamente activas permanecen la tercera parte de su tiempo en el lugar de trabajo; y demuestra que las condiciones de habitabilidad y confort que brinden estos influye en un 53% en el desempeño laboral de los trabajadores (O.M.S, 2010)

En el país, se construye un promedio anual de 1.3 millones de metros cuadrados de edificios destinados a oficinas, de estos el 38% están en la capital y se han construido en la última década en la zona nororiental de la ciudad. (GRIDCON, 2015). Peralta y Moya (2012) en su obra "Guía Arquitectónica de Quito" señalan que estas construcciones han respondido a tendencias internacionales de diseño más que a un afán de adquirir identidad y acoplarse a condiciones locales.

De acuerdo a los informes de la Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo (UNEP, 2012), los edificios son los segundos consumidores de energía final en el mundo; el incremento acelerado en la población y el desarrollo inmobiliario de las zonas urbanas en los últimos diez años ha triplicado la demanda de energía para su funcionamiento.

Por esto es necesario evaluar la eficiencia energética de los componentes críticos de los edificios por ejemplo la envolvente, como un esfuerzo enfocado en: optimizar el consumo energético, mejorar su diseño térmico, lograr la comodidad de sus ocupantes, disminuir la dependencia de recursos no renovables, contribuir a la mitigación de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmosfera, y promover el diseño de edificios más eficientes. (Burton, 2001).

## **JUSTIFICACIÓN**

Es muy importante para el país contar con estudios e indicadores de eficiencia energética propios, y en este caso con uno referente al desempeño energético de las envolventes de los edificios usados para oficinas en la ciudad de Quito.

Conociendo la incidencia que tienen las diferentes variables se podrá: fortalecer aquellos factores favorables y minimizar los que sean desfavorables; para mejorar el desempeño energético-térmico y por consiguiente las condiciones de confort de los usuarios; generar conocimiento para el diseño de nuevas edificaciones y proponer mejoras adecuadas en las existentes. De esta manera se puede alinear con los principios de ahorro de recursos y protección del medio ambiente que requiere la política energética del país.

## **HIPÓTESIS**

Se plantea como hipótesis que “El diseño, los materiales utilizados y la técnica constructiva de la envolvente de los edificios estudiados, no optimiza su comportamiento térmico energético ni ha tomado en cuenta los requerimientos de la normativa vigente en el país”

## **PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Cómo evaluar la eficiencia energética en la envolvente de los edificios de oficinas de Quito, construidos desde el año 2011?

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Evaluar la eficiencia energética en la envolvente de los edificios de oficinas, construidos a partir del año 2011, fecha de vigencia de la Norma Ecuatoriana de la Construcción

capítulo 13 y la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2 506:2009 de eficiencia energética, y evaluar cómo su diseño, sistemas constructivos y materialidad influyen en ella.

### **Objetivos Específicos**

- Determinar si las Normas existentes en el país con relación a la eficiencia energética, contribuyen a que la envolvente tenga un mejor desempeño.
- Identificar las oportunidades de optimización, para que por medio de los edificios analizados aporten para los nuevos proyectos.
- Determinar soluciones de diseño, constructivas y de materiales adecuadas al clima de la ciudad de Quito.
- Aportar con protocolos y métodos de evaluación simplificados y precisos, que sean a futuro aplicables en edificios de similares condiciones.

### **METODOLOGÍA**

Se realiza una investigación de tipo cuantitativa, y comparativa. Los datos recabados se obtienen por medio de la medición en sitio, el análisis numérico y las simulaciones digitales. Las fuentes de información son documentales y de campo.

Se pretende identificar el comportamiento térmico de los envolventes de los edificios seleccionados, a través de métodos simplificados con instrumentos sencillos.

Se adapta el método desarrollado por el investigador argentino Jorge Daniel Czajkowski en relación a la auditoria energética de edificios, quien plantea la necesidad de realizar una evaluación parametrizada de los elementos a estudiarse, que se compone seis etapas: levantamiento de la información, medición, calificación y comparación, diagnóstico, mejoras e implementación.

-Etapa 1

Medición geométrica del edificio, análisis de las condiciones climáticas del sitio, parametrización de los elementos a evaluarse.

-Etapa 2

Cálculos numéricos, análisis térmicos y modelaciones basados en resultados de la primera etapa.

-Etapa 3

Análisis comparativo con los requerimientos de la N.E.C capítulo 13, INEN 2 506:2009 de eficiencia energética, que resulten aplicables al caso de estudio.

-Etapa 4

Diagnóstico que dé cuenta de la evaluación. A partir de este análisis, se establece y pone en relación de importancia los factores que determinan el comportamiento de los edificios y se proponen escenarios de optimización.

-Etapa 5

Mejoras, se detalla posibles soluciones, debidamente evaluadas y sustentadas, mediante simulaciones y cálculos numéricos. Se entregarán una serie de estrategias que ayuden al desempeño de los edificios que en el análisis salieron deficientes.

-Etapa 6

Implementación, una vez analizadas todas las medidas individualmente, se aborda el problema de la optimización energética y de confort de una forma integral.

De las mejoras presentadas, se establecen una serie de criterios de clasificación y de selección para que aporten pautas de diseño y mejora para los nuevos edificios de oficinas en la ciudad de Quito.

## **CAPITULO 1**

### **Marco Teórico**

#### **1.- Energía**

##### **1.1 Eficiencia energética en edificios**

Asimilar un edificio como un sistema energético, ayuda a comprender la importancia que tiene cada uno de sus elementos y la relación armónica que debe existir entre ellos. La edificación tiene como reto, generar, recibir, almacenar y distribuir energía térmica y eléctrica de forma inteligente. El proyectista define el futuro energético de un edificio de por vida (Díaz, 2005); es indispensable conocer al detalle las condiciones climáticas del sitio donde se emplaza, definir las características constructivas y la influencia de las actividades que se desarrollan dentro, para poder llegar a un balance energético óptimo. Precisamente la eficiencia energética se encarga de vigilar por la gestión inteligente de estos recursos, promoviendo un consumo más responsable, una mejor planificación y en la actualidad buscando crear marcos normativos especializados.

##### **1.2 Normativa vigente en el país**

La NEC 11 capítulo 13 y la NTE INEN 2 506:2009 de eficiencia energética, han sido puestas en vigencia a partir del año 2011, con el fin de promover la sostenibilidad y eficiencia en el diseño y construcción de edificaciones. Las dos normas buscan reducir el consumo de combustibles fósiles y recursos no renovables, además de contribuir a evitar las emisiones de gases efecto invernadero.

Está vigente para edificios y nuevas construcciones así como para rehabilitaciones de una superficie útil superior a 1000 m<sup>2</sup>. El INEN y el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, son las instituciones gubernamentales encargadas del control de su ejecución, para esto se establece la necesidad que todo proyecto cuente con una memoria técnica

que justifique los distintos aspectos considerados en el proyecto y su grado de cumplimiento respecto al marco normativo vigente así como de las estrategias adoptadas.

### **1.3 Envolvente**

La NEC 11 capítulo 13 de Eficiencia Energética señala que las edificaciones dispondrán de un cerramiento o envolvente que limite adecuadamente la demanda energética necesaria para alcanzar el confort térmico; y de calidad de aire, en función del clima de la localidad y del uso del edificio.

“La envolvente del edificio, está compuesta por todos los cerramientos que limitan espacios habitables con el medio en donde se implanta y por todas las divisiones interiores que limitan estos con los espacios no habitables que a su vez estén en contacto con el ambiente exterior”. (NEC 11 Capítulo 13)

### **1.4 Tipos de energía en un edificio**

Es necesario establecer los dos tipos de energía que intervienen en el funcionamiento de un edificio: La energía primaria es la que tiene su origen en la naturaleza, y la energía final que es aquella que proviene de la transformación de la primaria. En nuestro país esta proviene en un 58% de la generación hidroeléctrica según datos del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER, 2015).

Los proyectistas deben optimizar en las construcciones el recurso energético. El parámetro usado a nivel global para calificar este desempeño es la cantidad emisiones de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) que generan hacia la atmosfera.

La energía final que mayor cantidad de CO<sub>2</sub> produce es la eléctrica, por lo que el mayor grado de cuidado de los diseños de edificaciones debe estar orientado a la racionalización de su uso. (Szokolay 2004).

### **1.5 Unidades de medida**

El comportamiento energético de un edificio emplea como unidades fundamentales al Julio, el cual expresa la capacidad de realizar un trabajo, si se lo relaciona con una unidad básica de tiempo se tiene el w que es igual a un julio por segundo.

La conversión más universalizada es el Kw/h que resulta de relacionar a los julios y watts en periodo extendido de tiempo como se muestra a continuación:

$$1\text{kWh}=1000 \frac{\text{julios}}{\text{segundo}} \times 3600 \text{ segundos} = 3.600.000 \text{ julios}$$

### **1.6 Demanda energética en un edificio**

Esta investigación se enfocará en la optimización de la demanda energética requerida por el diseño de la envolvente, centrándose en la no utilización o reducción de la capacidad de los sistemas de climatización en cada uno de los edificios estudiados.

Para esto se emplearán métodos de cálculo estático y simulación dinámica que asocien periodos anuales extremos de las dos estaciones predominantes en nuestro país (invierno-verano), con demandas energéticas y periodos de confort térmico.

La demanda tiene una alta dependencia de cuatro factores básicos (Turner, 2010)

- Condiciones climáticas.
- Características constructivas
- Características ocupacionales y de funcionamiento de la edificación.
- Desempeño térmico de la envolvente del edificio.

### **1.7 Balance energético del edificio**

Se define como la diferencia producida entre las ganancias y pérdidas energéticas en un momento dado. Su obtención se basa en la estimación que se haga con un análisis estático que defina lo siguiente:

- Las condiciones de confort que se desea alcanzar, en este caso las solicitadas en la normativa vigente en el país.

- Las condiciones climáticas exteriores a las que se adaptaran en el edificio, para este trabajo el sector nororiental de la ciudad de Quito.
- Las pérdidas y ganancias a través de la envolvente o del edificio
- La generación de pérdidas o ganancias por ventilación
- La incidencia de la radiación solar
- La incidencia por ganancias internas por sus ocupantes y equipos instalados
- El análisis climático que valide los estudios anteriores en condiciones definidas típicas de una época.

### **1.8 Transferencia de energía calorífica**

El comportamiento térmico-energético de la envolvente de una edificación, se fundamenta en las leyes físicas de la termodinámica (Lamberts, 1997).

La primera ley de la termodinámica señala. “La energía no se pierde, sino que se transforma”. (Nottoli, 2004).

La segunda ley de la termodinámica indica la dirección en que se llevan a cabo las transformaciones energéticas. El flujo de calor siempre es unidireccional, desde los cuerpos de temperatura más alta a aquellos de temperatura más baja. En esta ley aparece el concepto de entropía, definida como la magnitud física que mide la parte de la energía que no puede utilizarse para producir un trabajo. (Nottoli, 2004).

La tercera de las leyes de la termodinámica afirma que es imposible alcanzar una temperatura igual al cero absoluto, ya que a medida que un sistema dado se aproxima al cero absoluto, su entropía tiende a un valor constante específico. (Nottoli, 2004).

En la envolvente edilicia se da principalmente la transferencia y transformación de energía calorífica en tres formas:

#### **1.8.1 Conducción.**

La forma más básica de transferencia de energía térmica, al juntar dos cuerpos con distinta temperatura se origina una transferencia de energía hasta llegar a un equilibrio. Dependiendo de la conductividad de cada material, estos pueden conducir calor a mayor velocidad. (Nottoli, 2004).

### **1.8.2 Convección.**

Producida entre un sólido y un fluido a distinta temperatura, para esta investigación este fenómeno se produce en el envolvente de los edificios, y el aire exterior e interior con el que está en contacto. La obtención de estos valores es compleja, por ellos se utilizan coeficientes empíricos avalados por estudios en laboratorios, que comprenden el efecto conjunto de convección y radiación, denominado coeficiente superficial o de paso de calor. (Nottoli, 2004).

### **1.8.3 Radiación.**

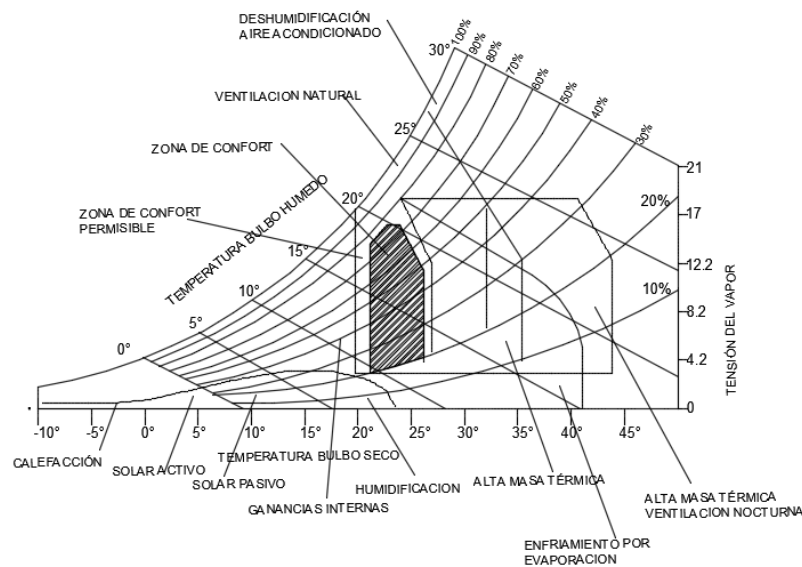
La que se produce por ondas electromagnéticas a partir de un emisor, así en un edificio se distingue la radiación de onda corta aportada por el sol y la infrarroja generada por los objetos como suelos y paredes, que influirán en el balance energético final. Esta transmisión se da sin contacto entre los cuerpos en forma de energía radiante. (Nottoli, 2004)

## **2.-Confort y equilibrio térmico**

### **2.1 Confort higrotérmico**

Al diseñar un edificio se pretende generar las mejores condiciones interiores, para ello es necesario establecer cuáles son las condiciones óptimas de una forma precisa, esto se basa en un estudio subjetivo de la sensación de los ocupantes. Esta sensación se define como confort higrotérmico, el que da una referencia de la percepción de una persona respecto a la temperatura y humedad de un espacio. (Redondo, 2013).

Al ser subjetivo, se adopta una representación gráfica que establezca un rango de combinaciones posibles que entran dentro de una denominada zona de confort. Para esto se utiliza el diagrama de Givoni, el que establece combinaciones distintas de humedad y temperaturas. Si esta combinación cae la zona de confort permisible bastara modificar la vestimenta para entrar en confort. Existe otra zona que son las medidas pasivas, en donde las intervenciones son relacionadas al buen uso de los recursos naturales como por ejemplo el viento. Finalmente, la zona de medidas activas precisa de sistemas energéticos que generen frio o calor según la demanda. (Thomas, 1999).



**FIGURA 1:** Diagrama bioclimático de Givoni, Fuente: Hernández (2014)

Para entender el funcionamiento de este diagrama es necesario tener claro los siguientes conceptos:

**2.1.1 La temperatura operativa** que es la percibida por el cuerpo humano en el interior de un edificio. Su obtención relaciona la temperatura seca del aire con la temperatura radiante de los cerramientos del local en la siguiente ecuación:

$$T_{op} = \frac{T_a + T_r}{2}$$

Donde

Top, es temperatura operativa en °C

Ta, es la temperatura del aire seco en °C

Tr, es la temperatura radiante de las superficies del local en °C

**2.1.2 El índice metabólico**, mide la actividad física de las personas marcando una relación directa con la ganancia calorífica que esta produce.

**Tabla 1:** Producción de calor en función de la actividad

ACTIVIDAD	W/m2	W/Persona contorno
Metabolismo Base	45 W/m2	81
Sentado en reposo	60 W/m2	108
De Pie en Reposo	65 W/m2	117
Trabajando en la oficina	75 W/m2	135
Andando en Terreno llano (3,5 KM/H)	115 W/m2	215
Trabajo Manual Pesado	250 W/m2	450
Hacienda Deporte	320 W/m2	576

*Fuente:* Redondo (2013)

El índice de arropamiento es una representación de la capacidad de aislar que tiene la ropa usada por las personas en un determinado espacio. Su unidad de medida es el clo el que equivale a 0.155 m<sup>2</sup>k/w.

**Tabla 2:** Índice de Arropamiento

Nivel	Descripción	Valor Medio	Intervalo	Ejemplo
Nivel 0	Desnudo	0 clo	0 A 0,3 clo	Bañador
Nivel 1	Ropa Ligera	0,5 clo	0,3 A 0,7 clo	Ropa Verano
Nivel 2	Ropa Media	1 clo	0,7 A 1,3 clo	Ropa Invierno
Nivel 3	Ropa Pesada	1,5 clo	> 1,5 clo	Ropa de invierno exterior

*Fuente:* Díaz (2005)

## 2.2 Modelos de confort

Con el fin de reflejar la incidencia de la envolvente sobre el confort de los usuarios de los espacios estudiados, se usa el modelo de confort adaptativo de la American Society of

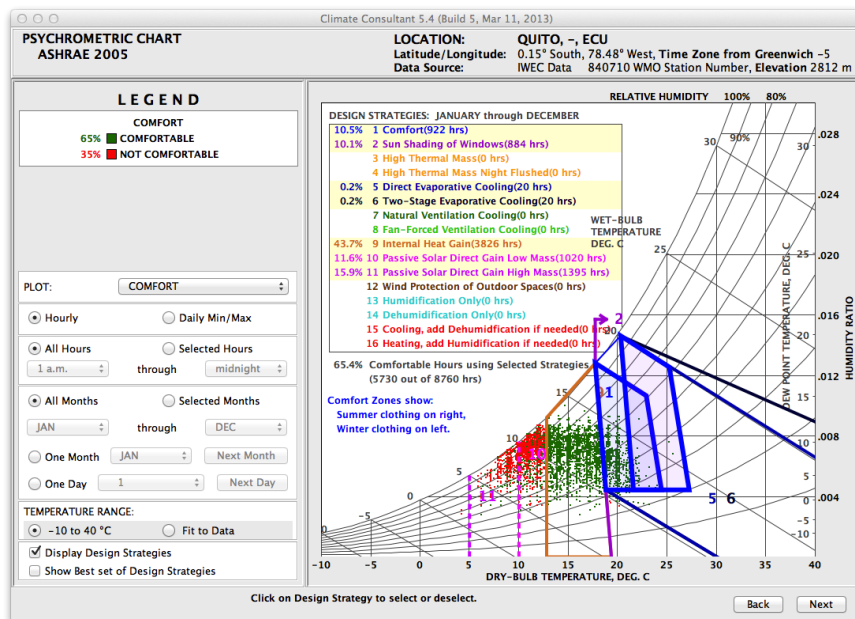
Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE 55,2000). El propósito de este estándar, tal y como en el mismo se expresa, es especificar la combinación de factores térmicos ambientales y personales que producirán condiciones ambientales térmicas aceptables a la mayoría de los ocupantes en un espacio en un periodo de tiempo. Se trabaja con este modelo por la diferenciación que hace entre edificios ventilados naturalmente y edificios acondicionados mecánicamente.

Para poder utilizar este método el espacio debe cumplir los siguientes parámetros: Los ocupantes deben tener el control de los sistemas de acondicionamiento, y las condiciones térmicas del edificio deben ser reguladas principalmente a través del control de las ventanas (ventilación natural). Por lo tanto, los espacios deben estar equipados con ventanas operables. Puede usarse ventilación mecánica sin enfriamiento del aire. Este método solo es aplicable cuando los ocupantes realizan una actividad sedentaria, con tasa metabólicas entre 1 y 1.3 met. (Redondo, 2013).

Además, indica que los usuarios deben de tener libertad para adaptar su vestimenta en función del clima interior y exterior. Es importante el hecho de que la incomodidad local ya se considere incluida en los valores de 10% o 20% de incomodidad, según los límites de temperatura operativa elegidas. Esto se debe a que estos límites son resultado de ensayos de campo, donde los ocupantes ya están sometidos a los factores que pueden provocar la incomodidad local, por lo tanto sus valoraciones de percepción térmica ya los incluyen. (Thomas, 1999).

Por último hay que resaltar que las condiciones necesarias para aplicar este método coinciden con las condiciones descritas en la norma ISO 7730 como necesarias para que se produzca adaptación, norma que es referencia para la NEC 11 capítulo 13 e INEN 2 506:2009 de Eficiencia Energética

Con la ayuda del programa Climate Consultant se elaboró, un gráfico psicrométrico para determinar las necesidades de acondicionamiento para la ciudad de Quito.



**FIGURA 2:** Estrategias climáticas para la ciudad de Quito,  
Fuente: Software Climate Consultant

Como se puede observar en el gráfico psicrométrico de estrategias climáticas, las temperaturas máximas y mínimas para Quito caen fuera de la zona de confort adaptada, requiriendo de estrategias de optimización de ganancia solar y almacenamiento de energía para preservación de calor para llegar a un 65% del tiempo a condiciones óptimas de confort. El restante 35% son momentos en los cuales se necesitara que los ocupantes incrementen su vestimenta, o hagan uso de sistemas de producción de calor como chimeneas o calentadores de ambiente por radiación.

### 2.3 Zonas Climáticas en el Ecuador

En la NEC 11 capítulo 13 se recoge el mapa de isotermas del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), definiéndose en el país seis zonas térmicas clasificadas de acuerdo temperaturas medias registradas. Se ubica a Quito en la zona térmica 3 (ZT3)

**Tabla 3:** Zonas climáticas INHAMI

Zona Climática	Rango de Temperatura según datos de INHAMI
<b>ZT1</b>	6-10°C
<b>ZT2</b>	10 – 14°C
<b>ZT3</b>	14 – 18°C
<b>ZT4</b>	18 – 22°C
<b>ZT6</b>	25 – 27°C

*Fuente:* NEC 11 capítulo 13, Edición: Autor

## 2.4 Condiciones exteriores

Tomando en consideración que el medio donde se implanta un edificio condiciona su comportamiento, en base a los datos obtenidos del programa Climate Consultant, y los anuarios meteorológicos del INAMHI se ha establecido un año tipo que permita determinar las principales características del clima de la ciudad de Quito en las distintas épocas del año.

El año climático tipo lo componen los datos que estadísticamente tienen más posibilidad de producirse en una localidad, se analiza 30 años (desde 1980 hasta 2010), descartando los años en los cuales han existido presencia de cambios inusuales, como “El Fenómeno del Niño que son 1983, 1992, 1997, 1998 y 2002; (Ministerio De Salud Pública De Ecuador, 2000) . El año tipo definido es 1993.

Los parámetros analizados en el programa Climate Consultant fueron:

- Temperaturas máximas
- Temperaturas Mínimas
- Temperatura de bulbo seco
- Temperatura de bulbo húmedo
- Humedad Relativa
- Presión atmosférica

-Precipitación

-Viento

Los resultados del análisis fueron: (ver Anexo 1)

- Diagrama de Rango Anual de Temperaturas Quito

- Diagrama Promedios Diurnos Mensuales – Temperaturas máxima, mínima y media Quito

- Diagrama de Rango de Radiación Solar y Horas de Luz Natural Quito

.- Diagramas Mensuales de Temperatura y Humedad Relativa Quito

- Diagrama en 3 dimensiones de las temperaturas mensuales por mes y hora Quito

- Diagrama de visualización de lineal de temperaturas mensuales por mes y hora Quito

- Diagrama anual de recorrido solar para la localidad de Quito

- Diagrama de Rosa de Viento de Quito con dirección predominante y velocidad

- Diagrama de sombra y soleamiento para ventanas orientadas al sur para Quito

.- Diagrama de sombra y soleamiento para ventanas orientadas al norte, de Diciembre a Junio y de Junio a Diciembre para Quito.

Las temperaturas para QUITO caen en su mayoría fuera del rango de confort adaptable designado para el análisis, de 19 a 28 grados centígrados. Únicamente las temperaturas altas diurnas ocurridas entre las 10am y 3pm, tienen posibilidad de entrar dentro del rango de confort en los días más cálidos.

La temperatura promedio se mantiene en los 17 grados centígrados mientras que se cuenta con picos de temperatura máxima de 23 grados y temperaturas mínimas de entre 9 y 10 grados centígrados. Este clima es clima Templado Andino. (Ver Anexo 1, diagrama 1.3 y 1.4). Las temperaturas son casi constantes durante todo el año en los 20 grados centígrados desde las 10:00am hasta 4pm con mínimas de 17 grados. Por la tarde, noche y amanecer las temperaturas de Quito bajan entre los 9 y 15 grados centígrados.

El análisis permite identificar estrategias pasivas de aprovechamiento de soleamiento, masa térmica para ganancia de calor y protección de viento, con las que se logra llegar a condiciones de confort interior durante el 65.4% de horas evaluadas, es importante resaltar que los datos históricos para la humedad relativa media en la ciudad de Quito muestran un porcentaje del 72 % (INAMHI, 2002), lo que también está sobre el límite de confort establecido en la NEC 11 capítulo 13 cuyos valores junto a los referentes a temperatura y viento se muestran a continuación:

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

## **2.5 Incidencia solar en edificios**

La incidencia de radiación solar sobre un edificio se da por tres vías:

- Radiación directa, la cual es recibida por el planeta tierra y está relacionada en forma directa con el clima de la región y el ángulo de incidencia solar
- Radiación difusa del cielo, la que es absorbida por la atmosfera y luego cedida, alcanzada por todas las superficies desde cualquier parte del cielo
- Radiación del suelo y superficies, la que refleja el suelo y objetos adyacentes.

Estos fenómenos se pueden cuantificar en la envolvente de un edificio en tres formas

- La radiación que es el flujo de energía desde el sol en un momento dado y que se mide en kw
- La irradiancia que es el flujo de radiación del sol sobre una superficie y que se mide en kw/m<sup>2</sup>
- La irradiación que expresa la radiación recibida en determinada superficie en un periodo de tiempo, por tanto se expresa en kwh/m<sup>2</sup>

Los elementos que reciben este aporte o ganancia solar son:

-Elementos opacos

El sol incide sobre las fachadas haciendo que elementos como los antepechos y paredes exteriores se calienten y transmitan calor al interior de la edificación, el tiempo para que se produzca este flujo energético está en función de la inercia y amortiguamiento térmico de la pared, así como su desfase térmico el cual demuestra en horas el periodo para liberar esta energía acumulada.

La NEC 11 capítulo 13, señala que en zonas frías, se deberá almacenar la radiación solar en elementos macizos cuya inercia permita la acumulación de calor en la fachada. Este calor debe ser restituido gradualmente por convección y radiación en las horas nocturnas, se debe limitar los intercambios de temperatura con el exterior, reforzar el aislamiento térmico y disminuir el movimiento del aire.

- En elementos transparentes

Estos elementos manejan la radiación en tres formas, una parte la absorben, otra es reflejada al exterior y la mayor parte es transmitida al interior.

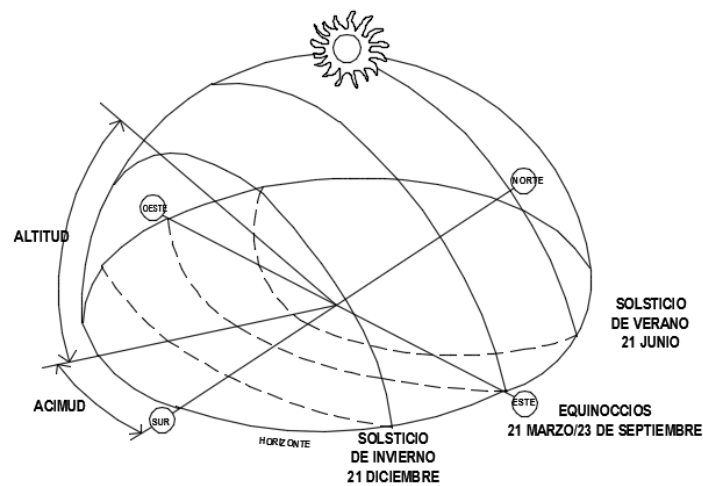
Para este tipo de elementos la NEC 11 capítulo 13 indica que, el nivel de asoleamiento a través de superficies transparentes determina la ganancia térmica; en zonas climáticas frías promueve fomentar la incidencia de la radiación sobre estas. Expone que el diseño arquitectónico no debe verse condicionado en su aspecto estético formal, sino al desempeño global del edificio.

### **2.5.1 Trayectoria solar**

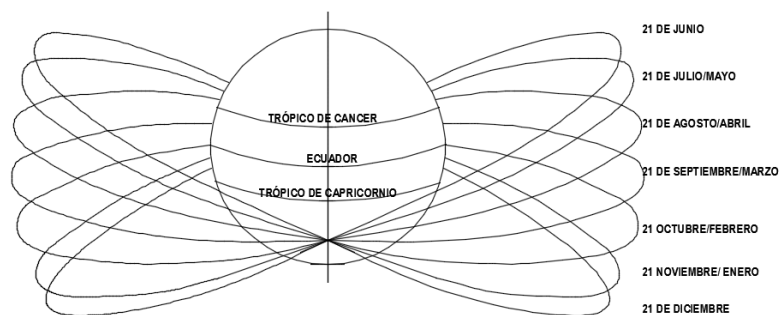
Considerando la importancia de la orientación de los elementos de una envolvente respecto al sol, es indispensable identificar el recorrido de la elíptica solar en relación a los movimientos de rotación y traslación de la tierra.

Lacomba (1991) afirma que las fechas más significativas respecto a la posición de la tierra – sol y la incidencia de sus rayos en la superficie terrestre son: a) 21 de Marzo y 23 de Septiembre equinoccios de primavera, y otoño, b) 21 de Junio y 21 de diciembre, solsticios de verano e invierno.

El mismo autor señala que estas fechas son claves para un estudio de impacto solar en una envolvente así como para un estudio de sombras incidentes desde y hacia el edificio, y sugiere considerar la altitud solar dada a distintas horas desde el amanecer al atardecer. También determinan la orientación y magnitud de las protecciones solares en caso de ser necesarias.



**FIGURA 3:** Trayectoria solar, Fuente: Lacomba (1991)



**FIGURA 4:** Fechas determinantes en el recorrido solar, Fuente Lacomba (1991)

## **2.6 Orientación y compacidad del edificio**

La radiación recibida por la envolvente edilicia, está determinada por dos variables: la compacidad y la orientación. La primera expresa la relación entre el volumen total del edificio y su área en contacto con el medio exterior. Es decir, un edificio poco compacto presenta mayor intercambio energético térmico con su entorno y al contrario con un edificio compacto. La NEC 11 capítulo 13 indica que: Un edificio compacto no tiene garantizada su eficiencia térmica como podría pensarse, pues dependiendo del uso que vaya a tener la edificación pueden darse formas que por necesidades lumínicas por ejemplo requieran de formas alargadas.

La NTE INEN 2 506:2009, plantea la evaluación del factor forma el mismo que en zonas de clima templado frío, debe estar entre 0,5 y 0,8, este factor debe ser obtenido mediante la siguiente fórmula:

$$f = \text{superficie} / \text{volumen}$$

.La segunda variable es la orientación, está determinada por la posición en que se implanta frente al recorrido solar un determinado edificio, aunque en la mayor parte de casos no puede ser escogida o seleccionada, son las estrategias de diseño las que protegen al edificio o a su vez lo exponen con el fin de equilibrar el balance térmico y energético.

En la normativa vigente en el país se determina que se orientará la edificación de acuerdo a las necesidades de ganancia o protección solar y de ventilación, calidad de aire y aislamiento acústico.

Para efectos térmicos, en la zona climática donde se encuentra la ciudad de Quito se recomienda que las fachadas principales tengan orientaciones Este y Oeste ya que maximizan la ganancia solar directa en la mañana o en la tarde.(NEC 11 capítulo 13)

## **2.7 Medios pasivos para alcanzar equilibrio térmico energético**

En climas templados-fríos la eficiencia térmica-energética de la envolvente puede conseguirse en un alto porcentaje con una adecuada selección de materiales, un estudio detallado de las propiedades de estos y el manejo adecuado de la ventilación. (Lacomba 1991). Las propiedades a observar y verificar son las siguientes:

### 2.7.1 Conductividad Térmica (w/mk)

Definida como la "capacidad de un material para transmitir calor, mientras más baja es esta mayor la capacidad del material de aislar." (Redondo, 2013, p.94)

### 2.7.2 Transmitancia Térmica (w/m<sup>2</sup>k)

Está definida como la cantidad de calor que pasa por un elemento por unidad de superficie y de tiempo, medida en w/m<sup>2</sup> k en un tiempo determinado. Es decir relaciona la conductividad con el espesor del material en un segundo de tiempo. Al representar la facilidad del material para transmitir calor, su opuesto es la resistencia térmica fenómeno que se mide en m<sup>2</sup> k/w. (Redondo, 2013, p.95)

La NEC 11 capítulo 13 restringe el coeficiente global de transmitancia térmica máximos de la envolvente del edificio en la zona climática ZT3 de acuerdo a la siguiente tabla.

**Tabla 4:** Coeficiente global U en Función del tipo de cerramiento y la zona climática W/m<sup>2</sup>K

Fachadas en contacto con el aire	Cerramientos en contacto con el terreno	Cubiertas en contacto con el aire	Cerramientos en contacto con espacios no habitados no ventilados y medianeras	Cerramientos en contacto con espacios no habitados ventilados	Ventanas y lucernarios
1,80	1,80	1,50	2,50	2,50	5,70

**Fuente:** NEC 11 capítulo 13, Edición: Autor

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

*Tabla 5:* Resistencias térmicas interiores y exteriores

<b>POSICIÓN DEL CERRAMIENTO Y SENTIDO DEL FLUJO DE CALOR</b>	<b>Rse</b>	<b>Rsi</b>
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal > 60° y flujo horizontal	0.04	0.13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤ 60° y flujo ascendente	0.04	0.10
Cerramientos horizontales y flujo descendente	0.04	0.17

*Fuente:* NEC 11 capítulo 13

### **2.7.3 Densidad.**

Es la proporción de masa contenida en cierto volumen de material (kgm<sup>3</sup>), incide de forma directa sobre la inercia térmica. (Redondo, 2013, p.94)

### **2.7.4 Inercia Térmica**

Es la capacidad que tiene la masa de conservar la energía térmica recibida e ir liberándola progresivamente, disminuyendo de esta forma la necesidad de aportación de climatización. (Redondo, 2013, p.100)

### **2.7.5 Desfase Térmico.**

Se traduce en la cantidad de horas que tardará el calor en penetrar en el interior de un determinado espacio. (Redondo, 2013, p.103)

### **2.7.6 Calor específico.**

Es la cantidad de calor que se necesita por unidad de masa para elevar la temperatura un grado Celsio. (Redondo, 2013, p.94)

### **2.7.7 Permeabilidad.**

Es la propiedad que se relaciona de forma directa la cantidad de vapor de agua que pasa por un material con su superficie, espesor y diferencia de presiones. Se evidencia cuando se forman condensaciones superficiales o intersticiales. (Redondo, 2013, p.96)

En elementos transparentes como las ventanas además de las propiedades destacadas en los párrafos anteriores es necesario considerar las siguientes propiedades:

### **2.7.8 Transparencia**

Este concepto se identifica con la capacidad de un edificio de dejar pasar la radiación solar a su interior y por lo tanto, se relaciona directamente con sus aberturas y protecciones solares. La transparencia del vidrio es una propiedad por la cual se permite transmitir luz, calor radiante y otros tipos de radiaciones. (Vásquez, 2006). Cuando la radiación solar atraviesa una superficie transparente a la radiación de onda corta, como es el caso del vidrio, ocurren tres fenómenos: una parte de la radiación es absorbida por el material, que luego es re-irradiada hacia el interior y el exterior en forma de onda larga, la otra parte es reflejada y la última parte es transmitida hacia el interior. (Vásquez, 2006.) Al momento de evaluar un envolvente vidriado es necesario considerar las siguientes características del material:

#### **2.7.8.1. Coeficiente ganancia solar térmica \_ Solar Heat Gain Coefficient (SHGS):**

Es la relación entre el calor total solar que atraviesa por un vidrio, en relación al calor solar incidente perpendicular sobre la superficie del vidrio. Cuanto menor sea el número del coeficiente de un sistema vidrio/película, mejor es la capacidad de reducir el calor. (Vásquez, 2006)

#### **2.7.8.2. Emisividad:**

Es la capacidad que tiene el vidrio para absorber o reflejar la radiación de infrarrojos lejanos, expresando la proporción entre la energía emitida por dicho vidrio y la energía que emitiría un cuerpo negro ideal, dada la misma temperatura e igual superficie. Por convención, al cuerpo negro ideal se le ha asignado una emisividad del 100% y a cualquier vidrio una emisividad entre 0% y 100%.(Vásquez, 2006)

#### **2.7.8.3. Coeficiente de Sombra - Shading Coefficient (SC):**

Es un coeficiente que relaciona la transmisión total de energía de un vidrio estándar (flotado incoloro de 3mm) con cualquier otro tipo de soluciones vidriadas. (Vásquez, 2006)

#### **2.7.8.4. Reflectancia:**

Es un parámetro que indica la cantidad de radiación solar que es reflejada por un vidrio comparada con la radiación solar que incide sobre él. Se mide en porcentajes (0%-100%) o fraccionales (0.0-1.0). Mientras menor sea la cifra, menor es la reflectancia solar. (Vásquez, 2006)

#### **2.7.8.5. Absortancia:**

Es la cantidad de radiación solar que es absorbida por un vidrio, comparada con la radiación solar que incide sobre él. Se puede indicar como valor porcentual (0% a 100%), o bien como un valor fraccional (0.0 a 1.0). (Vásquez, 2006)

La obtención de las propiedades descritas para lograr el equilibrio térmico- energético implica un alto grado de dificultad, y es realizada en laboratorios, por lo que para esta investigación se trabaja con tablas de cálculo alimentadas por bases de datos de la empresa española Ytong, y por datos proporcionados por los fabricantes.

### **2.7.9 Ventilación**

La ventilación disminuye la sensación de calor debido a su efecto evaporativo sobre la piel. El intercambio de aire entre el interior y exterior es la herramienta básica para regular la temperatura en los interiores del edificio a través de la envolvente (Goulding, 1992)

La NEC 11 capítulo 13 establece que para las zonas climáticas templadas-frías se limite pérdida de calor en los espacios interiores por efecto de infiltraciones de aire.

El adecuado manejo del aire pasa por la cuantificación de su uso que empieza por dimensionar correctamente las aberturas, así como de la calidad que tendrá al interior de los espacios. En este sentido es necesario definir tres escenarios. (Goulding, 1992)

-El primero en donde las infiltraciones a través de huecos en la envolvente permiten el paso del aire

-El segundo la ventilación manual, producida por la apertura de las ventanas

-Y finalmente los sistemas de ventilación en caso de que las edificaciones cuenten con uno.

La carga energética por ventilación de aire dentro de un edificio está marcada por el calor sensible que se asocia a la modificación de la temperatura y el calor latente asociado a la modificación de la humedad.

Además la NEC 11 capítulo 13 prevé para los espacios de oficinas, un requerimiento de calidad de aire y caudales de clase B es decir de regulación media, similar al requerido en viviendas, hoteles, restaurantes y cafeterías, el caudal mínimo previsto en esta norma es de 10 lt/s por persona.

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

Serra & Coch (1995) exponen la importancia de usar los datos de velocidad y sentido de incidencia del viento para poder determinar la orientación de fachadas y proporción de aberturas buscando ventilación al interior de los espacios. Los autores sugieren que las fachadas ubicadas hacia donde procede el viento (barlovento) son las que regirán en el dimensionamiento de aberturas sobre las ubicadas opuestas a estas (sotavento)

La posición geográfica del Quito, es influenciada por vientos Alisios, provenientes del noreste. Esto se confirma con los registros históricos proporcionados en los anuarios del INAHMI de la estación meteorológica M024 Ñaquito la cual se usa en esta investigación, los cuales marcan una tendencia de vientos con un promedio de 1.8 m/s de velocidad

provenientes desde el norte y el este y una velocidad promedio de 0.6 m/s para los provenientes desde el sur y el este. En el anexo 7 se muestra el diagrama de Rosa de Viento con dirección predominante y velocidad.


## CAPITULO 2


### Objetos de estudio


#### 2.1 Proceso de selección


En el año 2015 la Consultora GRIDCON presentó un estudio detallado, sobre el crecimiento inmobiliario del sector corporativo de la ciudad en los últimos cinco años. En esta se destaca que en la capital existen 1,132.615 m<sup>2</sup> en 372 edificios destinados a oficinas, y el 76% de estos se concentran en cinco distritos centrales de negocios (DCN) ubicados en la zona nororiental de la ciudad. Estos son:

 DCN 1-Av.República del Salvador

 DCN 2-Av.Amazonas Sur

 DCN 3-Av.Amazonas Norte

 DCN 4-Av.Republica

 DCN 5-Av.12 De Octubre



*FIGURA 5: Distritos centrales de negocios en Quito, Fuente: Gridcon (2015)*

El documento evidencia que el DCN 5-Av.12 De Octubre es el que tiene mayor cantidad de edificios destinados a actividades laborales y que han sido construidos en los últimos diez años.

Con esta evidencia más los planos catastrales y licencias de construcción que se encuentran en el Municipio del Distrito Metropolitano, se determinó que desde el año 2011 hasta diciembre del 2016, en el DCN 5 se construyeron 22 edificios de esta tipología. En estos se determinó las tipologías de diseño, constructivas y materialidad de sus envolventes. Luego del análisis se logró establecer que las principales características son las siguientes:

- Diez y siete edificios tienen una altura de entre diez y doce pisos e implantación aislada.
- Nueve edificios presentan envolvente de muro cortina en vidrio, y uno tiene envolvente vidriada con protección
- Doce tienen envolvente combinada, paredes y vidrios (opaco - transparente), de estos ocho tienen revestimiento exterior en fachaleta de ladrillo.

Con estas consideraciones se definieron las 3 categorías para los edificios a estudiarse, y se buscó un edificio representativo de cada una de ellas:

- Envolvente opaco- transparente.
- Envolventes vidriados sin protección solar.
- Envolvente vidriada con protección, a pesar de existir solo un edificio con estas características se lo considera por contar con certificación LEED y poder convertirse en edificio de referencia para esta investigación.

Para este trabajo se han seleccionado tres edificios representativos de las condiciones descritas:

## **2.2 Envolvente opaco-transparente**

El edificio Mirage se ubica en la avenida doce de octubre y Orellana, fue construido en el año 2014 sobre un terreno de 1214 metros en donde se tienen 16 pisos de oficinas con 4 subsuelos de parqueos.

Su estructura es de hormigón armado la que se muestra en fachada, en donde esta combinada con paredes de bloque de hormigón recubiertas de fachaleta de ladrillo, las ventanas son de vidrio claro laminado de 6mm armadas en marcos de aluminio.



**FIGURA 6:** Edificio Mirage, Fuente: Autor

### **2.3 Envolverte vidriada sin protección.**

El edificio Urban plaza fue construido en el año 2011, está ubicado en la avenida doce de octubre y Coruña ,se implanta sobre un terreno de 843m2 donde se levantan 16 pisos destinados a oficinas y tres subsuelos de parqueos.

Se caracteriza por tener una forma cilíndrica, su fachada está construida por una piel de vidrio templado negro de 8 mm de espesor, formando una capa uniforme sobre perfilaría de aluminio.



**FIGURA 7:** Edificio Urban Plaza, Fuente: Autor

#### **2.4 Envoltente vidriada con protección.**

El edificio Quito Publishing House (QPH) se construyó el año 2013 en un terreno esquinero de 1800m<sup>2</sup> ubicado sobre las calles Guipuzcua y Mallorca, tiene seis pisos de oficinas y tres subsuelos.

Su fachada está formada por ventanas de vidrio claro laminado de 8mm, con marco de aluminio, moduladas sobre la estructura de hormigón armado del edificio.

Delante de sus dos fachadas principales se tiene un sistema de protección formado por persianas horizontales en perfiles de aluminio.



**FIGURA 8:** Edificio Urban Plaza, Fuente: Autor

## **2.5 Casos referentes de estudio**

En los últimos quince años se han intensificado procesos de evaluación de la envolvente en edificios ubicados en distintas latitudes que muestran métodos y resultados diversos.

### **2.5.1 Caso 1**

En el año 2003 el Dr. John Martin Evans evaluó el comportamiento de la envolvente del proyecto para la Ciudad Judicial de Barcelona y Llobregat. El estudio determinó el impacto solar en fachadas y espacios de trabajo interior con el fin de definir las características de los elementos transparentes a usarse en el proyecto definitivo. Los parámetros evaluados fueron: la forma y orientación de los edificios, la incidencia de sombras desde y hacia el proyecto, la proporción de las aberturas y el manejo del recurso solar. El estudio concluye que se debe modificar la geometría de la fachada para garantizar una protección significativa y reducir los periodos de sobrecalentamiento que podrían producirse durante las horas de trabajo, que es necesario la utilización de dispositivos de protección que generen sombra al interior y sugiere la implementación de vidrios con cámara de aire que reduzcan la transmisión de calor hacia las oficinas, si se consideran estas sugerencias se reduce el consumo energético asociado a enfriamiento del espacio en un 64% frente a las condiciones de diseño original.(Evans, 2003).

### **2.5.2 Caso 2**

En el año 2010 se realizó un análisis del comportamiento térmico de los edificios de oficinas ubicados en Santiago de Chile, el estudio respondió al creciente fenómeno de sobrecalentamiento que se produce al interior de los espacios de trabajo de esta tipología. Se escogió un edificio con la envolvente completamente vidriada y otro con envolvente opaco transparente. El método de análisis se basó en una caracterización de los sistemas constructivos utilizados con el fin de mediante simulaciones digitales presentar escenarios de mejora enfocados principalmente en reducir la demanda por refrigeración de cada

edificio. Se concluye que la demanda energética para enfriamiento de un edificio completamente vidriado en esa ciudad es 2.3 veces mayor que uno de envolvente opaco transparente, dentro de los escenarios de mejora propuestos está el uso de vidrios selectivos con menor transmitancia solar , la adición de protecciones solares verticales hacia las fachadas con orientación norte-sur y la ventilación nocturna . Al aplicar estas estrategias se consigue llegar a una demanda nula para enfriamiento en los espacios estudiados (Pino, Bustamante, Escobar, 2010)

### **2.5.3 Caso 3**

En el año 2016 en la ciudad de Tepic-Mexico se detectaron problemas térmicos en la envolvente de los edificios de su institución, que se manifestaban en largos periodos fuera de confort dentro de las aulas. Se realizó la evaluación en base a la norma Oficial Mexicana de Eficiencia Energética NOM-008-ENER-2001, y los resultados demostraron que ninguna de las dos edificaciones estudiadas cumplía con los requerimientos de la normativa. Se llegó a la conclusión de que la ganancia de calor por conducción en las partes opacas (muros) eran las más significativas que incidían en un 86% sobre el confort térmico de los espacios. En la investigación se proponen alternativas para que las edificaciones pasen los estándares de la NOM, las cuales son: adición de capas de material en fachadas, aplicación de materiales aislantes intermedios y cambio del tipo de cubierta (Sánchez, 2016).

### **2.5.4 Caso 4**

En un edificio de tipología hotelera en Atenas - Grecia, se propone investigar las características constructivas de la envolvente y su posibilidad de adaptarse a la variación climática a lo largo del tiempo El método propuesto se basa en un análisis del comportamiento histórico del clima de la localidad y la aplicación de simulaciones energéticas que determinen cuales son las estrategias a aplicar para que el edificio logre

protegerse y adaptarse al clima. Los escenarios que mejor inciden sobre la demanda de enfriamiento reduciéndola en un 67% son: protección de la fachada con elementos que generen sombras, control inteligente de la ventilación nocturna, uso de vidrio de alto desempeño con una capa doble de baja emisividad y el cambio en la parte opaca de la edificación con materiales de mayor masa térmica ya que los utilizados si bien se ajustan a la normativa actual no aportan al balance térmico del edificio. Finalmente las modelaciones demuestran que si bien estas estrategias funcionan en la actualidad, la demanda energética a futuro crecerá a un promedio de 1.5% anual si no existe mitigación en el cambio climático (Farrou; Kolokotroni; Santamouris, 2010).

#### **2.5.5 Caso 5**

En Bogotá en el año 2006, el arquitecto Jorge Ramírez Fonseca realizó un estudio en dos edificios de oficinas, y se observó que la demanda de energía de enfriamiento en un edificio con fachada opaco transparente equivale a un tercio de un edificio con fachada totalmente vidriada. Para este estudio se usaron simulaciones informáticas dinámicas con datos climáticos horarios del sitio de emplazamiento de los edificios. Se plantea como estrategia para el edificio vidriado el uso de ventilación por inducción directa por medio del cielo falso y la adición de antepechos de alta masa térmica tras la fachada vidriada. Con esto se logra mejorar el comportamiento energético del edificio con fachada vidriada en 43%, como opción se planteó adaptar una sobre fachada ventilada lo que da como resultado un 23% adicional de mejora en el consumo de energía asociada al enfriamiento. (Ramírez Fonseca, 2006).

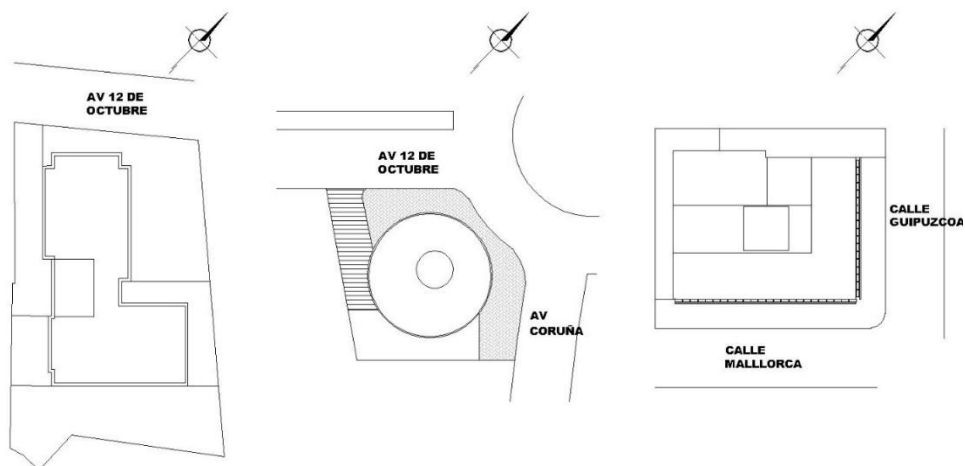
## **CAPITULO 3**

### **Muestra de Resultados**

Esta investigación aporta información y metodología que ayuda a evaluar la envolvente de un edificio. Para tener una mejor comprensión y valoración, la primera etapa muestra fichas de evaluación del sitio, impacto solar y otras que parametrizan las edificaciones estudiadas, a continuación se presentan cálculos estáticos de ganancias y pérdidas térmicas que son complementadas por fichas de caracterización de los materiales que componen las envolventes de los tres edificios, luego se verifica el manejo de la ventilación por medio de cálculos de caudal. Se presenta un diagnóstico térmico realizado con instrumentos de medición en el sitio y finalmente se realiza una simulación energética dinámica para verificar el comportamiento térmico energético de las envolventes en un determinado periodo de tiempo. Estos procesos de muestra de información están respaldados por protocolos de medición del anexo 3.

#### **3.1 Sitio**

Lacomba (1991) señala que el análisis de un edificio debe realizarse por niveles fisicoespaciales, que van de lo general hasta lo específico. Propone empezar por la incidencia urbana, orientación, morfología, proporción de aberturas y finalmente la caracterización del sistema constructivo con sus materiales. Aplicando este criterio las primeras fichas evalúan la orientación, forma, recorrido e impacto solar, incidencia de sombras desde y hacia todo el edificio, tipo y proporción de los elementos opacos y transparentes. Para el análisis solar se consideró las fechas definidas como significativas para la latitud de la ciudad Quito definidas en el capítulo en el impacto solar en edificios (capítulo 2), que son las siguientes: a) 21 de Marzo y 23 de Septiembre equinoccios de primavera, y otoño, b) 21 de Junio y 21 de diciembre, solsticios de verano e invierno.



**FIGURA 9:** Orientación Edificios, Fuente: Autor

**Tabla 6:** Evaluación de sitio

INDICADOR	EDIFICIO MIRAGE	EDIFICIO URBAN PLAZA	EDIFICIO QUITO PUBLISHING HOUSE
ESTUDIO DE SOMBRAS	Anexo 3, ficha 1	Anexo 3, ficha 2	Anexo 3, ficha3
ESTUDIO DE IMPACTO SOLAR	Anexo 3, ficha 4-7	Anexo 3, ficha 5-8	Anexo 3, ficha 6-9
FACTOR DE FORMA	0.2	0.21	0.15

Fuente: Autor

### 3.2 Características de Diseño

**Tabla 7:** Características de diseño edificios estudiados

CARACTERÍSTICA	EDIFICIO MIRAGE	EDIFICIO URBAN PLAZA	EDIFICIO Q.P.H
ALTURA ENTREPISO	3.10 m	2.90m	3.10m
SUPERFICIE CUBIERTA	683.55m <sup>2</sup>	355.74m <sup>2</sup>	686.00m <sup>2</sup>
VOLUMEN	2119.05 m <sup>3</sup>	1031.67m <sup>3</sup>	2644.80m <sup>3</sup>
PORCENTAJE ELEMENTOS OPACOS FACHADA	63.90%	5.20%	53.15%
PORCENTAJE DE ELEMENTOS TRANSPARENTES FACHADA	36.10%	94.80%	46.85%
PORCENTAJE DE VENTANAS CON ORIENTACIÓN NORTE SUR	32%	50%	42%
PORCENTAJE DE VENTANAS CON ORIENTACIÓN ESTE -OESTE	68%	50%	57%

SISTEMA DE APERTURA DE VENTANAS	Proyectable	Proyectable	Proyectable
PORCENTAJE DE APERTURA DE VENTANAS	13%	6%	20%

*Fuente:* Autor

### 3.3 Caracterización de materiales

Por la extensión de este trabajo se toma la célula básica que compone cada edificio en base al criterio que expone Burton (2001) se considera una planta tipo ubicada en el tercio medio de la altura total de cada edificio de estudio. Se presenta fichas de parametrización de todos los componentes de la envolvente de estos espacios así como una caracterización de los materiales que la componen; el criterio aplicado para este análisis es el propuesto por Lacomba (1991) quien señala que los requerimientos básicos al analizar la materialidad de una envolvente son: su capacidad de transmisión, absorción, amortiguamiento, retraso, aislamiento, y almacenamiento de energía. Ya que estos valores son de difícil obtención y en su mayoría son resultados de procesos de trabajo en laboratorio, se trabaja con valores proporcionados por los fabricantes y con una tabla de cálculo de elaboración propia alimentada por la base de datos de la empresa española Ytong.

**Tabla 7:** Características térmicas en materiales opacos de envolvente Edificio Mirage

ELEMENTO	TRANSMITANCIA w/m <sup>2</sup> k	RESISTENCIA TÉRMICA m <sup>2</sup> k/w	AMORTIGUACIÓN ONDA TÉRMICA %	DEFASE TÉRMICO EN HORAS
ANTEPECHOS HORMIGÓN ARMADO	3.2	0.15	65.93	7.0
PISO-TECHO	2.41	2.23	96.13	16.8
PARED EXTERIOR TIPO 1	1.59	0.46	87.88	10.7
PARED EXTERIOR TIPO 2	2.92	0.17	78.28	8.4
PAREDES INTERNAS	2.70	0.20	38.11	4.5

*Fuente:* Autor

**Tabla 8:** Características térmicas de materiales opacos en envolvente Edificio Urban Plaza

ELEMENTO	TRANSMITANCIA w/m2k	RESISTENCIA TÉRMICA m2k/w	AMORTIGUACIÓN ONDA TÉRMICA %	DEFASE TÉRMICO EN HORAS
PAREDES INTERIORES	2.70	0.20	38.11	4,5
PISO-TECHO	3.61	0.07	29.44	3.6

*Fuente:* Autor

**Tabla 9:** Características térmicas de materiales opacos en envolvente Edificio Quito Publishing House

ELEMENTO	TRANSMITANCIA w/m2k	RESISTENCIA TÉRMICA m2k/w	AMORTIGUACIÓN ONDA TÉRMICA %	DEFASE TÉRMICO EN HORAS
PAREDES INTERIORES	2.70	0.20	38.11	4,5
PISO-TECHO	3.92	0.09	32.09	3.7
COLUMNAS	2.62	0.21	87.65	10.5
FACHADA				

*Fuente:* Autor

**Tabla 10:** Características elementos transparentes en envolventes de edificios estudiados

CARACTERÍSTICA	EDIFICIO MIRAGE	EDIFICIO URBAN PLAZA	EDIFICIO Q.P.H
ESPESOR	8mm	6mm	8mm
TIPO DE VIDRIO	Monolítico laminado	Monolítico templado	Monolítico laminado
VALOR U (w/m2k)	5.8	4.7	5.8
COEFICIENTE DE SOMBRA	0.40	0.34	0.40
COEFICIENTE DE GANANCIA DE CALOR SOLAR	0.28	0.30	0.28
PORCENTAJE DE TRANSMISIÓN DE ENERGÍA SOLAR TOTAL	20	18	20
PORCENTAJE DE REFLEXIÓN DE ENERGÍA SOLAR TOTAL	21	27	21

*Fuente:* Autor

### 3.4 Ganancias y pérdidas térmicas

Lamberts (2005), Gomez (2001) y Czajkowski (2012) aportan con un método completo para el cálculo estático de pérdidas y ganancias térmicas en la envolvente. El método de Czajkowski ha sido adaptado y sintetizado en una tabla que muestra lo que a criterio de

los autores son ocho indicadores para evaluar el comportamiento de la envolvente. Los procedimientos de cálculo y datos para la obtención de estos resultados se encuentran en el anexo 2.

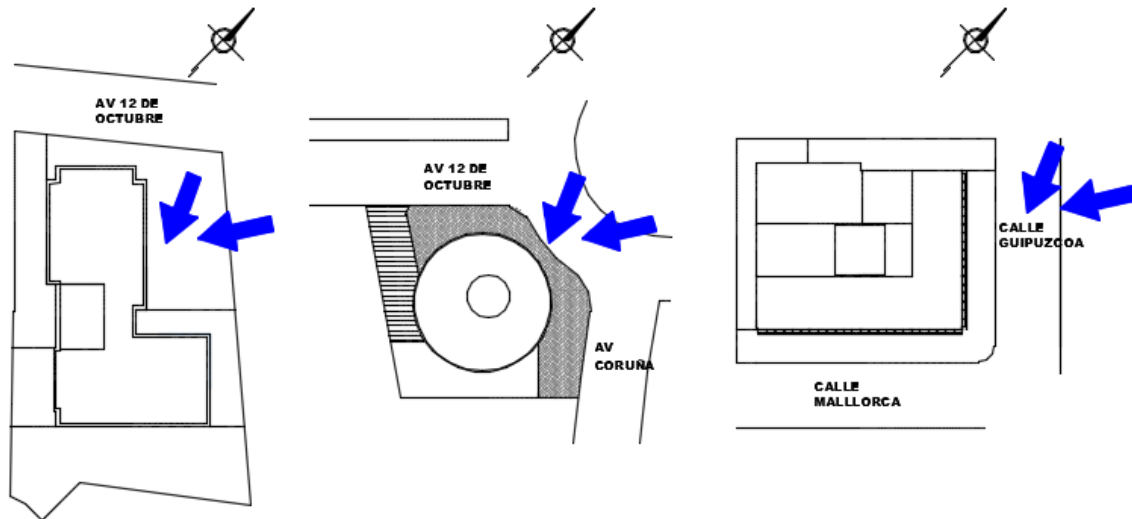
**Tabla 11:** Resumen de pérdidas y ganancias térmicas en edificios estudiados

INDICADOR	EDIFICIO MIRAGE	EDIFICIO URBAN PLAZA	EDIFICIO Q.P.H
PERDIDAS POR CONDUCCIÓN $Q_c$	5990 w	2812w	7124
PERDIDAS POR INFILTRACIÓN $Q_i$	3560w	1733.20w	4443.26
PERDIDAS TOTALES $Q_t$	9550w	4545.20w	11567.26
COEFICIENTE VOLUMÉTRICO PERDIDAS DE CALOR $G_{cal}$	5.20	5.10	5.07
GANANCIAS POR CONDUCCIÓN $Q_c$	2687.13w	1351w	9374w
CARGA TÉRMICA SOLAR $Q_s$	37248w	96013.34w	26064w
CARGA TÉRMICA SENSIBLE EXTERNA $Q_c+Q_s$	39936,13w	97364.34w	35438w
CARGA LATENTE	10245.82w	4728.15w	18756.23w

*Fuente:* Autor

### 3.5. Evaluación ventilación

Una vez que se tiene identificado las dimensiones, tipo y tamaño de las aberturas en las ventanas, además de los requerimientos de la normativa vigente en el país se evalúan los estipulados en la ASHRAE, con el fin de verificar si existe flujo constante de aire al interior de los espacios. Estos cálculos tienen como objetivo conocer el grado de aprovechamiento de los vientos incidentes sobre la envolvente. La siguiente figura muestra la dirección predominante del viento sobre cada edificio estudiado es decir la fachada a barlovento sobre la cual se evalúa las aberturas existentes.



**FIGURA 10:** Incidencia de vientos predominantes en edificios de estudio, Fuente Autor

De acuerdo el estándar ASHRAE 62.1-2007 se calcula el caudal mínimo por persona que es de 5cfm/persona (pie cúbico por minuto por persona) por un área de 0,06cfm/ft<sup>2</sup> (pie cúbico por minuto por pie cuadrado), esto se encuentra expresado en la siguiente fórmula:

$$Q_m = 5\text{cfm/persona} \times \text{No. personas} + 0,06\text{cfm/ft}^2 \times \text{ft}^2$$

En dónde:

Q<sub>m</sub>= Caudal mínimo exigido para cada espacio (cfm)

No personas el número de ocupantes del espacio

0,06cfm/ft<sup>2</sup>= factor de área

ft<sup>2</sup>= área en pies cuadrados

**Tabla 12:** Caudal mínimo de ventilación para edificio Mirage

FACHADA	CAUDAL MÍNIMO cfm/persona	No de personas	Factor de área	Área del espacio en ft <sup>2</sup>	Caudal mínimo exigido	Caudal mínimo exigido (m <sup>3</sup> /h)
NORESTE	5	90	0.06	7588	905.28	1538.97

**Fuente:** Autor

**Tabla 13:** Caudal mínimo de ventilación para Edificio Urban Plaza

FACHADA	CAUDAL MÍNIMO cfm/persona	No de personas	Factor de área	Área del espacio en ft <sup>2</sup>	Caudal mínimo exigido	Caudal mínimo exigido (m <sup>3</sup> /h)
NORESTE	5	45	0.06	3336.81	350.20	718.60

*Fuente:* Autor

**Tabla 14:** Caudal mínimo de ventilación para edificio Quito Publishing House

FACHADA	CAUDAL MINIMO cfm/persona	No de personas	Factor de área	Área del espacio en ft <sup>2</sup>	Caudal mínimo exigido	Caudal mínimo exigido (m <sup>3</sup> /h)
NORESTE	5	101	0.06	7373.28	947.39	1610.65

*Fuente:* Autor

Se usa los datos históricos de velocidad que registran los anuarios del INAMHI indicados en el capítulo 2. Se calcula el caudal con la fórmula propuesta en el documento ASHRAE Handbook Fundamentals 2001:

$$Q=CV.Ae.V$$

En donde

Q=Tasa de ventilación (m<sup>3</sup>/s)

Cv=Efectividad de las aperturas de 0.5 a 0.6 para viento perpendicular a la fachada y 0.25 a 0.35 viento diagonal

Ae=área libre de la abertura de entrada de viento

V= velocidad del viento

**Tabla 15:** Caudal de ventilación calculado Edificio Mirage

Fachada	NUMERO DE ABERTURAS	EFFECTIVIDAD DE ABERTURAS	ÁREA ABERTURAS m <sup>2</sup>	VELOCIDAD VIENTO m/s	Q TASA DE VENTILACIÓN	Q TOTAL EN UNA HORA m <sup>3</sup> /h
NORESTE	4	0.25	0.60	1.5	0.18	2592

*Fuente:* Autor

**Tabla 16:** Caudal de ventilación calculado Edificio Urban Plaza

Fachada	NUMERO DE ABERTURAS	EFFECTIVIDAD DE ABERTURAS	ÁREA ABERTURAS m <sup>2</sup>	VELOCIDAD VIENTO m/s	Q TASA DE VENTILACIÓN	Q TOTAL EN UNA HORA m <sup>3</sup> /h
NORESTE	2	0.25	0.35	1.5	0.13	945

*Fuente:* Autor

**Tabla 17:** Caudal de ventilación calculado Edificio Quito Publishing House

Fachada	NUMERO DE ABERTURAS	EFFECTIVIDAD DE ABERTURAS	ÁREA ABERTURAS m <sup>2</sup>	VELOCIDAD VIENTO m/s	Q TASA DE VENTILACIÓN	Q TOTAL EN UNA HORA m <sup>3</sup> /h
NORESTE	10	0.25	0.6	1.5	0.13	8100

*Fuente:* Autor

Considerando el caudal total para cada uno de los espacios, se calcula los cambios hora registrados en cada uno dividiendo el caudal (Qt) entre el volumen del espacio.

**Tabla 18:** Cambios de aire en edificios estudiados

EDIFICIO	EDIFICIO MIRAGE	EDIFICIO URBAN PLAZA	EDIFICIO QUITO PUBLISHING HOUSE
CAMBIOS DE AIRE POR HORA	1.22	0.91	3

*Fuente:* Autor

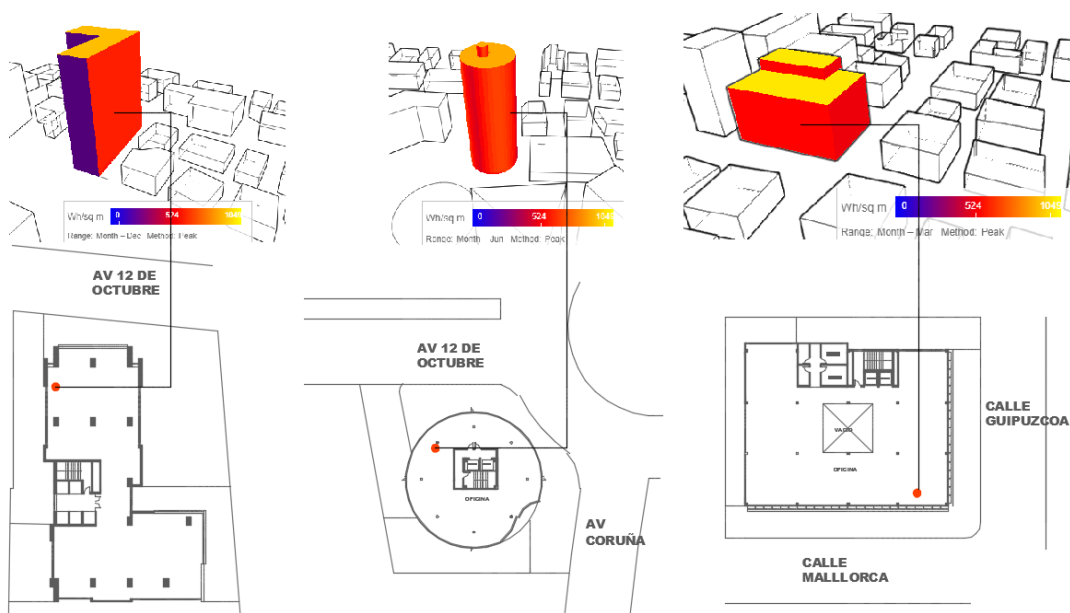
### 3.6 Diagnostico térmico

Goulding (1992) expone la necesidad de que se realice un diagnostico térmico en sitio que demuestre como la envolvente está manejando los flujos energéticos presentes en ella. Para esto se realizan mediciones en sitio con data loggers que ayudan a emitir un diagnóstico del manejo térmico energético de estas estructuras en un determinado periodo de tiempo ante distintas condiciones climáticas reales. El mismo autor sugiere la posibilidad de realizar este diagnóstico en la fachada que el auditor energético determine como la más crítica, tomando como base las evaluaciones de exposición solar e irradiación de las fichas 4-11 (Anexo 3) se evidencia las fachadas con mayor impacto solar y se colocan los equipos, el periodo durante el cual se realizan las mediciones

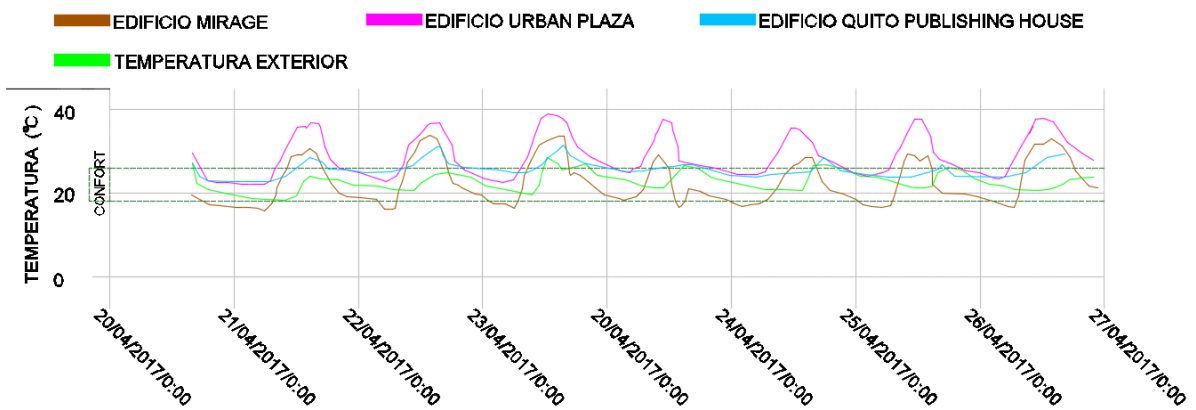
corresponden a una semana del periodo frío (mes de abril) determinado en el análisis climático del capítulo 2.

Se obtiene humedad relativa además de temperatura equivalente, la misma que relaciona la temperatura del aire con la temperatura radiante y la velocidad del aire, esta temperatura es la que evidencia de mejor forma el comportamiento de la envolvente (Miranda, 2010).

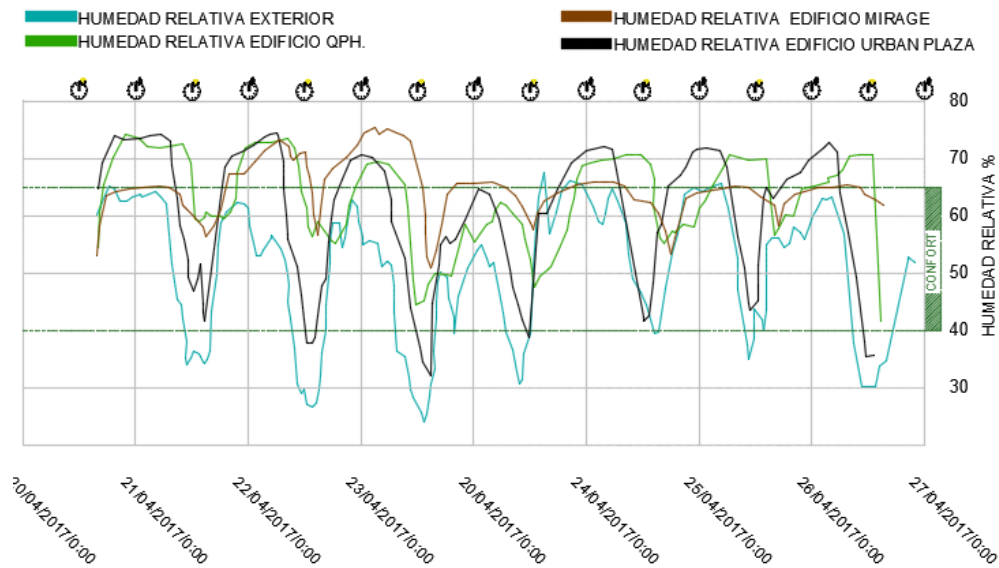
Estos resultados son expuestos a continuación y los procedimientos y protocolo de medición se exponen en el anexo 3.



**FIGURA 11:** Ubicación de equipos de medición para diagnóstico térmico, Fuente: Autor



**FIGURA 12:** Mediciones temperatura equivalente en edificios estudiados, Fuente: Autor



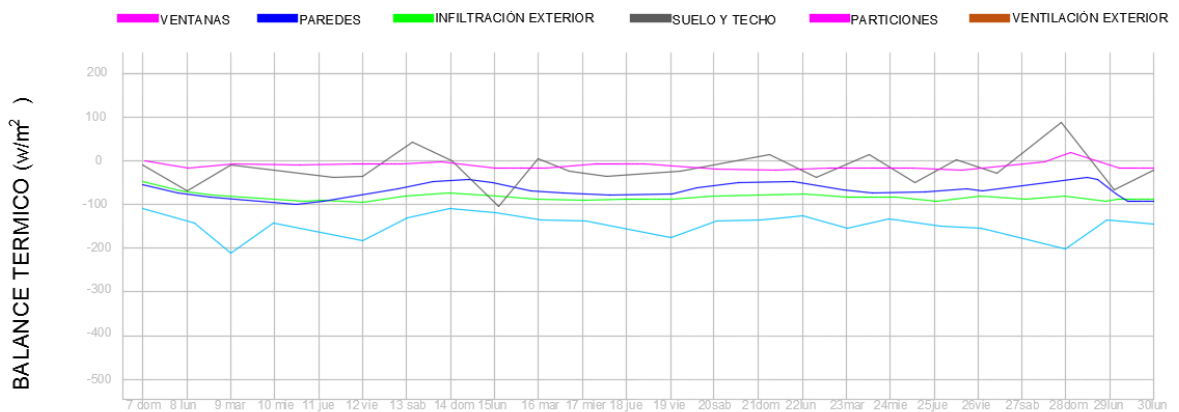
**FIGURA 13:** Medición de humedad relativa en edificios estudiados, Fuente: Autor

### 3.7 Simulaciones dinámicas

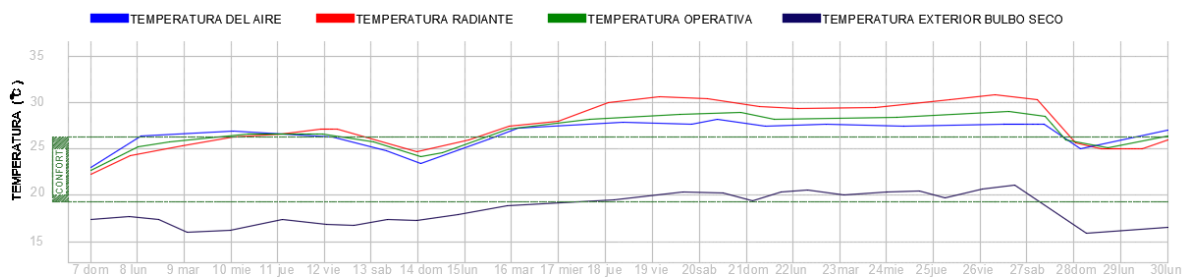
Turner (2010), indica la importancia de realizar una evaluación dinámica del comportamiento de la envolvente, la herramienta utilizada en este caso para realizar esta evaluación son las simulaciones energéticas mediante el programa Design Builder a través del motor de cálculo Energy Plus que dan cuenta del comportamiento de las envolventes en los periodos climáticos críticos definidos en el capítulo 2 que para la ciudad de Quito corresponden al mes de abril (invierno) y el mes de agosto (verano). Los procedimientos usados y el protocolo de simulación se detallan en el anexo 3.

Turner (2010) establece como parámetro básico a evaluar de forma dinámica en la envolvente, el balance térmico determinando: las pérdidas o ganancias que se dan a través de los elementos opacos y transparentes, la temperatura radiante, del aire y operativa, humedad relativa al interior, finalizando con la influencia de la ventilación en el balance térmico final. Para esto se debe tener una parametrización del edificio que incluya una caracterización de materiales.

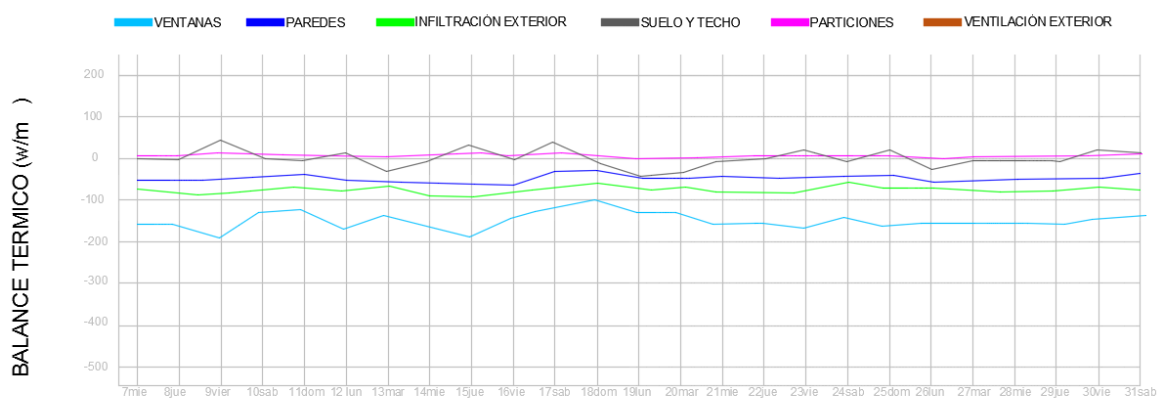
A continuación se presenta un resumen de los datos obtenidos una vez que se ha aplicado todas estas evaluaciones en los edificios objetos de estudio.



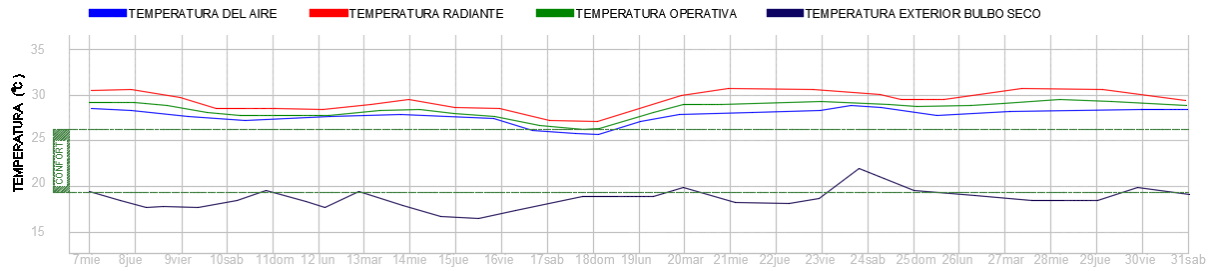
**FIGURA 14:** Balance térmico Edificio Mirage-invierno, Fuente: Autor, generado con programa Design Builder



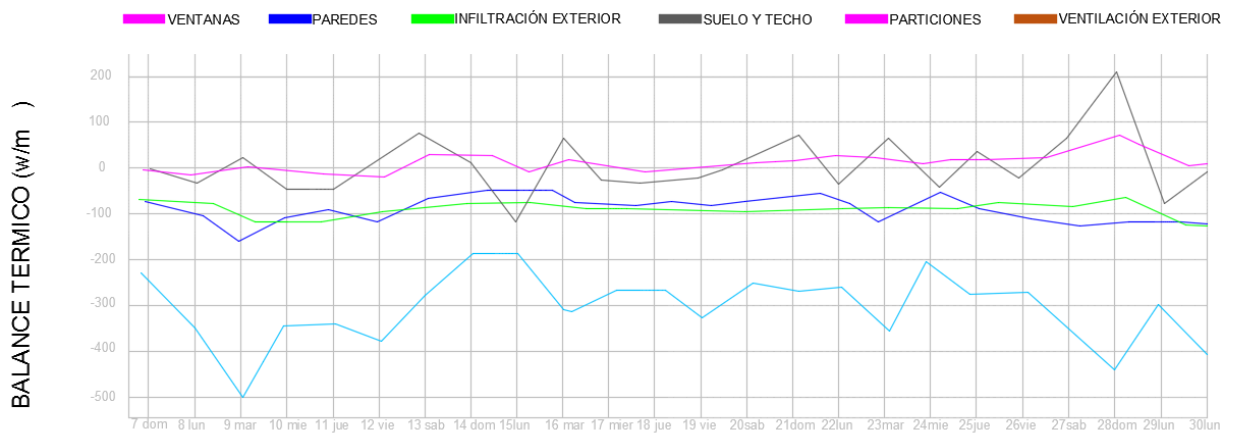
**FIGURA 15:** Evaluación de temperaturas Edificio Mirage-invierno, Fuente: Autor, generado con programa Design Builder



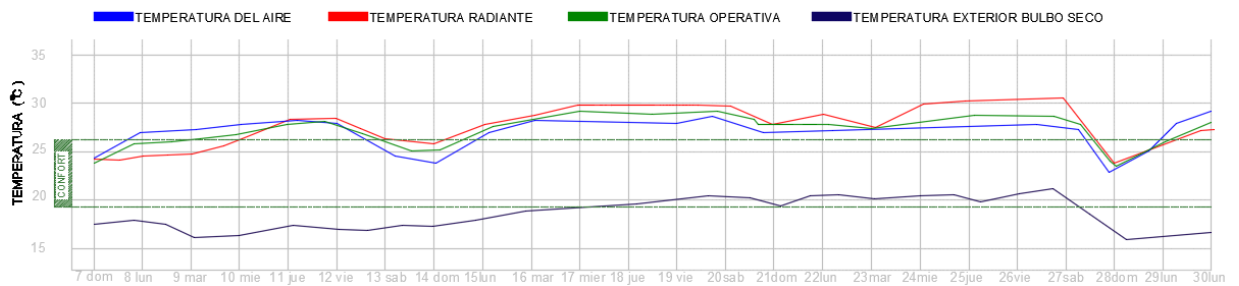
**FIGURA 16:** Balance térmico Edificio Mirage-verano, Fuente: Autor, generado con programa Design Builder



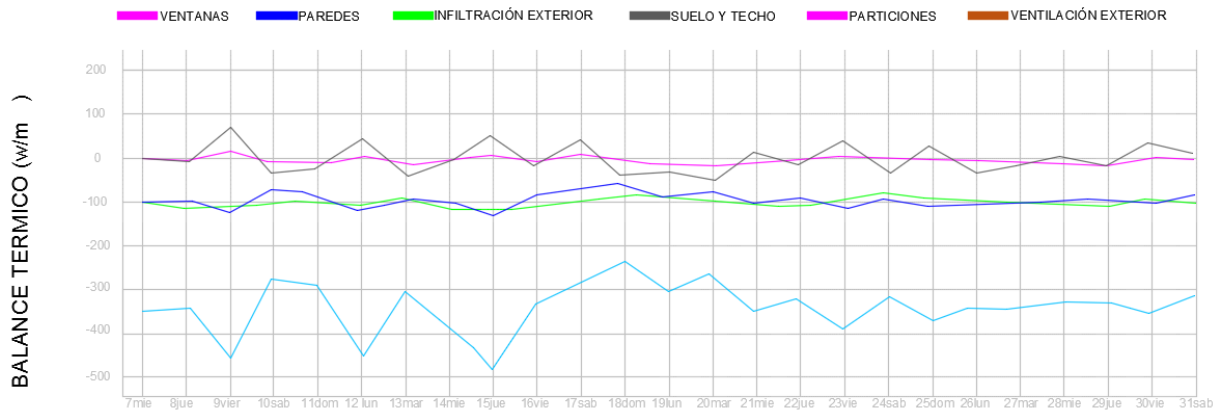
**FIGURA 17:** Evaluación de temperaturas Edificio Mirage-verano, Fuente: Autor, generado con programa Design Builder



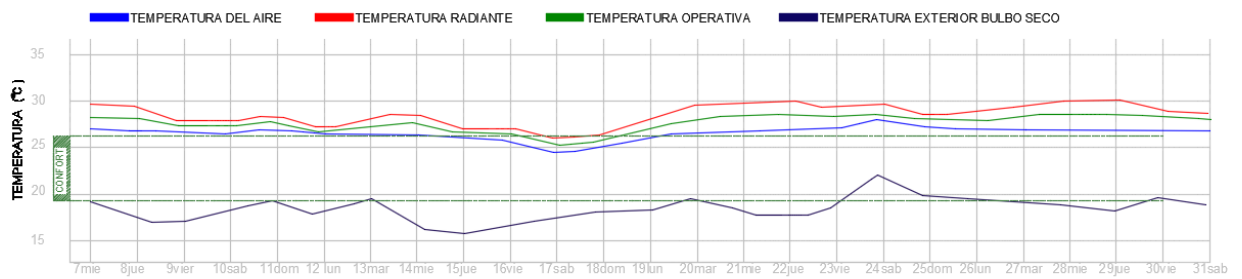
**FIGURA 18:** Balance térmico Edificio Urban Plaza-invierno, Fuente: Autor, generado con programa Design Builder



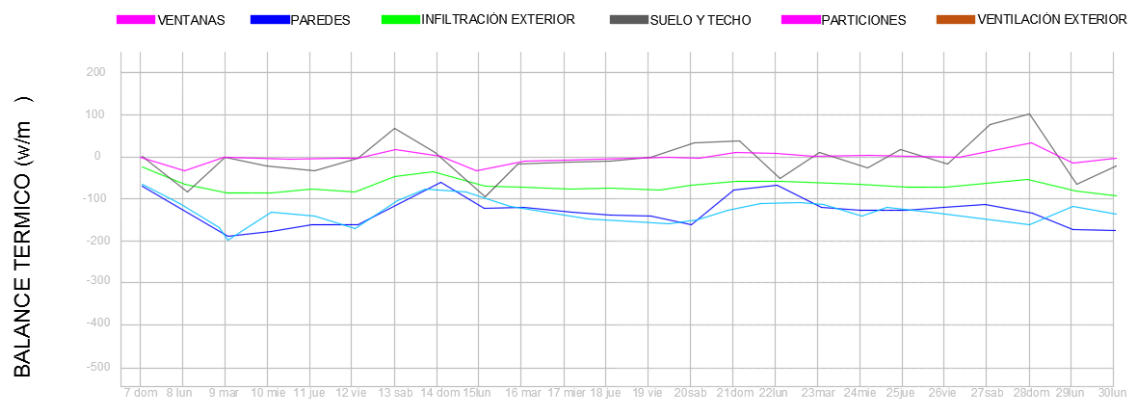
**FIGURA 19:** Evaluación de temperaturas Edificio Urban Plaza-invierno, Fuente: Autor, generado con programa Design Builder



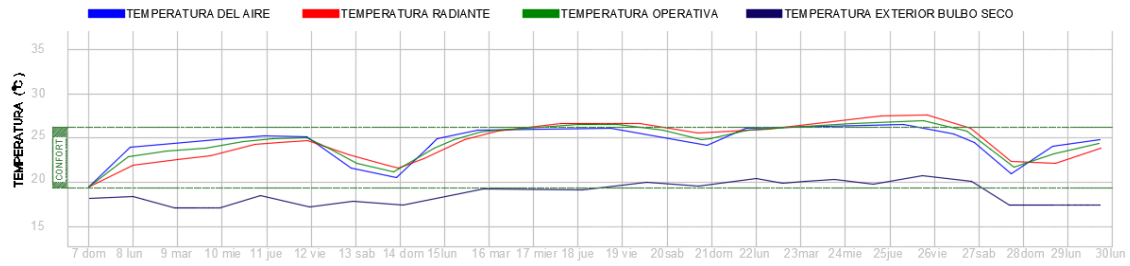
**FIGURA 20:** Balance térmico Edificio Urban Plaza-verano, Fuente: Autor, generado con programa Design Builder



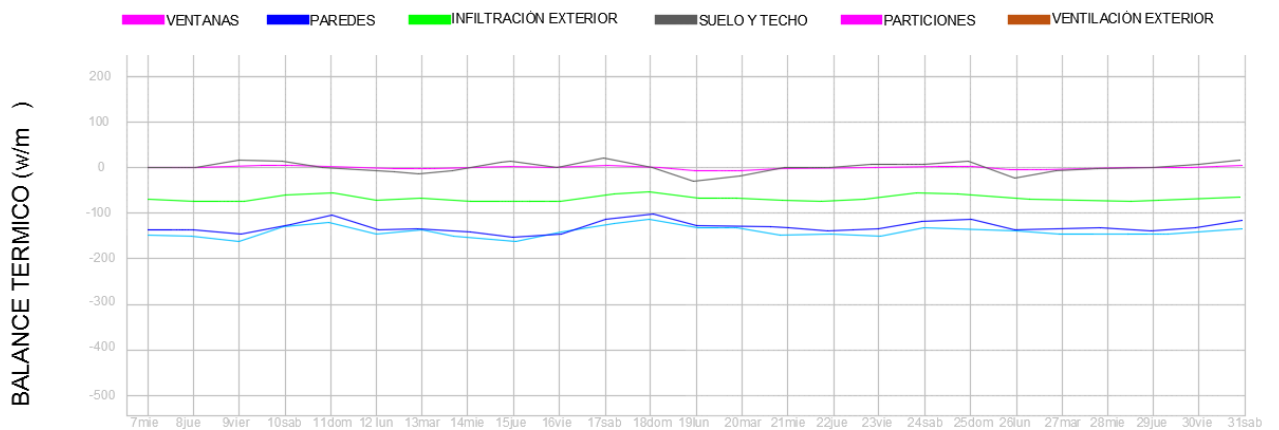
**FIGURA 21:** Evaluación de temperaturas Edificio Urban Plaza-verano, Fuente: Autor, generado con programa Design Builder



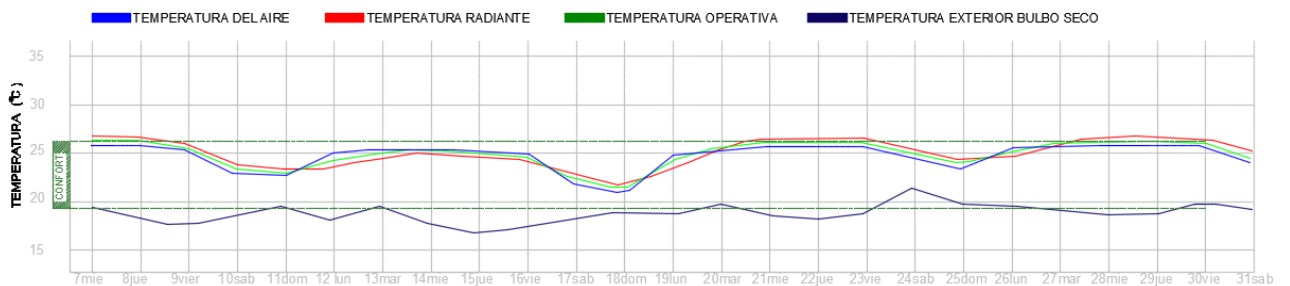
**FIGURA 22:** Balance térmico Edificio QPH-invierno, Fuente: Autor, generado con programa Design Builder



**FIGURA 23:** Evaluación de temperaturas Edificio QPH-invierno, Fuente: Autor, generado con programa Design Builder



**FIGURA 24:** Balance térmico Edificio QPH-verano, Fuente: Autor, generado con programa Design Builder

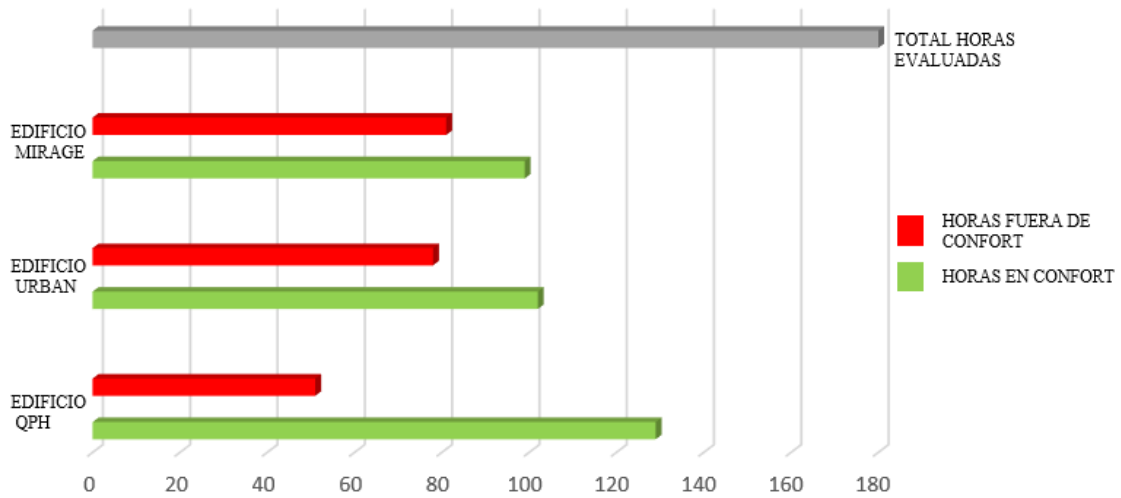


**FIGURA 25:** Evaluación de temperaturas Edificio QPH-verano, Fuente: Autor, generado con programa Design Builder

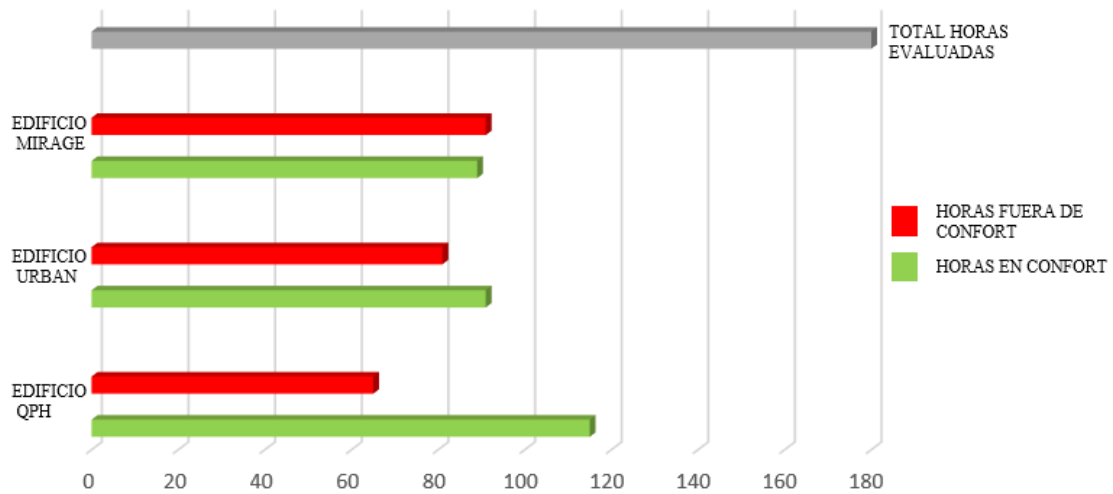
### 3.8 Confort

Serra & Coch (1995) advierten que si el proceso a través del cual captura energía de la radiación solar y se transfiere al interior en forma de calor no es controlado y calculado, se corre el riesgo de provocar ganancias energéticas que podrían poner en riesgo el confort interior de los espacios al producir sobrecalentamiento, o se puede facilitar las fugas

energéticas desde el interior. Por esto a continuación se analiza en base al modelo ASHRAE 555 explicado en el capítulo 2, los periodos dentro y fuera de confort de los espacios evaluados.



**FIGURA 26:** Horas dentro y fuera de confort invierno edificios estudiados, Fuente: Autor



**FIGURA 27:** Horas dentro y fuera de confort verano en edificios estudiados, Fuente: Autor

## **CAPITULO 4**

### **Evaluación**

A continuación se presenta un análisis de los resultados obtenidos en el capítulo 3 de esta investigación, se los expone en forma secuencial y se compara a aquellos que tienen valores referenciales en la NEC capítulo 13 y en la NTE INEN 2 506:2009. Además se resalta las variables y estrategias que tienen mayor influencia en la mejora del comportamiento térmico-energético de las envolventes de los tres edificios estudiados y se propone escenarios de optimización para cada uno de los casos.

#### **4.1 Orientación**

Al analizar la orientación de las tres edificaciones estudiadas presentadas en el anexo 3 se puede concluir que estas cumplen con el requisito de la NEC 11 capítulo 13, que sugiere orientar los edificios con sus fachadas hacia las orientaciones más largas con el fin de aumentar la captación solar.

Para el edificio Mirage y Urban Plaza el ángulo de rotación respecto al norte como se observa en la figura 9, y la ausencia de elementos que generen sombra sobre estas dos edificaciones demostrado en las fichas de evaluación del anexo 3, hace que tanto la fachada norte como la fachada sur tengan alto promedio de irradiancia tabla 11

El edificio Quito Publishing House presenta una implantación en sentido noreste, lo que hace que tanto las fachadas hacia la Calle Mallorca y la calle Guipúzcoa tengan un promedio de irradiancia anual de 747 kwh/m<sup>2</sup>, el estudio de sombras presentado en la fichas de evaluación de irradiancia del anexo 3 para este edificio muestra que es afectado por las sombras de las construcciones colindantes en el lado norte como en el lado oeste, lo que disminuye el impacto solar en estas .

**Tabla 19:** Promedios de irradiancia anual kwh/m2

<b>EDIFICIO</b>	<b>FACHADA NORTE</b>	<b>FACHADA SUR</b>	<b>FACHADA ESTE</b>	<b>FACHADA OESTE</b>
MIRAGE	693	712	912	801
URBAN PLAZA	653	681	843	821
QUITO PUBLISHING HOUSE	430	790	961	386

*Fuente:* Autor, generado con programa Design Builder

La NEC 11 capítulo 13 ni la NTE INEN 2 506:2009, no establecen valores de irradiancia por orientación, lo que debería sugerirse ya que es un indicador que guía al proyectista para asumir una estrategia de captación o de protección solar. Evans (2007) sugiere que una fachada con un promedio de irradiación superior a 500 kwh/m2 debe ser protegida y su impacto solar calculado para que no afecte el confort interior.

#### **4.2 Forma**

El requerimiento específico para la forma que relaciona la superficie expuesta con el volumen encerrado por el edificio esta normado para los climas templados en la NTE INEN 2 506:2009 entre 0.5 y 0.3. Ninguno de los edificios alcanza este valor como se observa en la tabla 6, lo que significa que según los requerimientos de la norma no promueven el aprovechamiento climático del entorno, para alcanzar el valor indicado en la norma los edificios en promedio deberían tener un 40% más de superficie expuesta.

#### **4.3 Características de diseño.**

Es importante observar la relación entre elementos opacos y transparente evidenciada en el diseño de cada edificio, solo las fachadas norte-sur del edificio Mirage se ajusta a la proporción estipulada en la NEC 11 capítulo 13. En la orientación este-oeste estos valores prácticamente se duplican, en el caso del edificio Quito Publishing House, las persianas

reducen estos valores por lo que se coloca un valor inicial y a continuación luego el que incluye las protecciones solares.

**Tabla 20:** Características de Diseño edificios estudiados

FACHADA	NEC 11 CAP 13	EDIFICIO .MIRAGE	EDIFICIO URBAN PLAZA	EDIFICIO QPH
Norte-Sur	40%	32%	50%	42%
Este-Oeste	30%	68%	50%	57%-31%

*Fuente:* Autor

#### **4.4 Caracterización de materiales.**

##### **4.4.1 Elementos opacos**

Al analizar la caracterización de materiales (capítulo 3 en las tablas 8,9 y 10), se puede evidenciar que en los valores de transmitancia térmica de los elementos opacos de fachada del edificio Mirage, solo un tipo de pared de las cinco existentes cumple con el máximo valor establecido en la NEC 11, capítulo 13 que es  $1.80\text{W/m}^2\text{k}$  para paredes en contacto con el aire exterior en la zona climática ZT3, el resto superan el valor máximo permitido. En el edificio Urban Plaza y en el edificio Quito Publishing House, ninguna de las paredes cumple con este valor máximo establecido. La importancia de que las paredes cumplan con este valor máximo está en que define el flujo de calor que pasa por unidad de superficie del elemento tomando en cuenta la diferencia de temperaturas entre los espacios separados por este. Cuanto menor sea el valor es mejor el aislamiento térmico y menor la pérdida de calor y mientras más alto sea como es el caso de los valores obtenidos en los edificios de estudio menor es el efecto aislante del elemento.

##### **4.4.1 Elementos transparentes**

El valor U para elementos transparentes en fachadas excede el permitido en la NEC 11 capítulo 13 ( $U=5,4\text{ W/m}^2\text{k}$ ) en los edificios Mirage y Quito Publishing House que presentan vidrios claros monolíticos con un valor de  $U =5,8\text{ W/m}^2\text{k}$ , en cambio en el

edificio Urban Plaza al tener vidrio reflectivo con un valor  $U = 4,7 \text{ W/m}^2\text{k}$ , cumple con este requisito. Ninguno de los edificios presenta vidrios de alto desempeño térmico, con control de transferencia de calor ni emisividad.

#### **4.5 Ganancias y pérdidas térmicas**

La NEC 11 capítulo 13 y la NTE INEN 2 506:2009, no regulan los coeficientes de pérdidas y ganancias térmicas en la envolvente de las edificaciones, por lo que los valores obtenidos (capítulo 3, tabla 12) no pueden ser comparados. Existen normas en Sudamérica que ya cuentan con valores límites para estos coeficientes, en Argentina por ejemplo la Norma del Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM) para acondicionamiento térmico de edificios, establece para una edificación construida en la zona climática IV (clima templado frío) un valor máximo para el Coeficiente volumétrico de pérdidas de calor (Gcal) de 2.71. Los valores de este coeficiente para los tres edificios estudiados son: Mirage(5.20), Urban Plaza(5.10) y Quito Publishing House(5.07).

#### **4.6 Ventilación**

Al aplicar el método AHRAE de cálculo para el caudal mínimo y el real de cada edificio, sugerido en la normativa NEC 11 capítulo 13 se puede apreciar (capítulo 3, tablas 16, 17,18 y 19), que tanto el edificio Mirage como el Edificio Urban Plaza con caudales de:8 y 5.8 lt/s por persona respectivamente no alcanzan el mínimo establecido en la norma que es de 10 lt/s por persona. El edificio Quito Publishing House evidencia un auto caudal de 22.27 lt/s por persona que duplica el mínimo establecido, al haber sido diseñado con ventilación cruzada y efecto Stack como estrategias pasivas de enfriamiento.

#### **4.7 Diagnostico térmico en sitio.**

Los resultados obtenidos en la semana de medición correspondiente al mes frío (abril) determinado en el análisis climático del capítulo 2, evidencian la forma como las envolventes de los tres edificios manejan los flujos térmicos- energéticos que inciden

sobre ellas. El edificio Mirage y el Edificio Urban Plaza presentan pérdidas y ganancias de temperatura amplias en cortos periodos de tiempo, lo que demuestra la falta de masa térmica en sus envolventes, en el primero existe una variación de hasta 8 °C más respecto a la temperatura exterior en periodos de 3 horas, mientras que en el segundo estas llegan a los 11°C durante el mismo intervalo. La temperatura en el edificio Quito Publishing House se presenta más estable y sus variaciones de temperatura máximas alcanzan los 3.5 °C sobre la temperatura exterior.

A cerca de la humedad relativa el diagnostico presentado (capitulo 3, figura 12) se observa que el edificio Mirage es el que mejor maneja este parámetro lo que se evidencia en la tabla 21 que muestra el porcentaje de tiempo que cada edificio excede el límite de humedad relativa propuesto en la norma que es de 40 a 65%. La importancia de permanecer la mayor parte del tiempo con una humedad relativa dentro del rango está en que esta mejora la sensación de confort, el consumo energético, evita la proliferación de virus y bacterias. Una humedad relativa alta fomenta la proliferación de hongos, olores, afecta componentes como la pintura, los metales. En el rango bajo en cambio afecta a la piel, los ojos y las vías respiratorias incidiendo directamente en alergias.

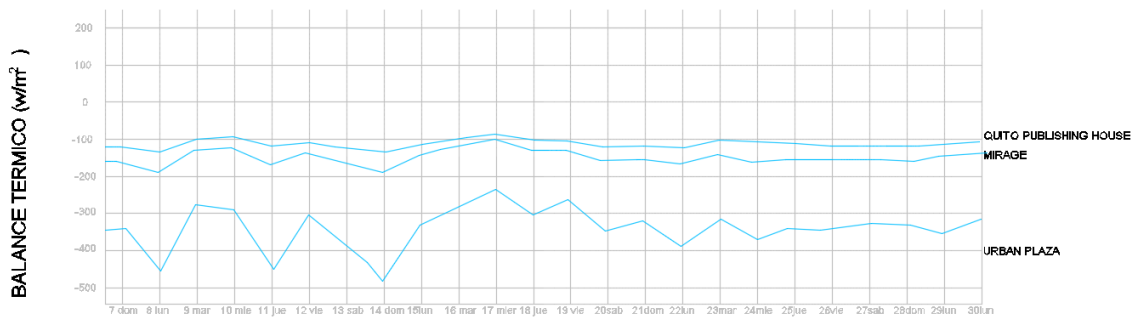
**Tabla 21:** Humedad relativa en edificios estudiados

PORCENTAJE DE TIEMPO	EDIFICIO MIRAGE	EDIFICIO URBAN PLAZA	EDIFICIO QUITO PUBLISHING HOUSE
SOBRE EL LIMITE ALTO DE LA NORMATIVA	32%	55%	45%
EN LA HUMEDAD RELATIVA IDEAL SEGÚN LA NORMATIVA	68%	30%	55%
EN EL LIMITE BAJO DE LA NORMATIVA	0%	15%	0%

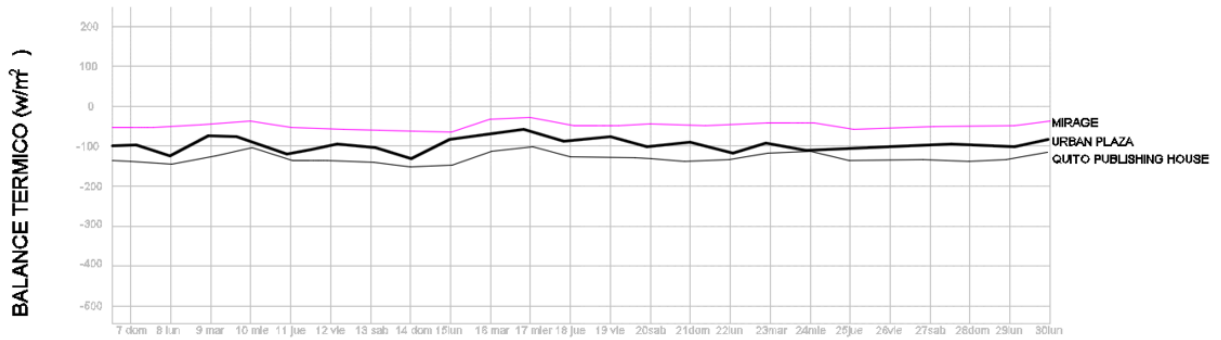
**Fuente:** Autor

#### 4.8 Simulaciones dinámicas

A lo largo de esta investigación se han adoptado los requerimientos de una auditoría energética, mediante las mediciones en sitio se evaluó el comportamiento de las envolventes y se emitió un primer diagnóstico que indica que tanto los elementos transparentes como los opacos utilizados en el diseño y construcción no contribuyen al balance térmico óptimo de los edificios. Por esto a continuación se presentan resultados de las modelaciones dinámicas hechas con las condiciones de clima y materialidad especificadas en el capítulo 2, se sobreponen y compara el comportamiento de estos dos tipos de elementos en cada edificio, con esta evidencia se ratifica en los edificios Mirage y Urban Plaza la falta de masa térmica en los muros así como el desbalance que provocan las ventanas por su ganancia y pérdida acelerada de energía, en el caso del Edificio Quito Publishing House este efecto es menor debido a las protecciones solares.

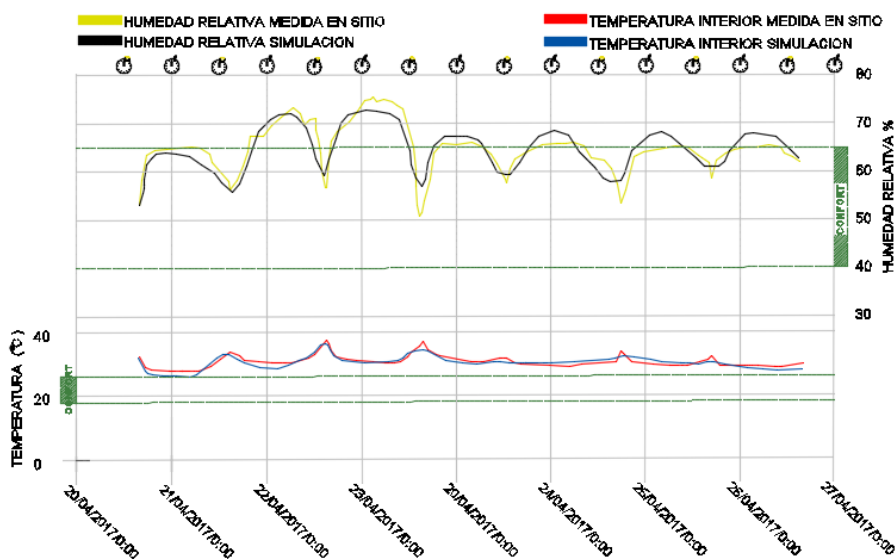


**FIGURA 28:** Comportamiento elementos transparentes, Fuente: Autor generado con programa Design Builder

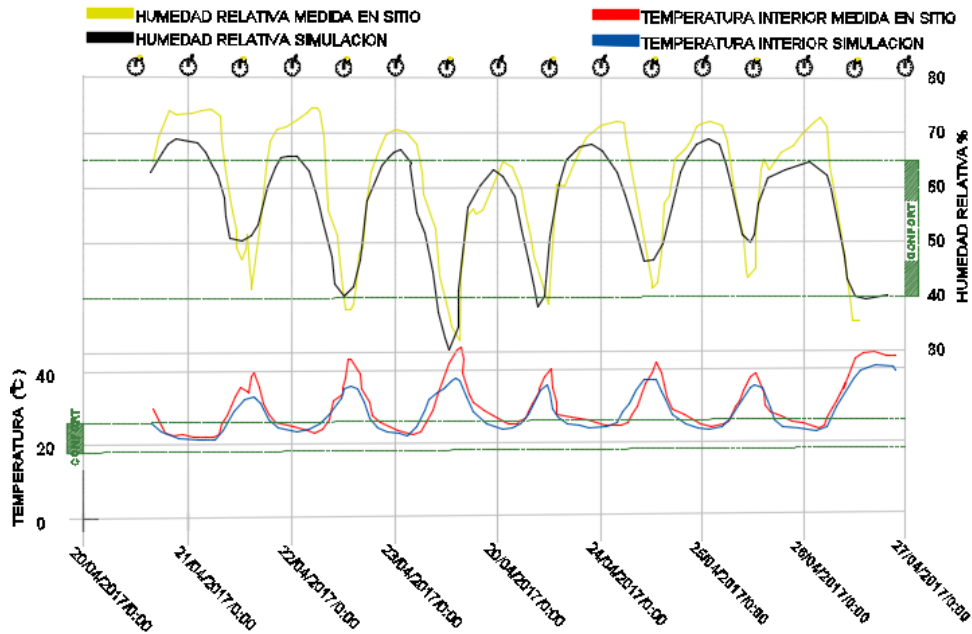


**FIGURA 29:** Comportamiento elementos opacos, Fuente: Autor generado con programa Design Builder

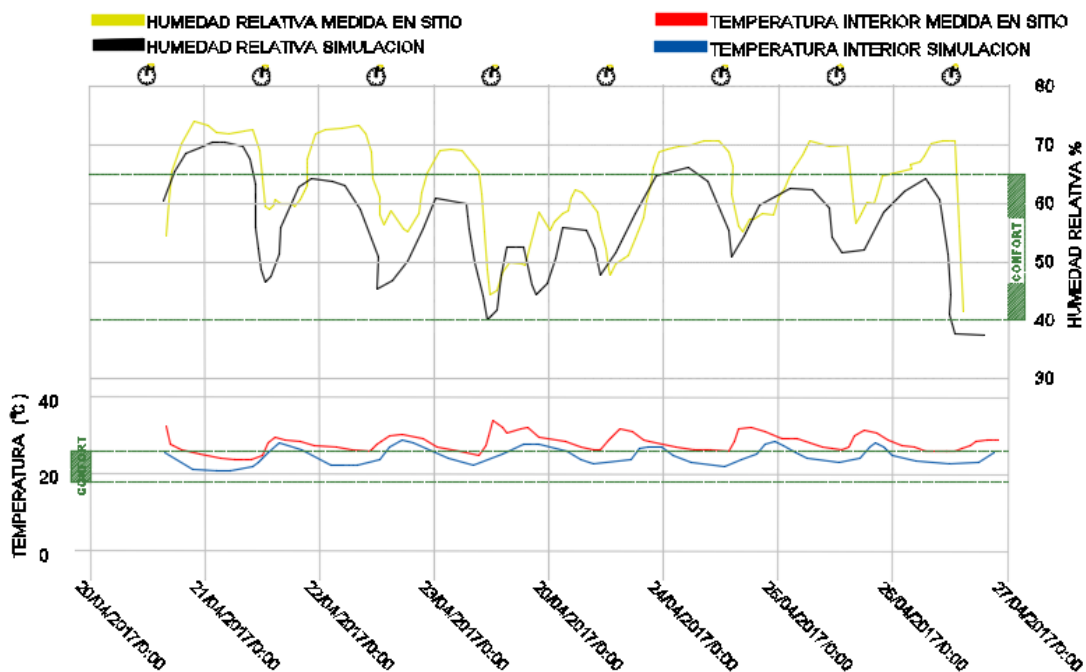
Para verificar la efectividad de las simulaciones dinámicas cuyos datos fueron ingresados de la parametrización, y caracterización de materiales realizadas en el capítulo 3, a continuación se muestra en forma individual para cada edificio una figura que sobrepone los valores de temperatura efectiva y humedad relativa obtenidos en sitio con los que se obtuvieron mediante el programa de simulación Design Builder para el mismo periodo de tiempo. Se observa que los datos obtenidos con el programa informatico si bien siguen la tendencia demostrada en sitio, son menores en cuanto a temperatura con un promedio de 2 °C y en la humedad relativa en 3%.



**FIGURA 30:** Comparativo temperatura-humedad relativa Edificio Mirage: Fuente: Autor, generado con programa Design Builder



**FIGURA 31:** Comparativo temperatura-humedad relativa Edificio Urban Plaza:  
 Fuente: Autor, generado con programa Design Builder

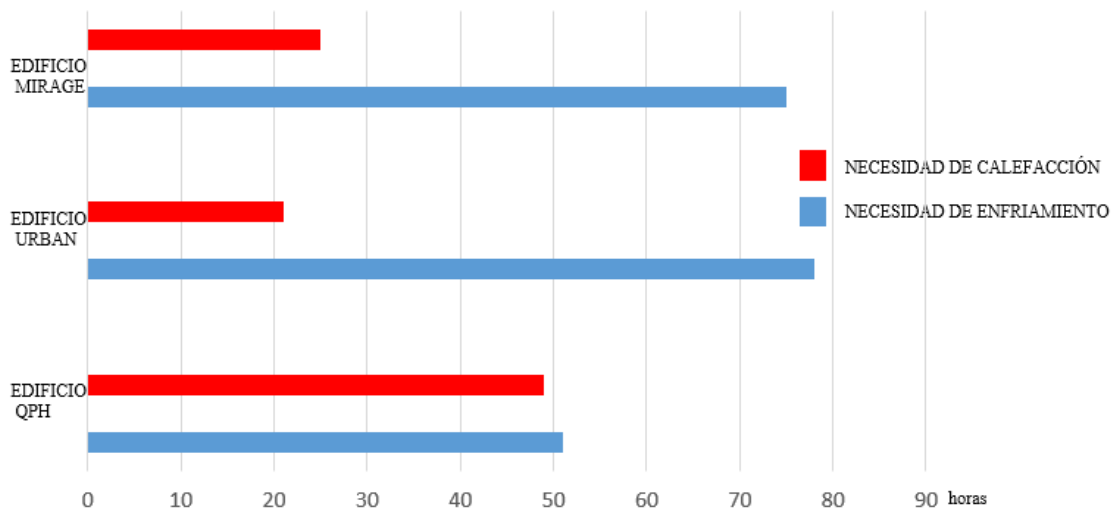


**FIGURA 32:** Comparativo temperatura-humedad relativa Edificio Quito Publishing House:  
 Fuente: Autor, generado con programa Design Builder

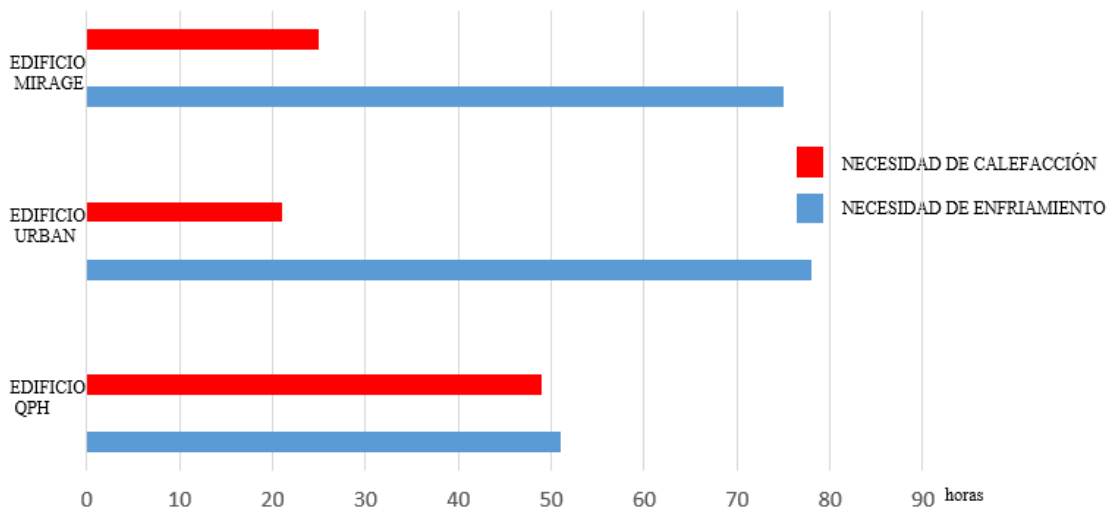
#### 4.9 Evaluación de Confort

Los resultados de confort (capítulo 3) muestran las horas de incomodidad de los tres edificios estudiados para los periodos climáticos definidos (invierno-verano), pero es

necesario definir si estos periodos corresponden a necesidades de enfriamiento o calefacción para así poder determinar las estrategias a aplicar. Es evidente como se muestra a continuación que el principal problema de los tres edificios estudiados corresponde a necesidades de enfriamiento durante el periodo evaluado que corresponden a 185 horas de trabajo en el interior de los espacios.

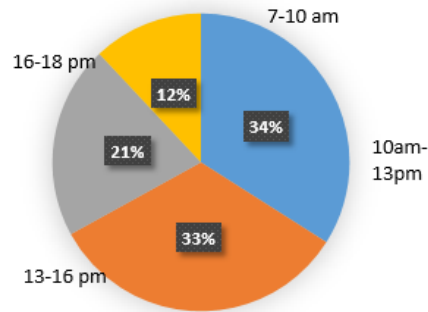


**FIGURA 33:** Necesidad en horas de calefacción y enfriamiento edificios estudiados-invierno, Fuente: Autor

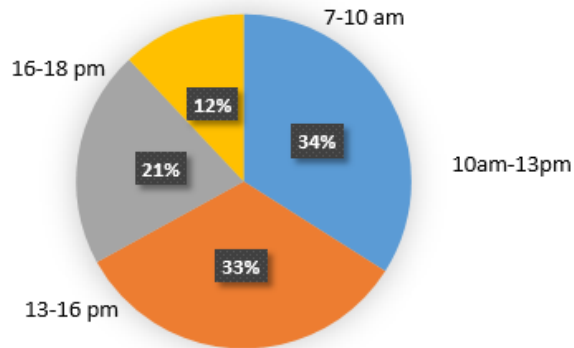


**FIGURA 34:** Necesidad en horas de calefacción y enfriamiento edificios estudiados-verano, Fuente: Autor

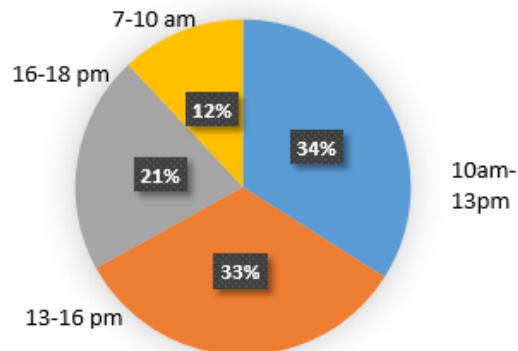
Además se analiza en las siguientes figuras cuales son las horas durante el día en donde se agudiza el problema de sobrecalentamiento en los tres edificios, para poder determinar con certeza qué tipo de soluciones y estrategias se debe tomar.



**FIGURA 35:** Horas con necesidad de refrigeración Edificio Mirage, Fuente Autor



**FIGURA 36:** Horas con necesidad de refrigeración Edificio Urban Plaza, Fuente Autor



**FIGURA 37:** Horas con necesidad de refrigeración Edificio Quito Publishing House, Fuente Autor

#### **4.10 Optimización**

Luego de los diagnósticos térmicos presentados y evidencias encontradas en los cálculos estáticos y simulaciones dinámicas desarrolladas en el capítulo 3 complementado con el análisis climático realizado en el capítulo 2, se puede determinar que dos de los edificios estudiados (Mirage y Urban Plaza) no tienen un diseño ni construcción con alta eficiencia térmica energética ni tampoco se ajustan a los lineamientos de la normativa vigente en el país. El edificio Quito Publishing House, cumple con ciertos requisitos y presenta un mejor comportamiento térmico energético lo que lo hace tener mejores evaluaciones térmicas y de confort.

Por medio de estos tres objetos de estudio a continuación se presentan las estrategias de optimización que pueden mejorar la eficiencia energética de su envolvente, estas no pretenden juzgar el diseño arquitectónico y son aplicadas en el periodo en el cual se realizó el diagnóstico térmico en sitio con el fin de tener un periodo real de referencia y comparación. Como primera línea de acción se plantea por medio de simulaciones energéticas ajustar las edificaciones a los requerimientos de la NEC 11 capítulo 13 y NTE INEN 2 506:2009 en cuanto a materiales, aberturas y ventilación. Luego se establece estrategias pasivas que podrían haber sido aplicadas en su diseño original con las repercusiones que tendrían en su comportamiento térmico-energético así como en el confort de sus ocupantes, además pretenden ser referencias para adoptar decisiones de diseño y constructivas en futuros proyectos. Estas estrategias se fundamentan en los resultados obtenidos en el capítulo 3 y en el análisis realizado en la discusión del capítulo 4, en donde se aprecia que dos de los tres edificios (Mirage y Urban Plaza) presentan largos periodos de sobrecalentamiento producto de las ganancias térmicas no controladas por medio de los elementos opacos y transparentes.

Estas estrategias son:

#### **4.10.1 Masa térmica**

Esta permitiría enfrentar los cambios bruscos de temperatura presentados y la inestabilidad en el comportamiento térmico. Por medio de la inercia se expresa la capacidad de los materiales de construcción para acumular calor en su propia estructura, y es una combinación de las propiedades de calor específico y densidad. Estos materiales tienen alto calor específico como adobes, piedras, agua y hormigones INER (2016).

#### **4.10.2 Manejo de la transparencia**

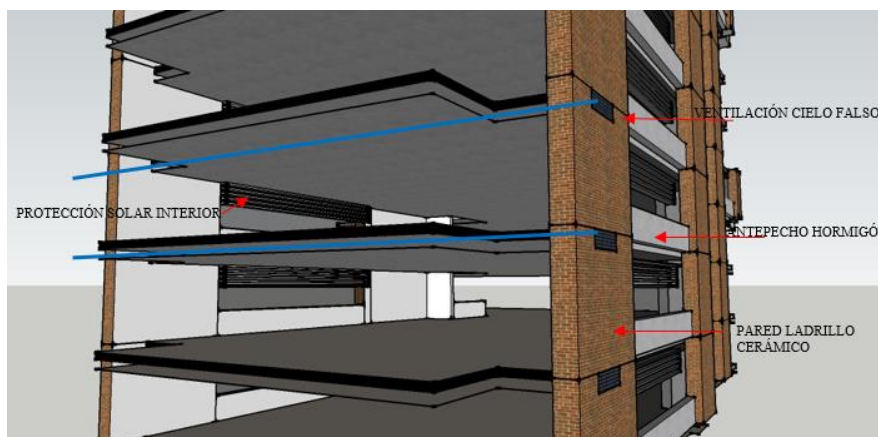
A pesar que los diagramas bioclimáticos indican que es necesario fomentar la ganancia solar en la ciudad de Quito, la variabilidad del clima hace que los elementos transparentes sean los principales transmisores del recurso solar y deban ser protegidos de la incidencia de esta radiación solar a determinadas horas y por otra parte se hace necesaria la instalación de vidrios selectivos, de los análisis realizados por la alta demanda de enfriamiento en los edificios una opción sería un vidrio con un menor factor solar g, que permita que una mayor fracción de la energía solar que incide en las fachadas sea reflejada.

#### **4.10.3 Ventilación**

Es necesario trabajar con la intensidad y dirección del viento, maximizando los flujos de aire, además de mejorar la sensación térmica de los ocupantes esta puede reducir la temperatura radiante de los materiales. Para esto es beneficioso proporcionar de forma adecuada la parte operativa de las aberturas, considerando además la posibilidad de generar ventilación cruzada por diferencia de presión y velocidad del aire. Finalmente es recomendable orientar las ventanas con miras a la captación de la dirección predominante del viento incidente sobre la edificación INER (2016).

#### 4.11 Optimización Edificio Mirage

Conservando la forma y orientación en el edificio, con la ayuda del programa Climate Consultant se realiza una simulación energética que considera la aplicación de los valores indicados en la NEC 11 capítulo 13 y la NTE INEN 2 506:2009, así como también de las tres estrategias pasivas a aplicarse. Los valores utilizados se resumen en la tabla 22 y la obtención de las propiedades de los materiales utilizados se encuentra en el anexo 3. En cuanto a elementos opacos en este edificio se reemplaza el material de las paredes exteriores bloque de hormigón, por ladrillo cerámico hueco doble, se amplía el espesor de los antepechos de hormigón existentes. Se modifica la ventilación incrementando el área operativa de las ventanas y se toma el aporte realizado por el Arq. Jorge Ramírez Fonseca (1997) que propone ventilar el cielo falso de las oficinas con la utilización de rejillas que permiten el paso de aire entre la losa y este elemento, con esto se reduce la temperatura radiante de las superficies en un 23%. Con lo expuesto en la figura 35 se evidencia que el periodo de sobrecalentamiento se acentúa entre las 10 am y 16 pm por lo que se propone una protección solar interior (figura 38) que genera sombra y reduce la incidencia solar en los espacios en ese horario dando un 30% de sombra. Finalmente se modela el espacio con vidrio con un bajo coeficiente U de transmitancia termica.



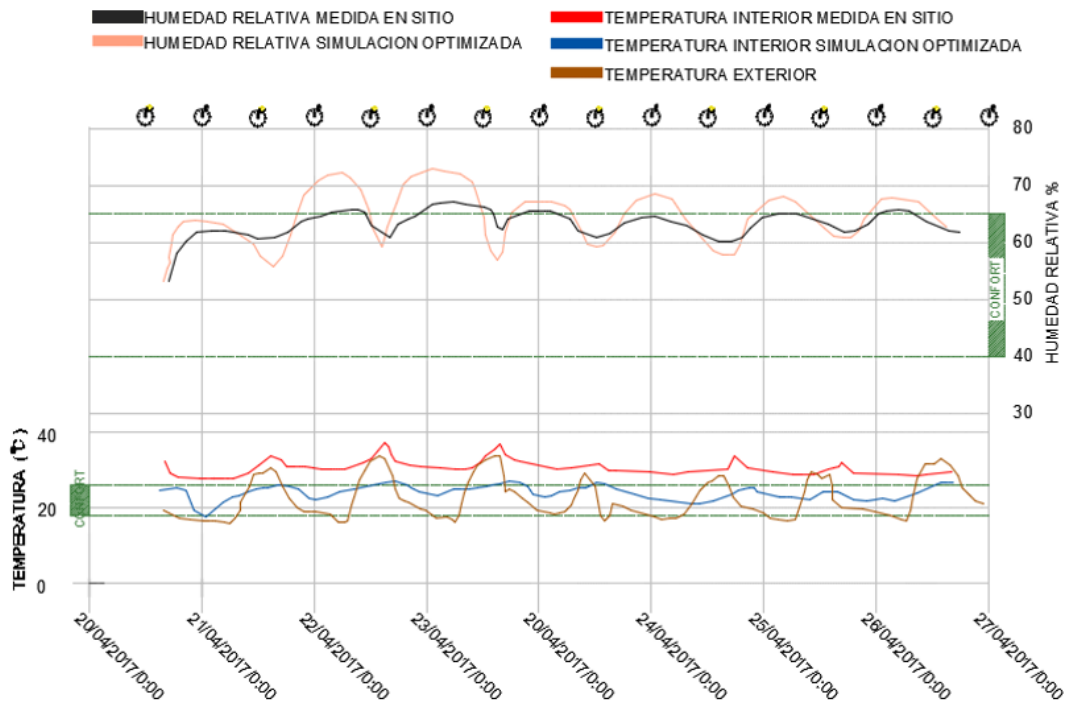
**FIGURA 38:** Optimización Edificio Mirage, Fuente Autor

**Tabla 22:** Valores para optimización Edificio Mirage

COMPONENTE DEL ENVOLVENTE	VALOR ACTUAL	REQUISITO NEC 11 CAP.13 INEN 2 506:2009	VALOR OPTIMIZACIÓN SIMULACIÓN
VALOR U PAREDES EXTERIORES	2.67	1.80 Máximo	1.10
AMORTIGUACIÓN ONDA TÉRMICA PAREDES EXTERIORES %	39.77	Ninguno	89.70
DEFASE TÉRMICO EN HORAS PAREDES EXTERIORES	4.7	Ninguno	11.3
VALOR U ANTEPECHOS DE HORMIGÓN	3.94	1.80 Máximo	3.13
PROPORCIÓN ABERTURAS Y PAREDES FACHADAS ESTE-OESTE	68%	30%	30%
PROPORCIÓN ABERTURAS Y PAREDES FACHADAS NORTE SUR	32%	40%	32%
CAUDAL VENTILACIÓN	8 lt/s	10 lt/s	20 lt/s
PROPORCIÓN OPERABLE VENTANAS	13%	No especifica	15%
VALOR U VIDRIO	5.8	5.7	1.8
W/m <sup>2</sup> K			

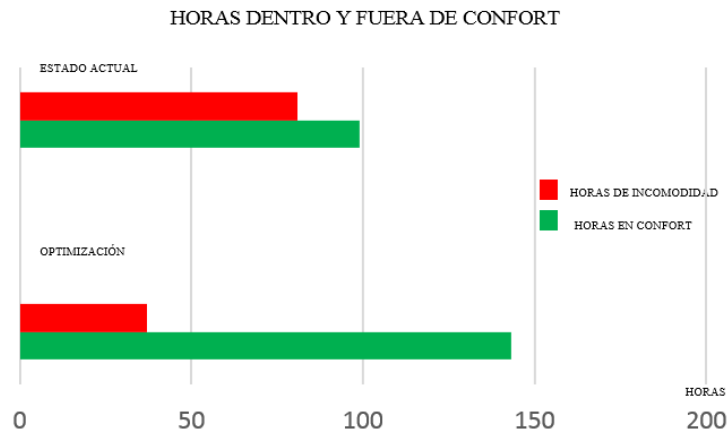
**Fuente:** Autor

Con estas modificaciones se obtiene variaciones positivas que modifican la temperatura y la humedad relativa, haciendo que esta llegue a los rangos de confort aceptable:

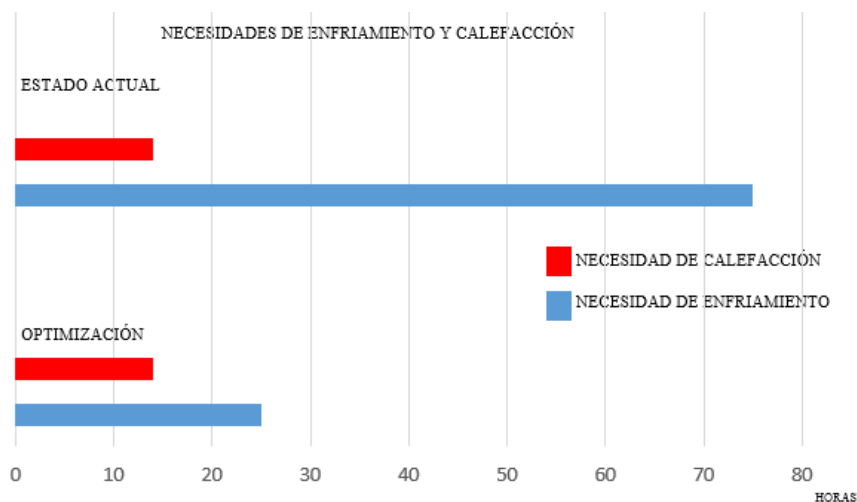


**FIGURA 39:** Grafica de optimización Edificio Mirage, Fuente: Autor, generado con programa Design Builder

Se evidencia también una mejora reduciendo los periodos de incomodidad frente al estado actual, y el descenso en el requerimiento de enfriamiento del espacio, el periodo evaluado corresponde a 185 horas hábiles de trabajo dentro de las oficinas.



**FIGURA 40:** Confort e incomodidad con optimización Edificio Mirage, Fuente: Autor



**FIGURA 41:** Enfriamiento y calefacción con optimización Edificio Mirage, Fuente: Autor

#### 4.12 Optimización Edificio Urban Plaza.

No se modifica la forma y orientación del edificio, utilizando el programa Climate Consultant se realiza una simulación energética que considera la aplicación de los valores indicados en la NEC 11 capítulo 13 y la NTE INEN 2 506:2009, así como también de las tres estrategias pasivas a aplicarse. Los valores utilizados se resumen tabla 23 y la obtención de las propiedades de los materiales utilizados se encuentra en el anexo 3. En cuanto inercia térmica en este edificio si bien en primera instancia se podría pensar un material como el hormigón con una capacidad calorífica de 0.204-0.784 Kw/h por metro cúbico, en este edificio se tiene como obstáculo el poco espacio disponible en planta, por esto se acude a un material de cambio de fase aplicando el estudio realizado en el año 2002 por la firma Dietrich Schwarz, quienes fabrican un panel doble vidriado que contiene en su interior parafina envasada, cuya capacidad de almacenaje verificada por Goulding(1992) es de 38-105 Kw/h por metro cúbico, el autor comprueba que este sistema constructivo provee diez veces la capacidad de almacenamiento energético del hormigón usando 35 veces menos espacio, este sistema permite no afectar la estética del

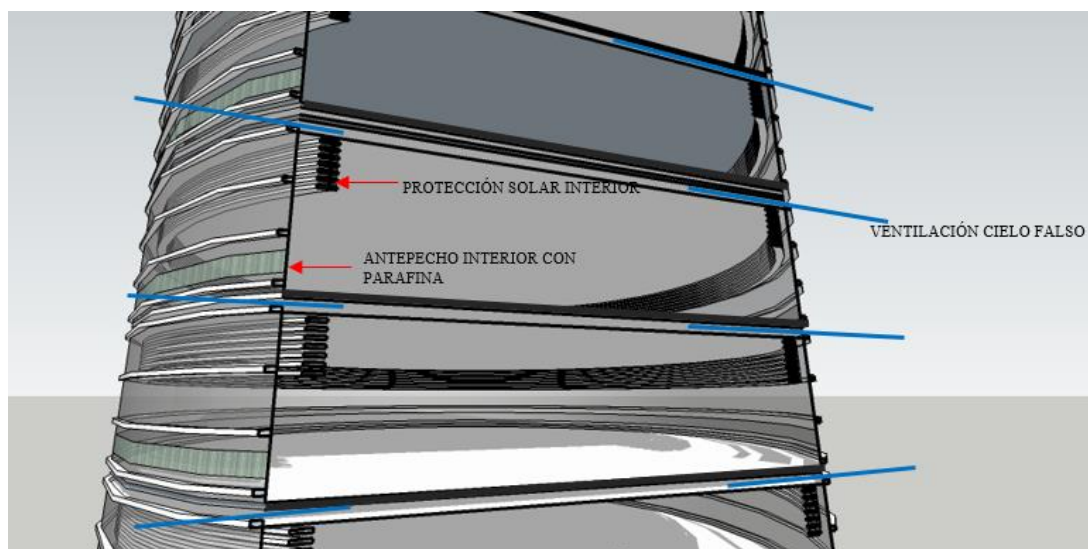
edificio. También en este edificio como en el edificio Mirage, se toma el aporte realizado por el Arq. Jorge Ramírez Fonseca (1997) para ventilar el cielo falso. Con lo expuesto en la figura del capítulo 4 se evidencia que el periodo de sobrecalentamiento en este edificio al igual que en el edificio Mirage se acentúa entre las 10 am y 16 pm por lo que se propone una protección solar interior (figura 42) que genera un porcentaje del 30% adicional de sombra y reduce la incidencia solar en los espacios. Finalmente se modela el espacio con vidrio con un bajo coeficiente U de transmitancia.

**Tabla 23:** Valores para optimización Edificio Urban Plaza

COMPONENTE DEL ENVOLVENTE	VALOR ACTUAL	REQUISITO NEC 11 CAP.13 INEN 2 506:2009	VALOR OPTIMIZACIÓN SIMULACIÓN
VALOR U ANTEPECHOS INTERIORES	0	1.80 Máximo	3.13
AMORTIGUACIÓN ONDA TÉRMICA ANTEPECHOS INTERIORES	0	No especifica	93.50
DEFASE TÉRMICO EN HORAS ANTEPECHOS INTERIORES	0	No especifica	12.2
PROPORCIÓN ABERTURAS Y PAREDES FACHADAS ESTE-OESTE	50%	30%	50%
PROPORCIÓN ABERTURAS Y PAREDES FACHADAS NORTE SUR	50%	40%	50%

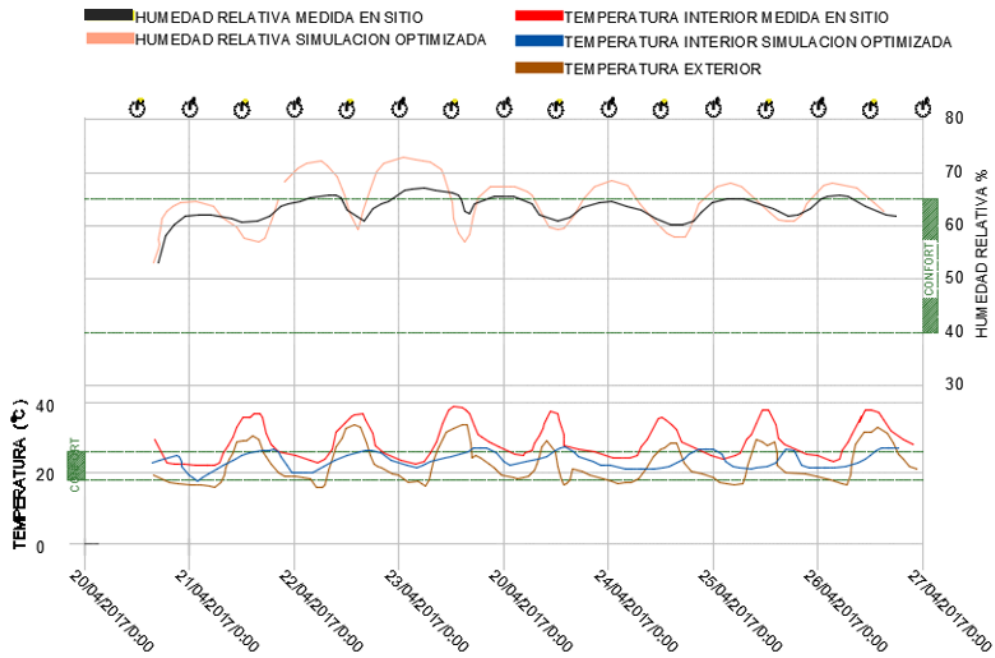
CAUDAL	8 lt/s	10 lt/s	20 lt/s
VENTILACIÓN			
PROPORCIÓN	6%	No especifica	15%
OPERABLE			
VENTANAS			
VALOR U VIDRIO	4.7	5.7	1.8
W/m <sup>2</sup> K			

**Fuente:** Autor



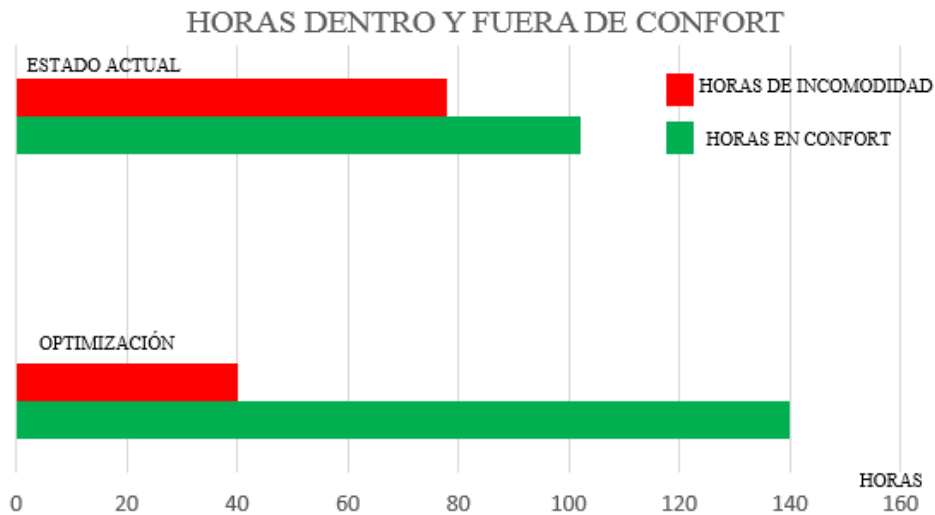
**FIGURA 42:** Optimización Edificio Mirage, Fuente Autor

Con estas modificaciones en este edificio también se obtienen variaciones positivas que modifican la temperatura y la humedad relativa, haciendo que esta llegue a los rangos de confort aceptable:

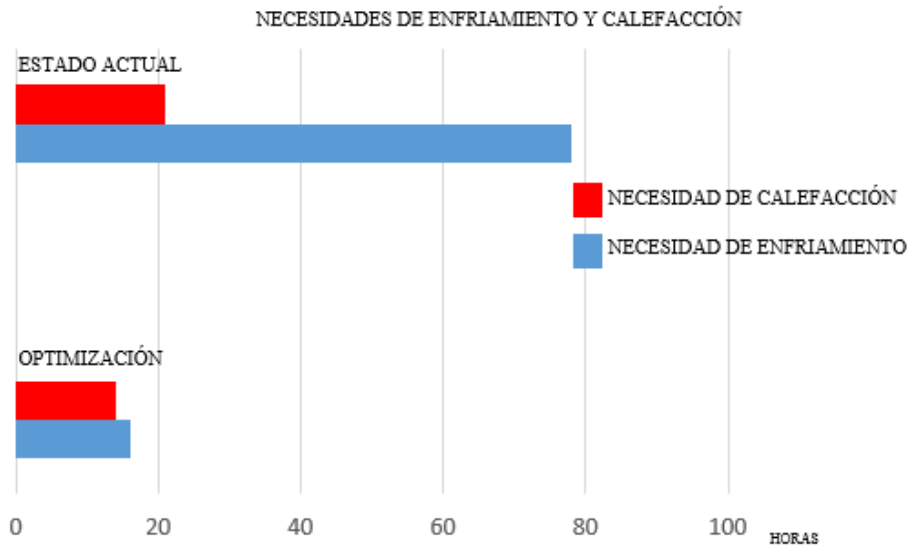


**FIGURA 43:** Gráfica de optimización Edificio Urban Plaza, Fuente: Autor, generado con programa Design Builder

Se logra una mejora reduciendo los periodos de incomodidad frente al estado actual, y el descenso en el requerimiento de enfriamiento del espacio, el periodo evaluado corresponde a 185 horas hábiles de trabajo dentro de las oficinas.



**FIGURA 44:** Confort e incomodidad con optimización Edificio Mirage, Fuente: Autor



**FIGURA 45:** Enfriamiento y calefacción con optimización Edificio Urban Plaza,  
Fuente: Autor

#### 4.13 Optimización Edificio Quito Publishing House

Al igual que en los dos casos anteriores no se modifica la forma y orientación del edificio, utilizando el programa Climate Consultant se realiza una simulación energética que considera la aplicación de los valores indicados en la NEC 11 capítulo 13 y la NTE INEN 2 506:2009, así como también de las tres estrategias pasivas a aplicarse. Se reemplaza la mampostería existente de bloque por una de ladrillo cerámico. En este edificio se hace evidente el papel del usuario, las estrategias aplicadas por el diseñador pueden verse disminuidas por el uso inadecuado por ejemplo las ventilaciones de esta edificación. A diferencia de otras tipologías como la vivienda, los usuarios de un edificio de oficina no tienen el mismo grado de disciplina esto sumado a que algunas están a una altura superior al promedio de estatura de los ocupantes. En el escenario de modelación de este edificio se mantiene el porcentaje de aperturas y operativo de las ventanas pero a diferencia de la simulación inicial se supone los usuarios operándolos para generar el efecto de ventilación cruzada previsto en el diseño y el efecto de chimenea central generado por el atrio existente.

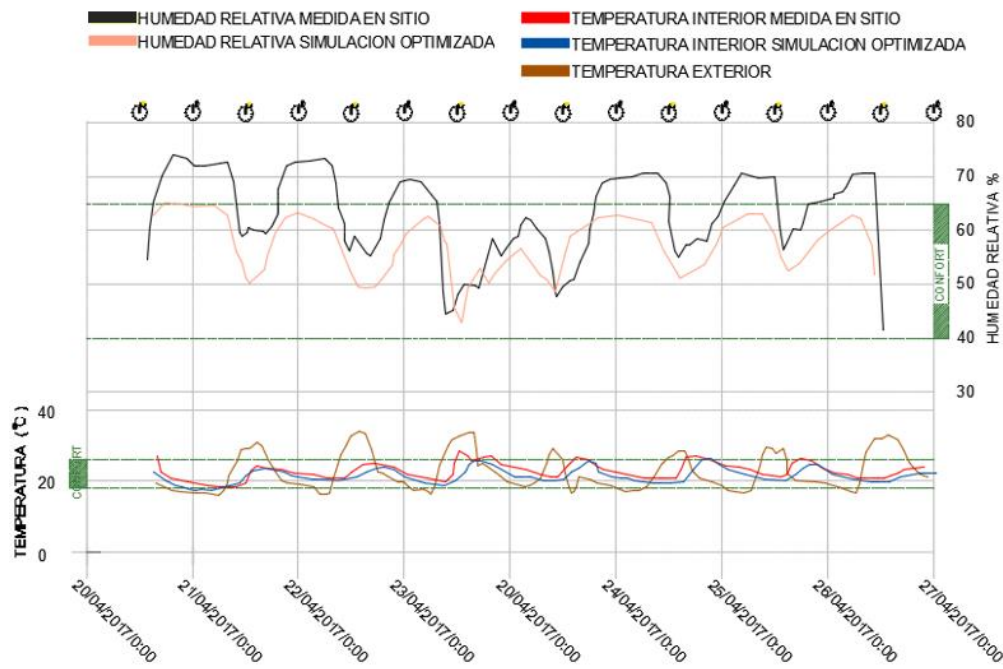
**Tabla 24:** Valores para optimización Edificio Quito Publishing House

COMPONENTE DEL ENVOLVENTE	VALOR ACTUAL	REQUISITO NEC 11 CAP.13 INEN 2 506:2009	VALOR OPTIMIZACIÓN SIMULACIÓN
VALOR U ANTEPECHOS	2.67	1.80 Máximo	1.10
AMORTIGUACIÓN ONDA TÉRMICA ANTEPECHOS %	39.77	Ninguno	89.70
DESFASE TÉRMICO EN HORAS ANTEPECHOS	4.7	Ninguno	11.3
PROPORCIÓN ABERTURAS Y PAREDES FACHADAS ESTE-OESTE	31%	30%	31%
PROPORCIÓN ABERTURAS Y PAREDES FACHADAS NORTE SUR	42%	40%	42%
CAUDAL VENTILACIÓN	22 lt/s	10 lt/s	22 lt/s
PROPORCIÓN OPERABLE VENTANAS	20%	No especifica	20%
VALOR U VIDRIO	5.8	5.7	5.8

**W/m<sup>2</sup>K**

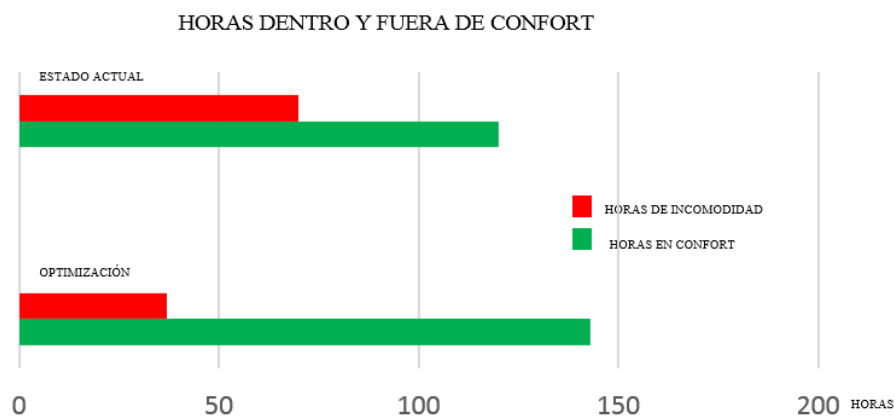
**Fuente:** Autor

Al incluir estos cambios en este edificio también se obtienen variaciones positivas que modifican la temperatura y la humedad relativa, haciendo que esta llegue por mayor cantidad de tiempo a los rangos de confort aceptable:

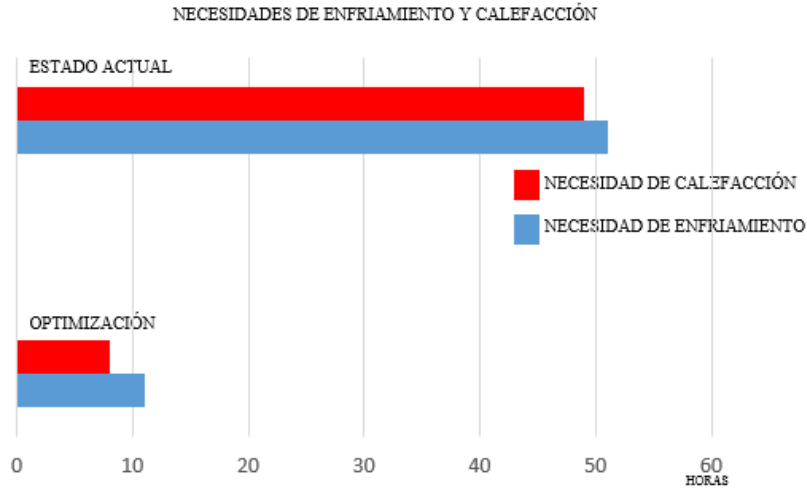


**FIGURA 46:** Grafica de optimización Edificio Quito Publishing House, Fuente: Autor, generado con programa Design Builder

Se logra una mejora reduciendo los periodos de incomodidad frente al estado actual, y el descenso en el requerimiento de enfriamiento del espacio, el periodo evaluado corresponde a 185 horas hábiles de trabajo dentro de las oficinas.



**FIGURA 47:** Confort e incomodidad con optimización Edificio Quito Publishing House, Fuente: Autor



**FIGURA 48:** Enfriamiento y calefacción con optimización Edificio Urban Plaza,  
Fuente: Autor

## Conclusiones

Frente a los siguientes objetivos planteados en la investigación:

- Determinar si las Normas existentes en el país con relación a la eficiencia energética, contribuyen a que la envolvente tenga un mejor desempeño.
- Identificar las oportunidades de mejora, para que por medio de los edificios analizados aporten para los nuevos proyectos.
- Determinar soluciones de diseño, constructivas y de materiales adecuadas al clima de la ciudad de Quito.
- Aportar con protocolos y métodos de evaluación simplificados y precisos, que sean a futuro aplicables en edificios de similares condiciones.

Se puede concluir que al aplicar los requerimientos de la NEC 11 Capítulo 13 y la NTE INEN 2 506 2009, se obtuvo mejoras en la eficiencia energética de la envolvente de los tres edificios estudiados. Se logró identificar mediante el análisis y optimización realizada a los tres edificios que con el uso de tres estrategias pasivas: masa térmica, ventilación y manejo adecuado de los elementos transparentes se puede mejorar la eficiencia energética en la envolvente de nuevos proyectos. Mediante la optimización realizada a los tres

edificios se determinó cuales soluciones constructivas tienen un mejor comportamiento térmico-energético en la ciudad de Quito. En el capítulo 3 se adaptó los aportes de varios autores para poder generar un método de evaluación de la eficiencia energética en la envolvente de los tres edificios estudiados, que se complementa con el uso de fichas de análisis y protocolos de medición (anexo 3) los mismos que pueden ser fácilmente usados para evaluar edificios de similares condiciones en fase de proyecto o como posterior auditoria energética de la envolvente.

En el edificio Urban Plaza y en el edificio Mirage se verifica la hipótesis planteada: “El diseño, los materiales utilizados y la técnica constructiva de la envolvente de los edificios estudiados, no optimiza su comportamiento térmico energético ni ha tomado en cuenta los requerimientos de la normativa vigente en el país“, las evaluaciones realizadas muestran que los dos edificios presentan un mal desempeño térmico energético que se manifiesta en largos periodo de sobrecalentamiento al interior, producto del diseño, materiales y técnica constructiva no adecuada. El Edificio Quito Publishing House presenta muestra la importancia del papel del usuario dentro del funcionamiento de la edificación, si bien el diseño inicial considera el correcto uso del viento como recurso de enfriamiento la altura de las ventilaciones y la falta de concientización a los ocupantes dificulta el buen uso de este recurso lo que incide de forma negativa en su desempeño

### **Normativa**

-La NEC 11, capítulo 13 presenta varias inconsistencias, la primera relacionada a la clasificación climática que establece para las ciudades del país siendo el criterio establecido para la selección el promedio de temperaturas anuales, Cañadas (1972) definió el clima como un conjunto de valores promedio de las variables atmosféricas que caracterizan un lugar en donde además de la temperatura debe analizarse: humedad, radiación solar, precipitación, vientos y topografía.

-La segunda a pesar de que esta normativa regula los coeficientes de transmitancia en los materiales, no establece valores límite para las pérdidas y ganancias térmicas, por lo que no regula el balance térmico de las edificaciones que se ve afectado por la mala selección de materiales opacos y transparentes en las envolventes de los edificios. Ante esto se hizo necesario comparar los resultados obtenidos con normas internacionales de desempeño energético como la Argentina en donde se demostró que valores como Coeficiente volumétrico de pérdidas de calor (Gcal) duplica el límite máximo permitido para zonas térmicas de similares características

La NEC 11 capítulo 13 y la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2 506:2009 de eficiencia energética, sugieren escenarios donde se incluya adecuados grados de ventilación en el edificio, pero no establecen de forma clara límites mínimos de caudales ni métodos para proporcionar aberturas, por esto se trabajó con el método ASHRAE lo que permitió tener un punto de referencia y demostrar que el Edificio Mirage y el Edificio Urban Plaza no cumple con los caudales mínimos de ventilación recomendados.

### **Oportunidades de mejora**

-El uso de estrategias pasivas de climatización influye de forma directa en el comportamiento térmico energético de los edificios estudiados, reduciendo la demanda de enfriamiento en los espacios. Se trabajó en las propiedades térmicas de los materiales, inercia térmica, transparencia y ventilación reduciendo en un 42% promedio la necesidad de enfriamiento en comparación con el estado actual. Es importante indicar que estas estrategias pasivas de diseño coinciden con las obtenidas mediante el programa Cimate Consultant en el análisis climático del capítulo 2.

-Si bien el edificio Urban Plaza tiene envolvente vidriada que podría asumirse como menos eficiente térmica y energéticamente, la forma cilíndrica contribuye a su desempeño

razón por la cual los valores de incomodidad son muy cercanos al edificio Mirage de envolvente opaco transparente.

-El edificio Quito Publishing muestra la importancia de educar al usuario dentro del funcionamiento de la edificación, se encontró un escenario de total desconocimiento de las estrategias aplicadas por los diseñadores.

-La aplicación de ventilación por medio del cielo falso de los edificios Mirage y Urban Plaza disminuyó la temperatura radiante de las superficies en 3 °C, lo que influyó directamente en el sobrecalentamiento de los espacios estudiados.

-Se puede concluir que del estudio presentado la envolvente que tiene una mejor eficiencia energética en la ciudad de Quito es la que cuenta con protecciones solares y estrategia de ventilación cruzada con efecto de chimenea, en este caso el Edificio Quito Publishing House.

La optimización con un vidrio de bajo coeficiente U, en una envolvente redujo en un 31 % la necesidad de enfriamiento en el Edificio Urban Plaza otorgándole una mayor capacidad de aislamiento. Además la utilización de protecciones solares al interior de los edificios Mirage y Urban Plaza redujo en un 30 % el impacto solar al interior de las oficinas.

Se demostró en los escenarios de optimización del edificio Mirage que en una envolvente opaca transparente el ladrillo cerámico es más eficiente en el clima de la ciudad de Quito por su inercia y desfase que responden de mejor manera a la exposición solar prolongada

-Se sugiere para futuras investigaciones evaluar las terrazas de estos edificios ya que como se muestra en las fichas que evalúan impacto solar e irradiancia, estas son grandes captadoras de energía calorífica que podría afectar el desempeño térmico energético del edificio.

## **BIBLIOGRAFÍA:**

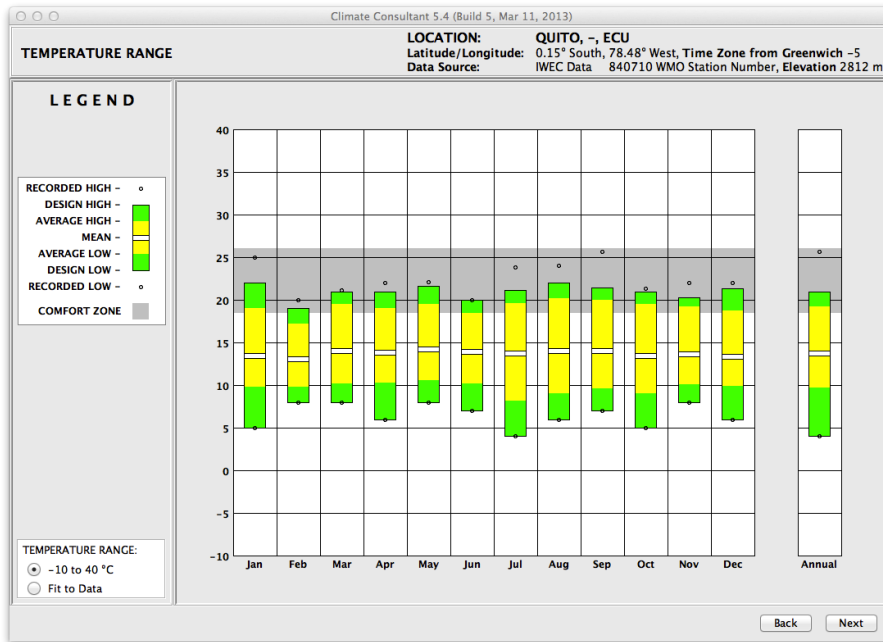
- Burton, S. (2001). Energy efficient office refurbishment. London: James & James.
- Czajkowski, J. (2012). Eficiencia Energetica Edilicia: Modelizacion y simulacion mediante tipos y auditorias. La Plata: FAU-UNLP.
- Czajkowski, J., & Gomez, A. (1991). Introduccion al diseño bioclimatico y la economia energetica edilicia. La Plata: FAU UNLP.
- Diaz , V. (2005). Acondicionamiento térmico de edificios: eficiencia y uso racional de la energía. Buenos Aires: Nobuko.
- Evans, J. M. (2003). EVALUACIÓN DE IMPACTO DEL SOL EN ENVOLVENTES VIDRIADAS. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, 7(1), 5.37-5.42. Recuperado el 2016, de <http://www.cricyt.edu.ar/asades/modulos/averma/trabajos/2003/2003-t005-a007.pdf>
- Evans, J. M. (2006). Simulacion de temperaturas internas en el proceso proyectual, un nuevo enfoque para evaluar el comportamiento termico. Salta: Averma.
- Farrou, Kolokotroni, & Santamouris. (2010). Building Envelope Design for Climate Change Mitigation: a case of study of hotels in Greece.
- Fernandez, J. M. (2011). Eficiencia Energetica en los Edificios. Madrid: Antonio Madrid.
- Gomez, F. (2006). Eficiencia energetica en edificios Certificaciones y Auditorias Energeticas. Madrid: Paraninfo.
- Goulding, R. (1992). EnergynConscious Design:A primer for Architects. London: Batsford.
- GRIDCON-CAMICON. (2015). Evolucion del Sector inmobiliario en Quito. Quito: Gridcon.
- IEA. (2015). World Energy Outlook. Paris: IEA.

- INHAMI. (16 de Agosto de 2016). Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.  
Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/biblioteca/>
- ISO 6946. (1996). Building components and building elements-Thermal resistance and thermal transmittance-Calculation method.
- Kolokotroni, M. (1998). Night Ventilation for Cooling Office buildings. Lonfres: BRE.
- Lacomba, R. (1992). Manual de Arquitectura Solar. Mexico: Trillas.
- Lamberts D., P. R. (1997). Eficiencia Energetica en Arquitectura. Sao Pulo: PW.
- Martinez Rey, F. J. (2004). Eficiencia Energetica en edificios:certificacion y auditorias energeticas. Madrid: Thomson.
- Mercon, M. G. (15 de Septiembre de 2008). Confort termico y tipologia Arquitectonica en climas calidos humedos. Obtenido de mastersuniversitaris:  
<http://mastersuniversitaris.upc.edu/aem/archivos/2007-08-tesinascompletas/confort-termico-y-tipologia-arquitectonica-en-clima-calido-humedo>
- Ministerio de Salud Publica del Ecuador. (2000). El fenomeno del Niño en Ecuador. Quito: MSP.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 506:2009. (2009). EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICACIONES REQUISITOS. Quito: INEN.
- Normativa Ecuatoriana de la Construcción NEC 11 capítulo 13. (2011). Eficiencia Energetica en la Construcción en Ecuador. Quito: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.
- Nottoli, S. (2004). Física aplicada a la Arquitectura. Buenos Aires: Nobuko.
- Olgay, V. (2008). Manual de Diseño Bioclimatico para Arquitectos y Urbanistas. Princeton: G.G.

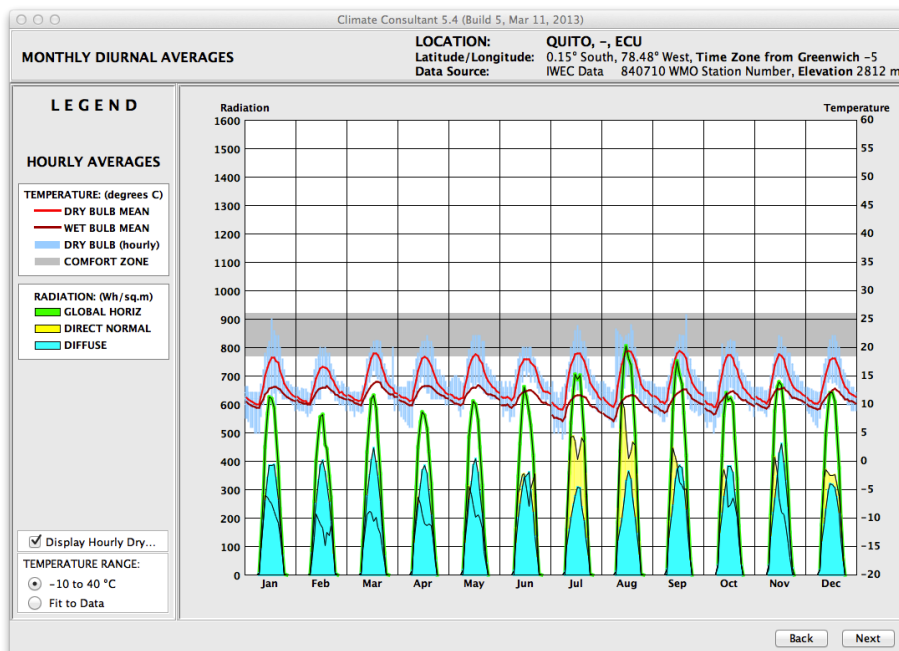
- OMS. (2010). Entornos laborales saludables: fundamentos y modelo de la OMS: contextualización,. Ginebra: OMS.
- Peralta, E., & Moya Tasquer, R. (2010). Guia Arquitectonica de Quito. Quito: Trama.
- PINO, BUSTAMANTE, & ESCOBAR. (2010). Análisis de Comportamiento Térmico de Edificios de Oficina en Comunas de la Región Metropolitana de Chile. *Energia Solar y Ambiente CONstruido*, 12-19.
- Ramirez Fonseca, J. (2006). Hacia la sustentabilidad del neolítico al protocolo de Kyoto. *Arquitectura, Arte, Ingeniería, Ciencia Y Tecnología*, 8-16.
- Redondo, O. (2013). Eficiencia Energética, Manual práctico para cálculos térmicos en edificios. Madrid: Tornapunta.
- Ruckert, J. (2014). Eficiencia Energetica en Edificaciones. Madrid: Paraninfo.
- Sánchez, B. (2016). Propuesta para lograr confort térmico en las aulas de la escuela primaria Domingo Becerra. Mexico. Recuperado el 2017, de <http://hdl.handle.net/11117/3680>
- Serra, & Coch. (1995). *Arquitectura y Energía Natural*. Barcelona: UPC editions.
- Szokolay, S. (2004). *Introduction to Architectural Science: The basis of sustainable design*. Oxford: Architectural Press.
- Thomas, R. (1999). *Environmental Design*. London: E&FN.
- Turner, W. (2007). *Energy Management Handbook*. Lilburn: Fairmont Press.
- UNEP. (2012). *Proyecto Políticas Climáticas 2012: PREPARANDO ESTRATEGIAS CLIMÁTICAS*. Panama: 2012.
- Vasquez, C. (2006). *El Vidrio*. Santiago: EDIARQ.

# ANEXO 1, Diagramas climáticos Quito, Fuente: Autor

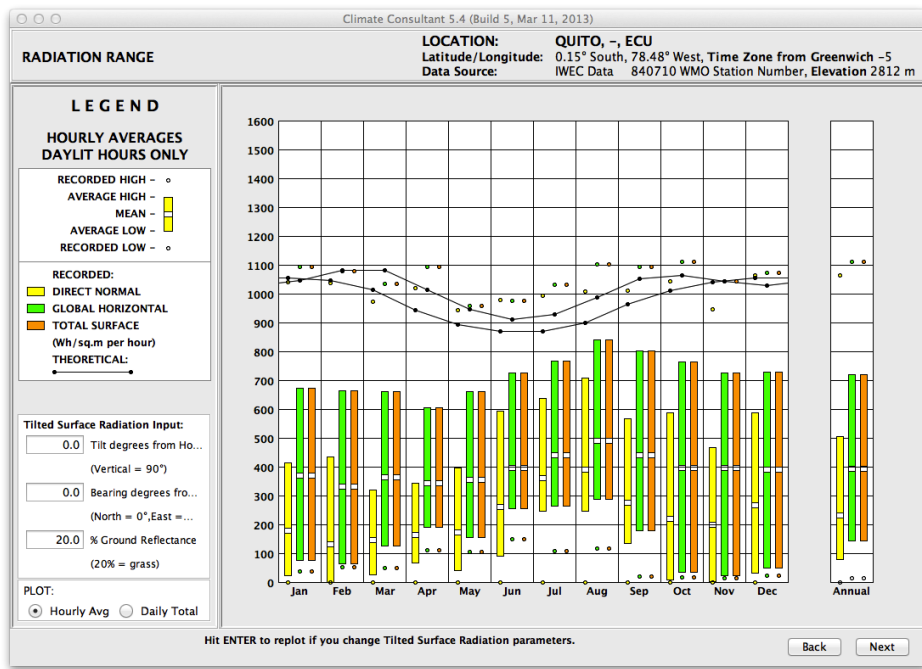
## 1.1 Diagrama de Rango Anual de Temperaturas



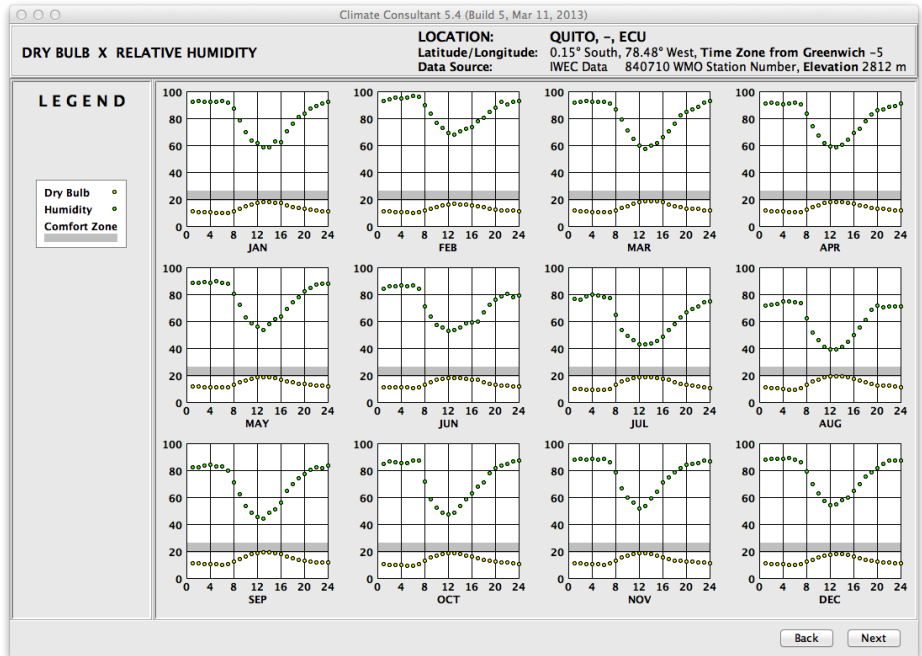
## 1.2 Diagrama de Promedio Diurnos Mensuales – Temperaturas máxima, minina y media



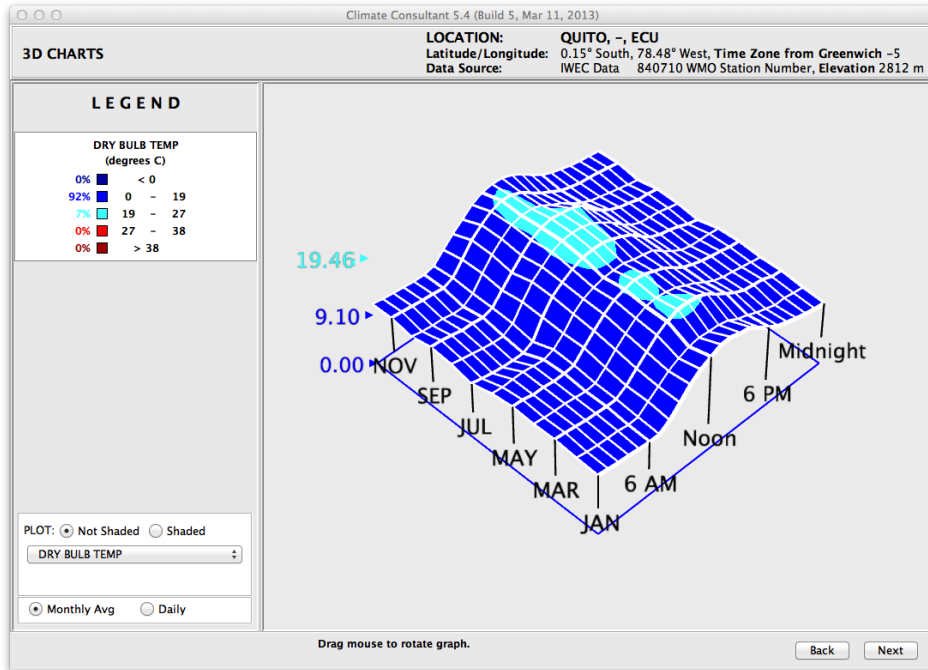
### 1.3 Diagrama de Rango de Radiación Solar y Horas de Luz Natural



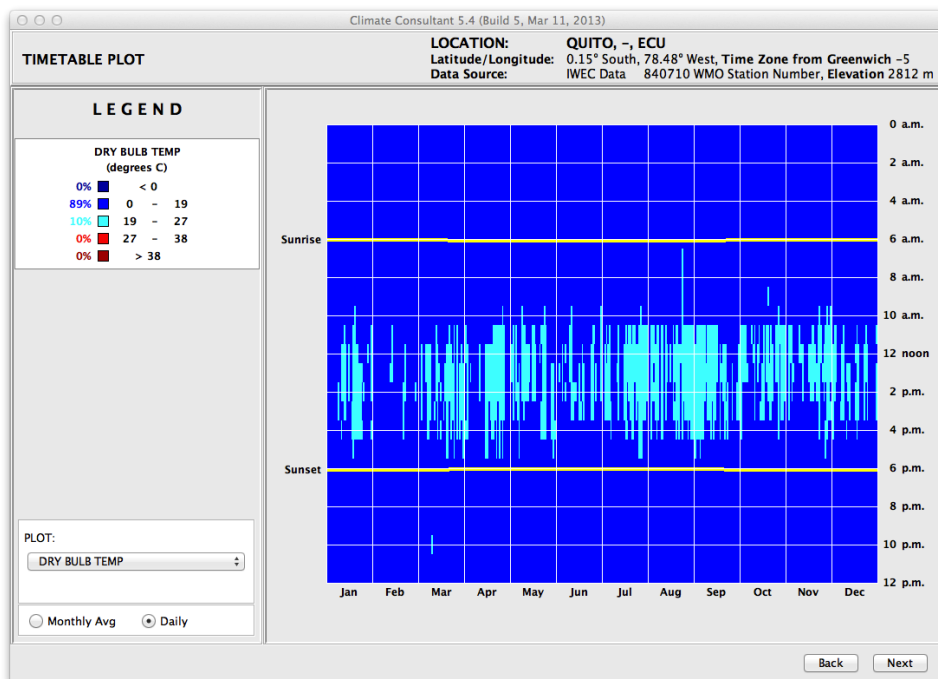
### 1.4 Diagramas Mensuales de Temperatura y Humedad Relativa



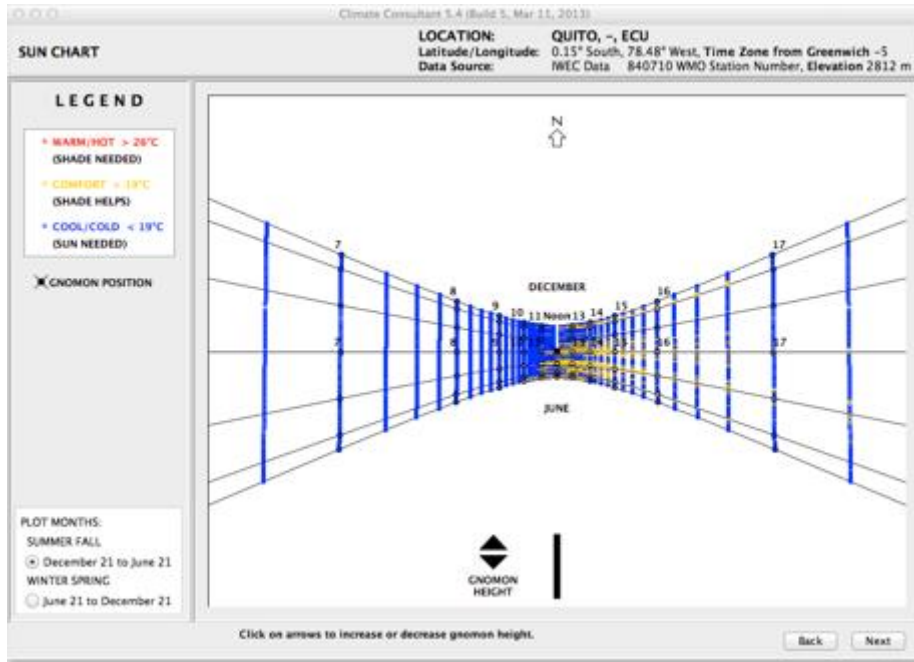
### 1.5 Diagrama en 3 dimensiones de las temperaturas mensuales por mes y hora



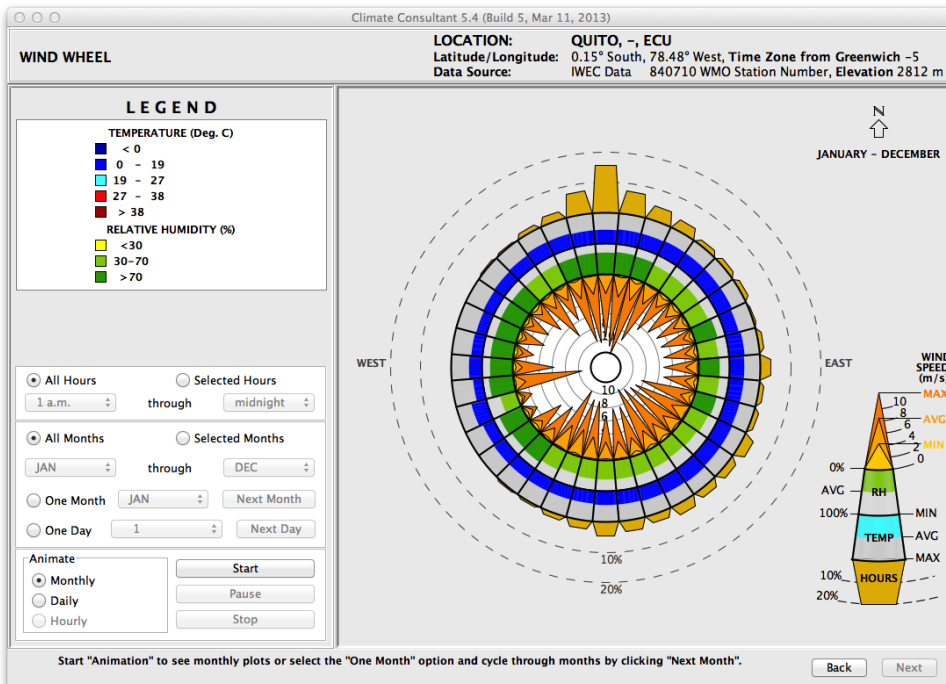
### 1.6 Diagrama de visualización lineal de temperaturas mensuales por mes y hora



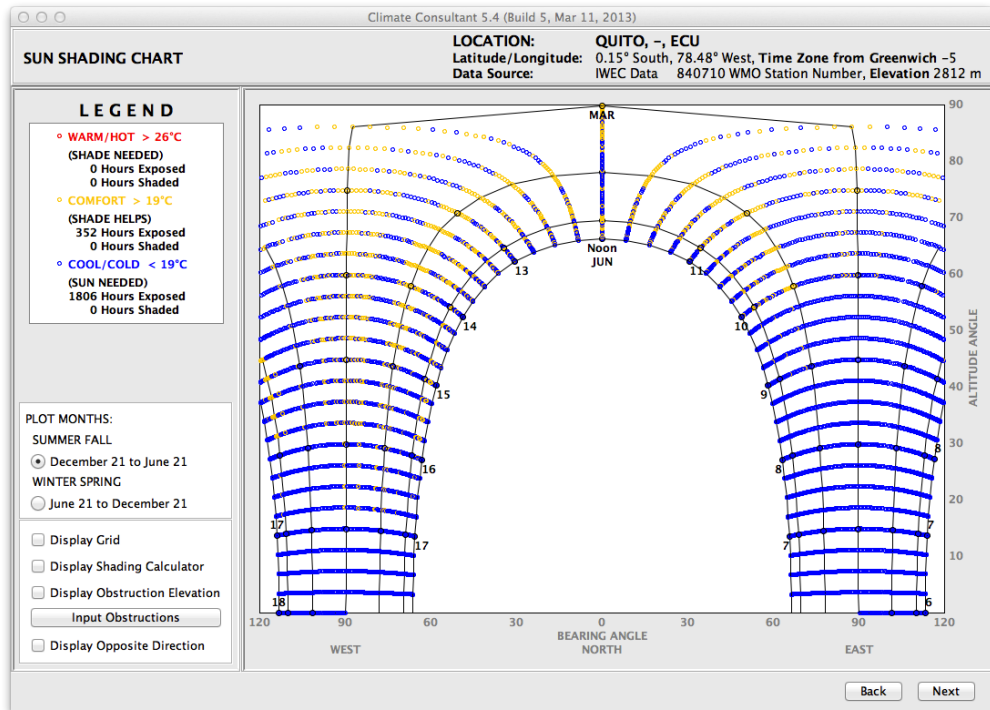
### 1.7 Diagrama anual de recorrido solar para la localidad de Quito



### 1.8 Diagrama de Rosa de Viento con dirección predominante y velocidad



## 1.9 Diagrama de sombra y soleamiento para ventanas orientadas al sur



## ANEXO 2, Cálculos de pérdidas y ganancias térmicas, Fuente: Autor

### 2.1 Cálculo de coeficiente global de pérdidas

Para poder realizar el balance térmico se necesita conocer, además, las condiciones exteriores e interiores de diseño. Se toma la temperatura de diseño exterior para la ciudad de Quito de 15,6°C. La temperatura de confort interior de 18°C.

---

#### COEFICIENTE GLOBAL DE PÉRDIDAS O GANANCIAS TÉRMICAS EDIFICIO

##### MIRAGE

##### Pérdidas por conducción

---

No	Descripción	S en m <sup>2</sup>	K	en C	$\Delta t = t_i - t_e$	$q_c = S \times K \times C_{exp} \times \Delta t$
			W/m <sup>2</sup> K	exp	en °C	[W]
1	AP1	10.07	3.12	1	2.4	75.40
2	AP2	8.53	3.12	1	2.4	63.87
3	AP3	3.68	3.12	1	2.4	27.55
4	AP4	7.52	3.12	1	2.4	56.30
5	AP5	7.86	3.12	1	2.4	58.85
6	AP6	10.00	3.12	1	2.4	74.88
7	AP7	4.70	3.12	1	2.4	35.19
8	AP8	5.65	3.12	1	2.4	42.30
9	AP9	2.85	3.12	1	2.4	21.34
10	AP10	8.54	3.12	1	2.4	63.94
11	P1	9.82	1.23	1	2.4	28.98
12	P2	13.05	2.92	1	2.4	91.45
13	P3	19.99	2.33	1	2.4	111.78
14	P4	5.82	2.33	1	2.4	32.54
15	P5	10.47	2.33	1	2.4	58.54

---

---

16	P6	18.10	1.23	1	2.4	53.43
17	P7	21.29	2.33	1	2.4	119.05
18	P8	7.50	1.23	1	2.4	22.14
19	P9	3.87	1.23	1	2.4	11.42
20	P10	7.65	2.33	1	2.4	42.77
21	P11	6.88	2.33	1	2.4	38.47
22	P12	14.63	2.33	1	2.4	81.81
23	P13	5.85	2.33	1	2.4	32.71
24	P14	7.50	2.33	1	2.4	41.94
25	P15	13.05	2.92	1	2.4	91.45
26	P16	9.82	1.23	1	2.4	28.98
27	V1	22.81	5.8	1	2.4	317.51
28	V2	2.19	5.8	1	2.4	30.48
29	V3	19.30	5.8	1	2.4	268.65
30	V4	8.34	5.8	1	2.4	116.09
31	V5	16.18	5.8	1	2.4	225.22
32	V6	16.94	5.8	1	2.4	235.80
33	V7	22.63	5.8	1	2.4	315.00
34	V8	10.64	5.8	1	2.4	148.10
35	V9	12.79	5.8	1	2.4	178.03
36	V10	6.00	5.8	1	2.4	83.52
37	V11	19.30	5.8	1	2.4	268.65
38	V12	2.19	5.8	1	2.4	30.48
39	PI1	48.05	2.68	0.5	2.4	154.52
40	P12	53.32	2.68	0.5	2.4	171.47

---

---

**Pérdidas totales por conducción Qc****5990 w**

S: superficie del cerramiento

K: conductividad térmica del elemento

Cexp: coeficiente de exposición (1 cuando el cerramiento está en contacto con el exterior y 0,5 cuando de a un espacio no calefaccionado)

 $\Delta t$ : diferencia entre la temperatura de confort interior y la exterior de diseño

Qc: carga térmica total debida a pérdidas por conducción

Volumen en m3	N	Ce aire en W/m3 °C	$\Delta t$	$Q_i = V \times N \times C_{e \text{ aire}} \times \Delta t$ [W]
2119.05	2	0,35	2.4	3560.00

**Pérdidas totales por infiltración Qi****3560.00**

V:volumen del local

N: número de renovaciones de aire

Ce aire: calor específico del aire

 $\Delta t$ : diferencia entre la temperatura de confort interior y la exterior de diseño

Qi: carga térmica total debida a pérdidas por infiltración

Qt: carga térmica total del local

**Pérdidas totales=conducción + infiltración****Qt=Qc+Qi=9550 w**

---

**COEFICIENTE GLOBAL DE PÉRDIDAS O GANANCIAS TÉRMICAS EDIFICIO**

URBAN PLAZA

Pérdidas por conducción

No	Descripción	S en m2	K en W/m2K	C exp	$\Delta t=ti-te$ en °C	$q_c = S \times K \times C_{exp} \times \Delta t$ [W]
----	-------------	---------	------------	-------	------------------------	--

---

1	V1	48.45	4.7	1	2.4	546.51
2	V2	48.45	4.7	1	2.4	546.51
3	V3	48.45	4.7	1	2.4	546.41
4	V4	48.45	4.7	1	2.4	546.41
5	PI1	16.53	1.66	0.5	2.4	32.92
6	PI2	15.39	1.66	0.5	2.4	30.65
7	PI3	16.90	1.66	0.5	2.4	33.66
8	PI4	15.39	1.66	0.5	2.4	30.65
9	PI5	11.59	1.66	0.5	2.4	23.08

**Pérdidas totales por conducción Qc**

**2812W**

S: superficie del cerramiento

K: conductividad térmica del elemento

Cexp: coeficiente de exposición (1 cuando el cerramiento está en contacto con el exterior y 0,5 cuando dé a un espacio no calefaccionado)

$\Delta t$ : diferencia entre la temperatura de confort interior y la exterior de diseño

Qc: carga térmica total debida a pérdidas por conducción

Volumen en m3	N	Ce aire en W/m3 °C	$\Delta t$	$Q_i = V \times N \times C_{e \text{ aire}} \times \Delta t$ [W]
1031.67	2	0,35	2.4	1733.20

**Pérdidas totales por infiltración Qi**

**1733.20**

V:volumen del local

N: número de renovaciones de aire

Ce aire: calor específico del aire

$\Delta t$ : diferencia entre la temperatura de confort interior y la exterior de diseño

Qi: carga térmica total debida a pérdidas por infiltración

---

Qt: carga térmica total del local

**Pérdidas totales=conducción + infiltración**

**Qt=Qc+Qi=4545.20 w**

---

COEFICIENTE GLOBAL DE PÉRDIDAS O GANANCIAS TÉRMICAS EDIFICIO

QUITO PUBLISHING HOUSE

Pérdidas por conducción

No	Descripción	S en m2	K en C	exp	$\Delta t=t_i-t_e$ en °C	$q_c = S \times K \times C_{exp} \times \Delta t$ [W]
1	AP1	3.00	2.70	0,7	2.4	75.40
2	AP2	3.00	2.70	0,7	2.4	63.87
3	AP3	3.00	2.70	0.7	2.4	27.55
4	AP4	2.88	2.70	0.7	2.4	56.30
5	AP5	2.88	2.70	0.7	2.4	58.85
6	AP6	2.88	2.70	0.7	2.4	74.88
7	AP7	2.88	2.70	0.7	2.4	35.19
8	AP8	2.71	2.70	0.7	2.4	42.30
9	AP9	5.04	2.70	0.7	2.4	21.34
10	AP10	14.16	2.70	0.7	2.4	63.94
11	AP11	0.92	2.70	0.7	2.4	28.98
12	AP12	2.88	2.70	0.7	2.4	91.45
13	C1	19.99	2.91	0.7	2.4	97.72
14	C2	5.82	2.91	0.7	2.4	28.45
15	C3	10.47	2.91	0.7	2.4	51.18
16	C4	18.10	2.91	0.7	2.4	88.48

---

---

17	C5	21.29	2.91	0.7	2.4	104.08
18	C6	7.50	2.91	0.7	2.4	36.66
19	C7	3.87	2.91	0.7	2.4	18.91
20	C8	7.65	2.91	0.7	2.4	37.39
21	C9	6.88	2.91	0.7	2.4	33.63
22	C10	14.63	2.91	0.7	2.4	71.52
23	C11	5.85	2.91	0.7	2.4	28.59
24	P1	28.57	2.70	0.7	2.4	129.59
25	P2	32.33	2.70	0.7	2.4	146.64
26	P3	2.24	2.70	0.7	2.4	10.16
27	P4	16.53	2.70	0.7	2.4	74.98
28	PI1	18.99	2.91	0.5	2.4	66.31
29	PI2	18.99	2.91	0.5	2.4	66.31
30	PI3	18.99	2.91	0.5	2.4	66.31
31	PI4	18.99	2.91	0.5	2.4	66.31
32	PI5	12.56	2.91	0.5	2.4	43.85
33	PI6	13.64	2.91	0.5	2.4	47.63
34	PI7	25.48	2.91	0.5	2.4	88.97
35	PI8	18.48	2.91	0.5	2.4	64.53
36	V1	23.46	5.8	0.7	2.4	228.59
37	V2	23.46	5.8	0.7	2.4	228.59
38	V3	23.46	5.8	0.7	2.4	228.59
39	V4	22.46	5.8	0.7	2.4	218.85
40	V5	22.46	5.8	0.7	2.4	218.85
41	V6	22.46	5.8	0.7	2.4	218.85

---

42	V7	22.46	5.8	0.7	2.4	218.85
43	V8	23.46	5.8	0.7	2.4	228.59
44	V9	20.30	5.8	0.7	2.4	197.80
45	V10	8.06	5.8	0.7	2.4	78.53
46	V11	3.80	5.8	0.7	2.4	37.02
47	V12	22.46	5.8	0.7	2.4	218.85

**Pérdidas totales por conducción Qc 7124W**

S: superficie del cerramiento

K: conductividad térmica del elemento

Cexp: coeficiente de exposición (1 cuando el cerramiento está en contacto con el exterior y 0,5 cuando de a un espacio no calefaccionado)

$\Delta t$ : diferencia entre la temperatura de confort interior y la exterior de diseño

Qc: carga térmica total debida a pérdidas por conducción

Volumen en m3	N	Ce aire en W/m3 °C	$\Delta t$	$Q_i = V \times N \times C_e \text{ aire} \times \Delta t$ [W]
2644.80	2	0,35	2.4	4443.26

**Pérdidas totales por infiltración Qi 4443.26**

V:volumen del local

N: número de renovaciones de aire

Ce aire: calor específico del aire

$\Delta t$ : diferencia entre la temperatura de confort interior y la exterior de diseño

Qi: carga térmica total debida a pérdidas por infiltración

Qt: carga térmica total del local

**Pérdidas totales=conducción + infiltración**

**Qt=Qc+Qi=11567.26 w**

de 15,6°C. La temperatura de confort interior de 18°C.

## **2.2 Coeficiente volumétrico de pérdidas de calor Gcal**

### **EDIFICIO MIRAGE**

Finalmente se calcula el coeficiente volumétrico de pérdidas de calor Gcal.

$$Gcal = \frac{Qt}{V} + 0.35n$$

$$Gcal = 9550/2119.05 + (0.35 \times 2)$$

$$Gcal = 4.50 + 0.70$$

$$Gcal = 5.20$$

Qt: carga térmica total en W

V: volumen interior en m<sup>3</sup>

0.35 la capacidad específica asumida del aire en Wh/m<sup>3</sup>K

N número de renovaciones de aire promedio por hora del local

### **EDIFICIO URBAN PLAZA**

$$Gcal = \frac{Qt}{V} + 0.35n$$

$$Gcal = 4545.20/1031.67 + (0.35 \times 2)$$

$$Gcal = 4.40 + 0.70$$

$$Gcal = 5.10$$

Qt: carga térmica total en W

V: volumen interior en m<sup>3</sup>

0.35 la capacidad específica asumida del aire en Wh/m<sup>3</sup>K

N número de renovaciones de aire promedio por hora del local

### **EDIFICIO QUITO PUBLISHING HOUSE**

$$Gcal = \frac{Qt}{V} + 0.35n$$

$$Gcal = 11567.26/2644.80 + (0.35 \times 2)$$

$$G_{cal} = 4.37 + 0.70$$

$$G_{cal} = 5.07$$

Qt: carga térmica total en W

V: volumen interior en m<sup>3</sup>

0.35 la capacidad específica asumida del aire en Wh/m<sup>3</sup>K

N número de renovaciones de aire promedio por hora del local

### 2.3 Ganancias

Una edificación además de las pérdidas también experimenta un rango de ganancias, desde 0 hasta un valor máximo, que se puede calcular con cierto nivel de precisión. El cálculo de las ganancias son sustancialmente más complejas que el de las pérdidas, por varias razones: dependen de la radiación solar (en cada cara vertical y horizontal), la carga solar depende de la capacidad calorífica del elemento, incluye ganancias internas (número de personas y equipo), y cuentan tanto la ganancias latente y sensible. En esta investigación en la ciudad de Quito, cuya temperatura media anual exterior es de 13.9 según datos tomados de la página electrónica <http://es.climate-data.org/location/1012/> , 74% HR y w=11.53 gr/kg tomado de la página <https://eosweb.larc.nasa.gov> . ; la temperatura de confort interior de 18°C con 50% HR y w=24,22 gr/kg, para el mes de abril.

En resumen se tiene que

---

#### CARACTERÍSTICAS EDIFICIO MIRAGE

---

Altura	3.1	m
Superficie cubierta	683.55	m <sup>2</sup>
Volumen	2119.05	m <sup>3</sup>
W hum espec interior	24,22	g/kg

---

W hum espec exterior	11.53	g/kg
dif W	12.69	g/kg
Temp de diseno (Tmax + 5.5)	19.4	C
Humedad exterior	74	%
Temperatura interior	18	C
Humedad interior	50	%
Dif temp	1.4	C

---

**CARACTERÍSTICAS EDIFICIO URBAN  
PLAZA**

Altura	2.9	m
Superficie cubierta	355.74	m <sup>2</sup>
Volumen	1031.67	m <sup>3</sup>
W hum espec interior	24,22	g/kg
W hum espec exterior	11.53	g/kg
dif W	12.69	g/kg
Temp de diseno (Tmax + 5.5)	19.4	C
Humedad exterior	74	%
Temperatura interior	18	C
Humedad interior	50	%
Dif temp	1.4	C

---

**CARACTERÍSTICAS EDIFICIO QPH**

---

Altura	3.1	m
Superficie cubierta	686	m <sup>2</sup>
Volumen	2644.80	m <sup>3</sup>
W hum espec interior	24,22	g/kg
W hum espec exterior	11.53	g/kg
dif W	12.69	g/kg
Temp de diseno (Tmax + 5.5)	19.4	C
Humedad exterior	74	%
Temperatura interior	18	C
Humedad interior	50	%
Dif temp	1.4	C

---

CARGA TÉRMICA POR CONDUCCIÓN A TRAVÉS DE LA ENVOLVENTE

EDIFICIO MIRAGE

Descripción	A en m <sup>2</sup>	K	en $\Delta t = t_i - t_e$ en °C	$Q_c = A * k * \Delta t$ en W
		W/m <sup>2</sup> K		
Ventanearía	159.31	5.8	1.4	1293.59
Antepechos	60.86	3.12	1.4	265.83
Techo	683.55	0.12	1.4	114.83
Piso	683.55	0.12	1.4	114.83
Paredes exteriores 24cm	100.08	2.33	1.4	326.46

---

Paredes exteriores	26.1	2.92	1.4	106.69
33.5 cm				
Paredes exteriores	44	49.11	1.23	84.56
cm				
Paredes interiores	101.37	2.68	1.4	308.34
<b>Ganancias totales por conducción Qc</b>				<b>2687.13</b>

A: área

K Transmitancia térmica del cerramiento

$\Delta t$ : diferencia entre la temperatura interior y la temperatura exterior de diseño

Carga térmica SOLAR

Orientación	Plano vidriado	Superficie en m <sup>2</sup>	Is W/m <sup>2</sup>	en Fes	Qs= S*Is*Fes
N	Ventana 1	10.61	631	0.95	6360.16
N	Ventana 2	1.02	631	0.95	611.43
E	Ventana 3	8.98	485	0.95	4137.53
E	Ventana 4	3.88	485	0.95	1787.71
N	Ventana 5	7.53	631	0.95	4153.85
E	Ventana 6	7.88	485	0.95	3630.71
S	Ventana 7	10.53	485	0.95	4851.69
S	Ventana 8	4.95	485	0.95	2280.71
O	Ventana 9	5.95	485	0.95	2741.46
O	Ventana 10	2.82	485	0.95	1299.31
O	Ventana 11	8.98	485	0.95	4137.53
N	Ventana 12	1.02	631	0.95	611.43
<b>Carga térmica solar Qs</b>					<b>37249</b>

---

S: superficie vidriada

Is: Radicación solar a las 12 am W/m<sup>2</sup> (N=631, S=485, E=485, O=485) RADIAC2

Fes: Factor de exposición solar del vidrio (incolore sin protección 8mm=0.95, 10mm=0.89) FUENTE FABRICANTE

**Total carga térmica sensible externa= Qc+Qs= 39936.13**

---

---

CARGA TÉRMICA POR CONDUCCIÓN A TRAVÉS DE LA ENVOLVENTE  
EDIFICIO URBAN PLAZA

No	Descripción	A en m <sup>2</sup>	K	en $\Delta t=t_i-t_e$	Qc= A*k* $\Delta t$
			W/m <sup>2</sup> K	en °C	en W
1	Ventanearía	193.8	4.7	1.4	1275.20
2	Paredes interiores	101.37	1.66	1.4	75.80
<b>Ganancias totales por conducción Qc</b>					<b>1351</b>

A: área

K Transmitancia térmica del cerramiento

$\Delta t$ : diferencia entre la temperatura interior y la temperatura exterior de diseño

Carga térmica SOLAR

Orientación	Plano vidriado	Superficie	Is	en Fes	Qs= S*Is*Fes
		en m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>		
N	Ventana 1	48.45	631	0.95	29043.35
E	Ventana 2	48.45	485	0.95	22323.33
S	Ventana 3	48.45	485	0.95	22323.33
O	Ventana 4	48.45	485	0.95	22323.33
<b>Carga térmica solar Qs</b>					<b>96013.34</b>

S: superficie vidriada

---

---

Is: Radiación solar a las 12 am W/m2 (N=631, S=485, E=485, O=485) RADIAC2

Fes: Factor de exposición solar del vidrio (incolore sin protección 8mm=0.95, 10mm=0.89) FUENTE FABRICANTE

**Total carga térmica sensible externa=  $Q_c+Q_s=$  **97364.34****

---

---

CARGA TÉRMICA POR CONDUCCIÓN A TRAVÉS DE LA ENVOLVENTE  
EDIFICIO QUITO PUBLISHING HOUSE

No	Descripción	A en m2	K	en $\Delta t=t_i-t_e$	$Q_c= A*k*\Delta t$
			W/m2K	en °C	en W
	Ventanearía	238.30	5.8	1.4	1853.79
	Antepederos	46.53	2.70	1.4	172.10
	Techo	686	3.25	1.4	3121.3
	Piso	686	3.25	1.4	3121.3
	Paredes exteriores C	16.72	2.91	1.4	68.11
	Paredes exteriores 18 CM	79.67	2.70	1.4	301.15
	Paredes interiores 18 cm	145.42	2.70	1.4	549.68
<b>Ganancias totales por conducción <math>Q_c</math></b>					<b>9374</b>

A: área

K Transmitancia térmica del cerramiento

$\Delta t$ : diferencia entre la temperatura interior y la temperatura exterior de diseño

Carga térmica SOLAR

---

Orientación	Plano vidriado	Superficie en m <sup>2</sup>	Is W/m <sup>2</sup>	en Fes	Qs= S*Is*Fes
N	Ventana 1	7.52	631	0.60	2847.07
N	Ventana 2	7.52	631	0.60	2847.07
N	Ventana 3	7.52	631	0.60	2847.07
E	Ventana 4	7.20	485	0.60	2095.20
E	Ventana 5	7.20	485	0.60	2095.20
E	Ventana 6	7.20	485	0.60	2095.20
E	Ventana 7	7.20	485	0.60	2095.20
S	Ventana 8	7.52	485	0.60	2188.32
O	Ventana 9	7.20	485	0.60	2095.20
O	Ventana 10	7.20	485	0.60	2095.20
O	Ventana 11	1.35	485	0.60	392.85
O	Ventana 12	7.20	485	0.60	2095.20

**Carga térmica solar Qs**

**26064**

S: superficie vidriada

Is: Radiación solar a las 12 am W/m<sup>2</sup> (N=631, S=485, E=485, O=485) RADIAC2

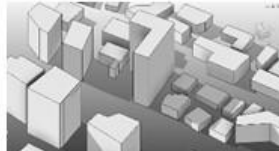



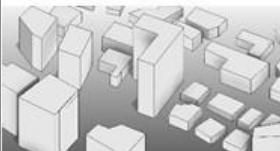



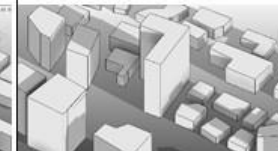
Fes: Factor de exposición solar del vidrio (incolore sin protección 8mm=0.95, 10mm=0.89) FUENTE FABRICANTE

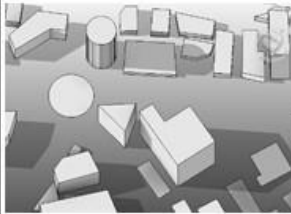
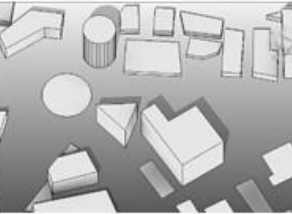
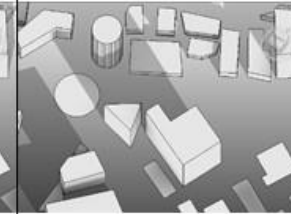


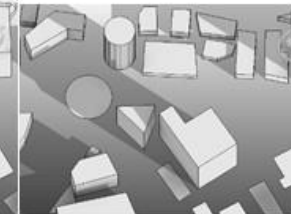

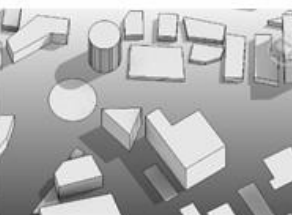
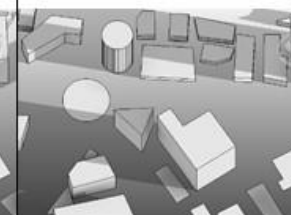
**Total carga térmica sensible externa= Qc+Qs=**



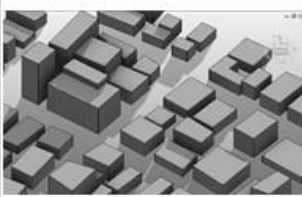

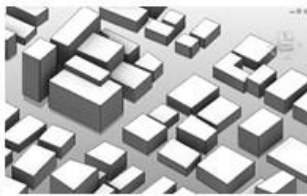
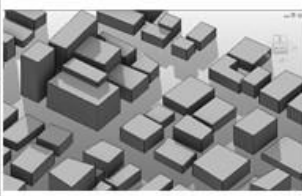

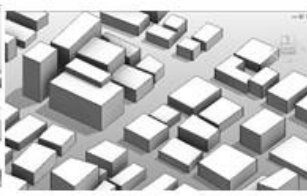

**35438**

Para el cálculo de la carga latente, por la diversidad de usos presentes en los edificios estudiados, se adopta la formula sugerida por Turner en el año 2010, que propone una ganancia estimada de 15kw/h por cada metro cuadrado para espacios de trab

**ANEXO 3, Fichas de evaluación y protocolos de medición, Fuente: Autor**

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO MAESTRÍA DE ARQUITECTURA Y SOSTENIBILIDAD  EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL ENVOLVENTE DE LOS EDIFICIOS DE OFICINAS, CONSTRUIDOS EN LA CIUDAD DE QUITO A PARTIR DEL AÑO 2011  FICHA DE EVALUACIÓN N:001		ESTUDIO DE SOMBRAS  EDIFICIO MIRAGE  AV.12 DE OCTUBRE	
M A R Z O			
	9:00 AM	1:00 PM	17:00 PM
D I C I E M B R E			
	9:00 AM	1:00 PM	17:00 PM
J U N I O			
	9:00 AM	1:00 PM	17:00 PM

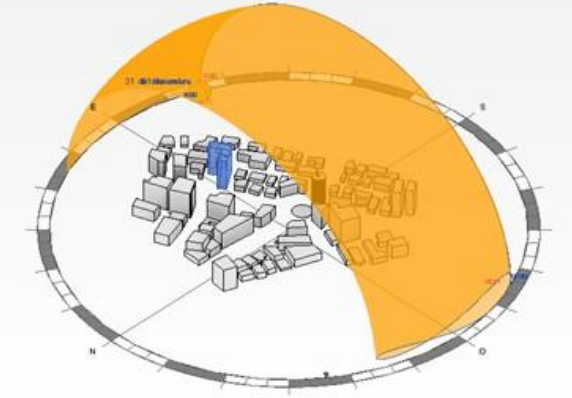
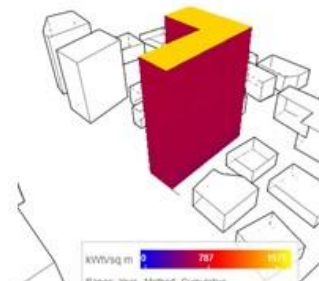
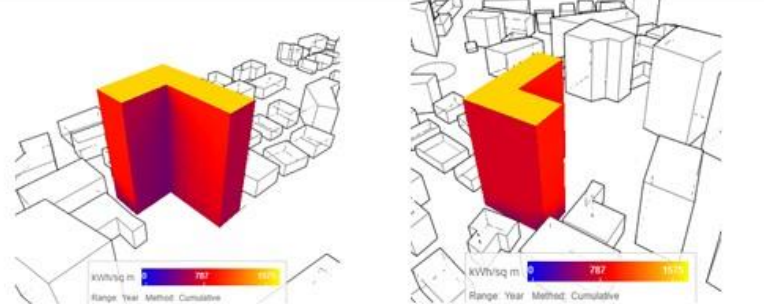
<p>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR  FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO  MAESTRÍA DE ARQUITECTURA Y SOSTENIBILIDAD</p> <p>EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL  ENVOLVENTE DE LOS EDIFICIOS DE OFICINAS,  CONSTRUIDOS EN LA CIUDAD DE QUITO A PARTIR  DEL AÑO 2011</p> <p>FICHA DE EVALUACIÓN N:002</p>		<p>ESTUDIO DE SOMBRAS  EDIFICIO URBAN PLAZA</p> <p>AV.12 DE OCTUBRE</p>	
M A R Z O			
	9:00 AM	1:00 PM	17:00 PM
D I C I E M B R E			
	9:00 AM	1:00 PM	17:00 PM
J U N I O			
	9:00 AM	1:00 PM	17:00 PM

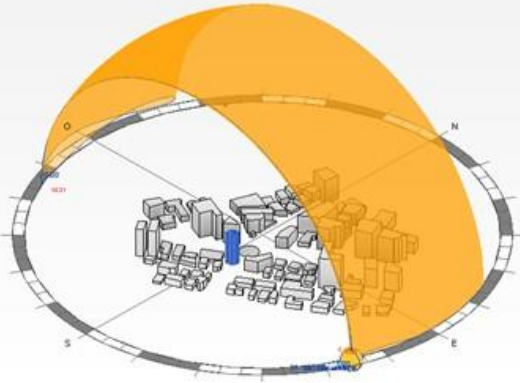
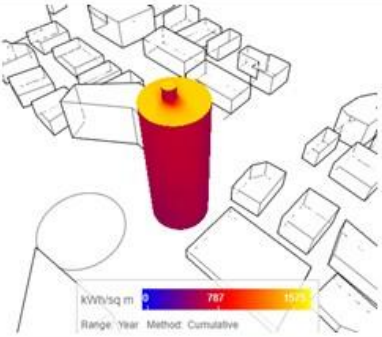
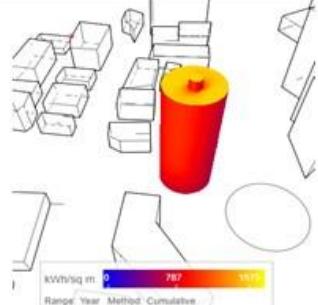
<p>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR  FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO  MAESTRÍA DE ARQUITECTURA Y SOSTENIBILIDAD</p> <p>EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL  ENVOLVENTE DE LOS EDIFICIOS DE OFICINAS,  CONSTRUIDOS EN LA CIUDAD DE QUITO A PARTIR  DEL AÑO 2011</p> <p>FICHA DE EVALUACIÓN N:003</p>		<p>ESTUDIO DE SOMBRAS</p> <p>EDIFICIO QUITO PUBLISHING HOUSE</p> <p>CALLE GUIPUZCUA Y MALLORCA</p>	
M A R Z O			
	9:00 AM	1:00 PM	17:00 PM
D I C I E M B R E			
	9:00 AM	1:00 PM	17:00 PM
J U N I O			
	9:00 AM	1:00 PM	17:00 PM

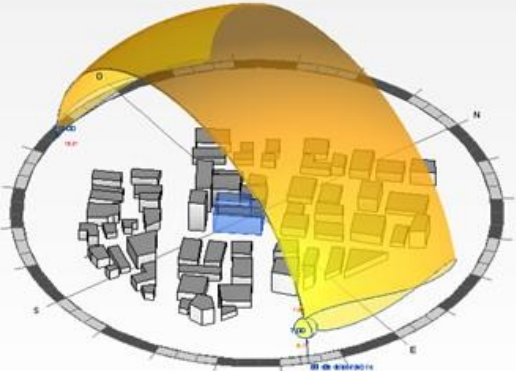
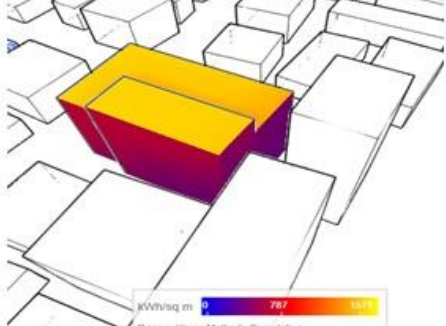
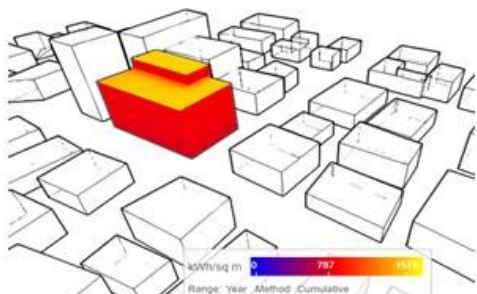
<p>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR          FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO          MAESTRÍA DE ARQUITECTURA Y SOSTENIBILIDAD</p> <p>EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL          ENVOLVENTE DE LOS EDIFICIOS DE OFICINAS,          CONSTRUIDOS EN LA CIUDAD DE QUITO A PARTIR          DEL AÑO 2011</p> <p>FICHA DE EVALUACIÓN N:004</p>		<p>IRRADIACION MENSUAL</p> <p>EDIFICIO MIRAGE</p> <p>AV.12 DE OCTUBRE</p>	
M A R Z O			
	FACHADAS NORTE-OESTE	FACHADAS SUR-OESTE	
D I C I E M B R E			
	FACHADAS NORTE-OESTE	FACHADAS SUR-OESTE	
J U N I O			
	FACHADAS NORTE-OESTE	FACHADAS SUR-OESTE	

<p>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR  FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO  MAESTRÍA DE ARQUITECTURA Y SOSTENIBILIDAD</p> <p>EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL  ENVOLVENTE DE LOS EDIFICIOS DE OFICINAS,  CONSTRUIDOS EN LA CIUDAD DE QUITO A PARTIR  DEL AÑO 2011</p> <p>FICHA DE EVALUACIÓN N:005</p>		<p>IRRADIACION MENSUAL  EDIFICIO URBAN PLAZA</p> <p>AV.12 DE OCTUBRE</p>	
M A R Z O			
	FACHADAS NORTE-OESTE	FACHADAS SUR-OESTE	
D I C I E M B R E			
	FACHADAS NORTE-OESTE	FACHADAS SUR-OESTE	
J U N I O			
	FACHADAS NORTE-OESTE	FACHADAS SUR-OESTE	

<p>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR  FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO  MAESTRÍA DE ARQUITECTURA Y SOSTENIBILIDAD</p> <p>EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL  ENVOLVENTE DE LOS EDIFICIOS DE OFICINAS,  CONSTRUIDOS EN LA CIUDAD DE QUITO A PARTIR  DEL AÑO 2011</p> <p>FICHA DE EVALUACIÓN N:006</p>		<p>IRRADIACION MENSUAL  EDIFICIO QUITO PUBLISHING HOUSE</p> <p>AV.12 DE OCTUBRE</p>	
M A R Z O	<p>Wh/sq m 0 524 1048  Range: Month - Jun Method: Peak</p>	<p>Wh/sq m 0 524 1048  Range: Month - Jun Method: Peak</p>	<p>FACHADAS NORTE-OESTE</p> <p>FACHADAS SUR-OESTE</p>
	<p>Wh/sq m 0 524 1048  Range: Month - Mar Method: Peak</p>	<p>Wh/sq m 0 524 1048  Range: Month - Mar Method: Peak</p>	<p>FACHADAS NORTE-OESTE</p> <p>FACHADAS SUR-OESTE</p>
J U N I O	<p>Wh/sq m 0 524 1048  Range: Month - Dec Method: Peak</p>	<p>Wh/sq m 0 524 1048  Range: Month - Dec Method: Peak</p>	<p>FACHADAS NORTE-OESTE</p> <p>FACHADAS SUR-OESTE</p>

<p>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO MAESTRÍA DE ARQUITECTURA Y SOSTENIBILIDAD</p>	<p>FICHA DE EVALUACIÓN N007</p>
<p>EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL ENVOLVENTE DE LOS EDIFICIOS DE OFICINAS, CONSTRUIDOS EN LA CIUDAD DE QUITO A PARTIR DEL AÑO 2011</p>	<p>IRRADIANCIA ANUAL FACTOR FORMA ORIENTACIÓN SOLAR</p>
	<p>EDIFICIO MIRAGE AV.12 DE OCTUBRE</p>
<p>ORIENTACIÓN-RECORRIDO SOLAR</p>	<p>FACTOR FORMA f=superficie/volumen f=10936,8/32810 f=0,33</p>
	
<p>IRRADIANCIA ANUAL FACHADAS NORTE-OESTE</p>	
	
<p>IRRADIANCIA ANUAL FACHADAS SUR-ESTE</p>	

<p>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO MAESTRÍA DE ARQUITECTURA Y SOSTENIBILIDAD</p> <p>EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL ENVOLVENTE DE LOS EDIFICIOS DE OFICINAS, CONSTRUIDOS EN LA CIUDAD DE QUITO A PARTIR DEL AÑO 2011</p> 	<p>FICHA DE EVALUACIÓN N008</p> <p>IRRADIANCIA ANUAL FACTOR FORMA ORIENTACIÓN SOLAR</p> <p>EDIFICIO URBAN PLAZA AV.12 DE OCTUBRE</p> <p>FACTOR FORMA f=superficie/volumen f=10936,8/32810 f=0,33</p>
<p>ORIENTACION-RECORRIDO SOLAR</p>	<p>FACTOR FORMA</p>
	
<p>IRRADIANCIA ANUAL FACHADAS NORTE-OESTE</p>	
	
<p>IRRADIANCIA ANUAL FACHADAS SUR-ESTE</p>	

<p>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO MAESTRÍA DE ARQUITECTURA Y SOSTENIBILIDAD</p> <p>EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL ENVOLVENTE DE LOS EDIFICIOS DE OFICINAS, CONSTRUIDOS EN LA CIUDAD DE QUITO A PARTIR DEL AÑO 2011</p> 	<p>FICHA DE EVALUACIÓN N009</p>
	<p>IRRADIANCIA ANUAL FACTOR FORMA ORIENTACIÓN SOLAR</p>
	<p>EDIFICIO QUITO PUBLISHING HOUSE CALLE GUIPÚZCOA Y MALLORCA</p>
	<p>FACTOR FORMA f=superficie/volumen f=10936,8/32810 f=0,33</p>
<p>ORIENTACION-RECORRIDO SOLAR</p>	<p>FACTOR FORMA</p>
	
<p>IRRADIANCIA ANUAL FACHADAS NORTE-OESTE</p>	
	
<p>IRRADIANCIA ANUAL FACHADAS SUR-ESTE</p>	

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO  
MAESTRÍA DE ARQUITECTURA Y SOSTENIBILIDAD

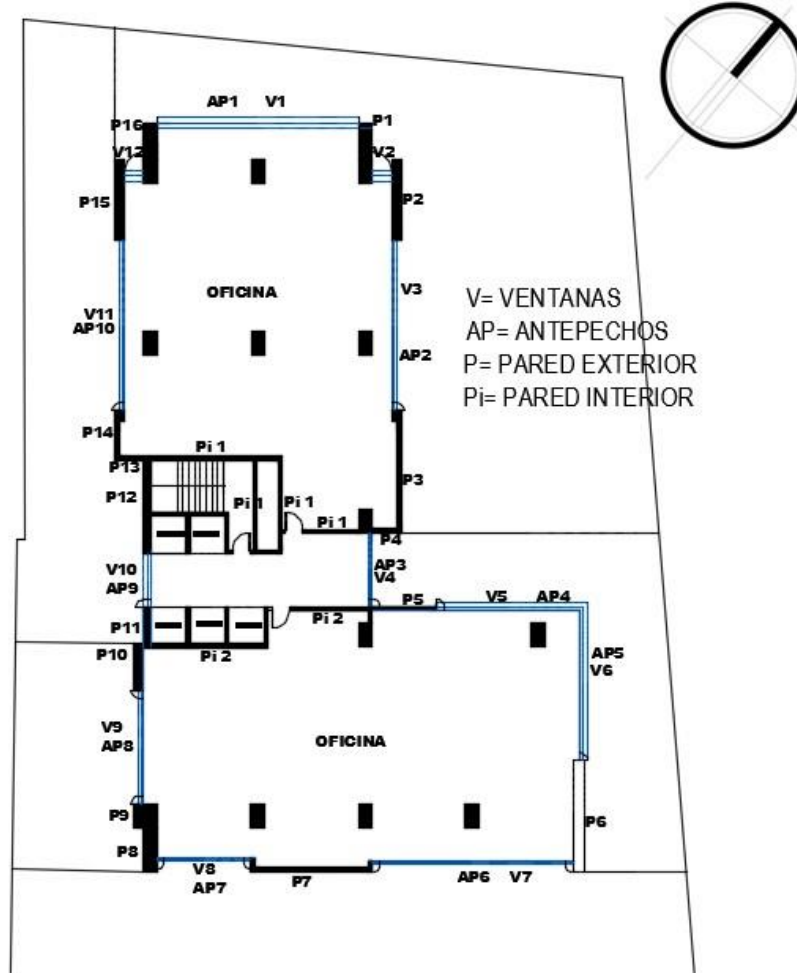
EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL  
ENVOLVENTE DE LOS EDIFICIOS DE OFICINAS,  
CONSTRUIDOS EN LA CIUDAD DE QUITO A PARTIR  
DEL AÑO 2011

FICHA DE EVALUACIÓN 010

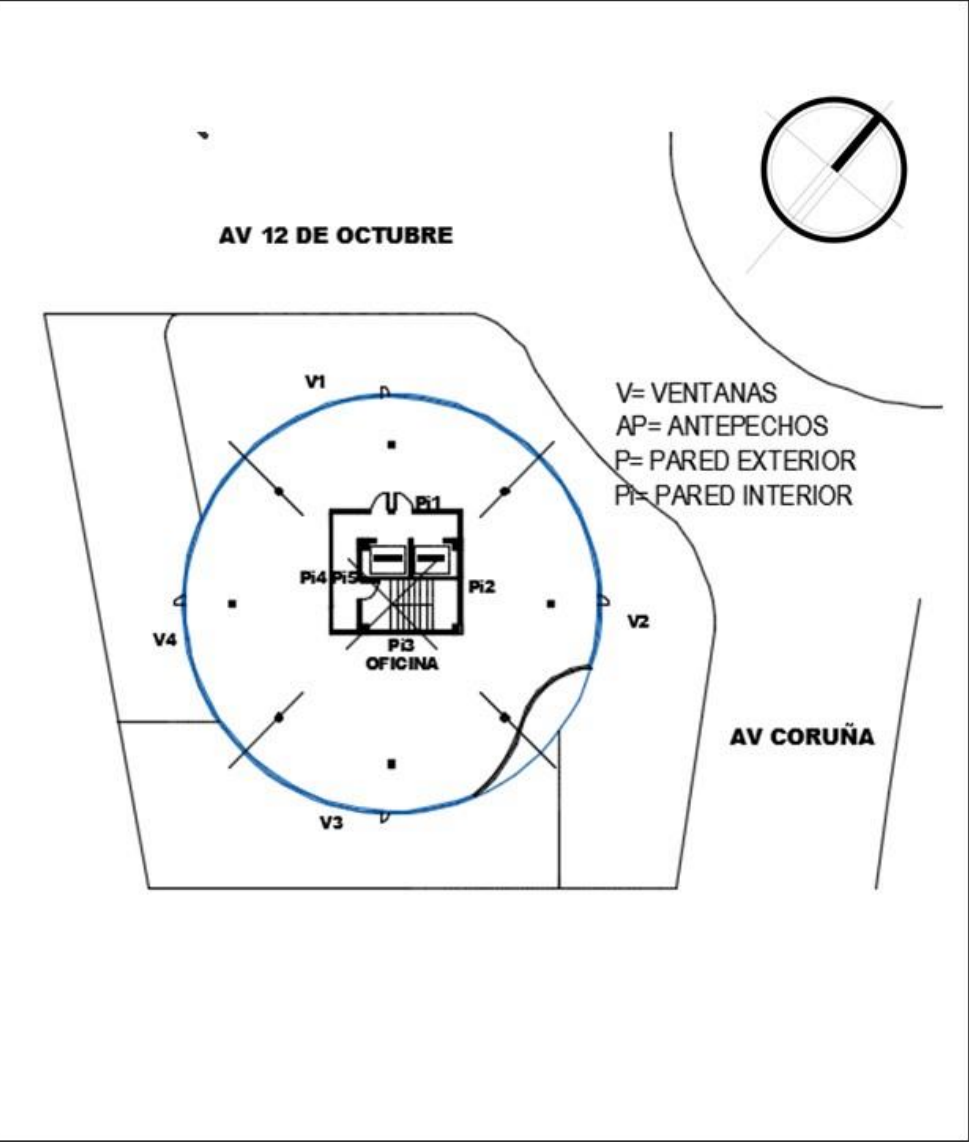
PLANTA TIPO  
IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS  
EN LA ENVOLVENTE

EDIFICIO MIRAGE  
AV. 12 DE OCTUBRE

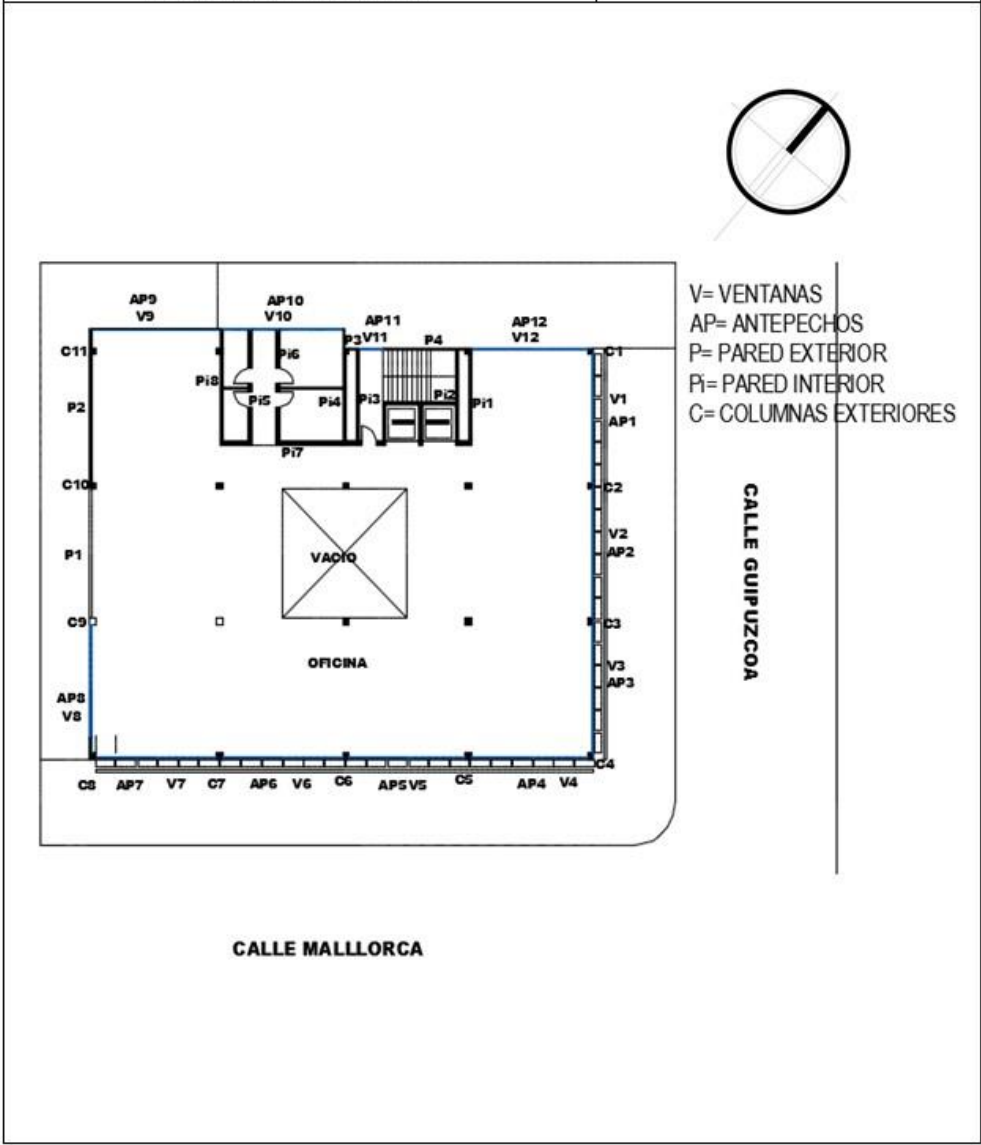
AV 12 DE OCTUBRE



<p>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR  FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO  MAESTRÍA DE ARQUITECTURA Y SOSTENIBILIDAD</p> <p>EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL  ENVOLVENTE DE LOS EDIFICIOS DE OFICINAS,  CONSTRUIDOS EN LA CIUDAD DE QUITO A PARTIR  DEL AÑO 2011</p> <p>FICHA DE EVALUACIÓN 011</p>	<p>PLANTA TIPO  IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS  EN LA ENVOLVENTE</p> <hr/> <p>EDIFICIO URBAN PLAZA  AV. 12 DE OCTUBRE</p>
---	--



<p>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR  FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO  MAESTRÍA DE ARQUITECTURA Y SOSTENIBILIDAD</p> <p>EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL  ENVOLVENTE DE LOS EDIFICIOS DE OFICINAS,  CONSTRUIDOS EN LA CIUDAD DE QUITO A PARTIR  DEL AÑO 2011</p> <p>FICHA DE EVALUACIÓN 012</p>	<p>PLANTA TIPO  IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS  EN LA ENVOLVENTE</p> <hr/> <p>EDIFICIO QUITO PUBLISHING HOUSE  CALLE GUIPÚZCOA Y MALLORCA</p>
---	--



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR  
 FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO  
 MAESTRÍA DE ARQUITECTURA Y SOSTENIBILIDAD

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL  
 ENVOLVENTE DE LOS EDIFICIOS DE OFICINAS,  
 CONSTRUIDOS EN LA CIUDAD DE QUITO A PARTIR  
 DEL AÑO 2011

CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS  
 EN LA ENVOLVENTE

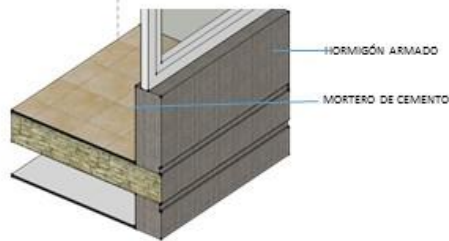
EDIFICIO MIRAGE  
 AV. 12 DE OCTUBRE

FICHA DE EVALUACIÓN 013

Capas	espesor	Conductividad térmica	Calor específico	Densidad	penetración térmica	Resistencia térmica
Exterior	m	W/(mK)	J/(kgK)	kg/m <sup>3</sup>	W*s <sup>0,5</sup> /(mK)	W/(m <sup>2</sup> K)
Hormigón armado	0,28	2,3	1000	2400	2349,47	0,12
Mortero de cemento (1250-1450 kg/m <sup>3</sup> )	0,02	0,7	1000	1350	972,11	0,03
	0	0	0	0	0,00	0,00
	0	0	0	0	0,00	0,00
	0	0	0	0	0,00	0,00
	0	0	0	0	0,00	0,00
	0	0	0	0	0,00	0,00
	0	0	0	0	0,00	0,00
	0	0	0	0	0,00	0,00
	0	0	0	0	0,00	0,00
Interior						0,15

Transmitancia térmica	W/m <sup>2</sup> K
... si se trata de un cerramiento vertical	3,12
... si se trata de una cubierta	3,44
... si se trata de un suelo	2,78

Cálculo	
Amortiguación de onda térmica en %	65,93
Desfase térmico en horas	7,0

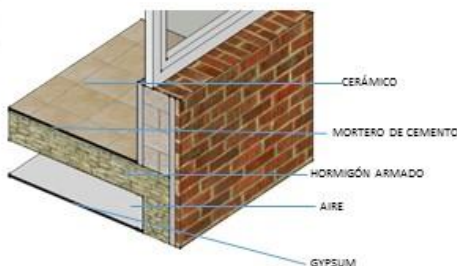


CÓDIGO DE REPRESENTACIONAL

Capas	espesor	Conductividad térmica	Calor específico	Densidad	Coefficiente penetración térmica	Resistencia térmica
Exterior	m	W/(mK)	J/(kgK)	kg/m <sup>3</sup>	W*s <sup>0,5</sup> /(mK)	W/(m <sup>2</sup> K)
Cerámico - Gres	0,01	2,3	1000	1000	1516,58	0,00
Mortero de cemento (500-750 kg/m <sup>3</sup> )	0,015	0,3	1000	625	433,01	0,05
Hormigón armado	0,05	2,3	1000	2400	2349,47	0,02
Fábrica - Bloques hormigón convencional	0,2	0,92	1000	1100	1005,98	0,22
Aire	0,05	0,026	1000	1200	176,64	1,92
Gypsum	0,012	0,81	837	1800	1104,69	0,01
	0	0	0	0	0,00	0,00
	0	0	0	0	0,00	0,00
	0	0	0	0	0,00	0,00
	0	0	0	0	0,00	0,00
Interior						2,23

Transmitancia térmica	W/m <sup>2</sup> K
... si se trata de un cerramiento vertical	0,42
... si se trata de una cubierta	0,42
... si se trata de un suelo	0,41

Cálculo	
Amortiguación de onda térmica en %	96,13
Desfase térmico en horas	16,8



CÓDIGO DE REPRESENTACIÓN: PISO-TECHO

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR  
 FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO  
 MAESTRÍA DE ARQUITECTURA Y SOSTENIBILIDAD

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL  
 ENVOLVENTE DE LOS EDIFICIOS DE OFICINAS,  
 CONSTRUIDOS EN LA CIUDAD DE QUITO A PARTIR  
 DEL AÑO 2011

FICHA DE EVALUACIÓN 014

CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS  
 EN LA ENVOLVENTE

EDIFICIO MIRAGE  
 AV. 12 DE OCTUBRE

Capas	espesor m	Conductividad térmica W/(mK)	Calor específico J/(kgK)	Densidad kg/m <sup>3</sup>	Coefficiente penetración térmica W·s <sup>0,5</sup> /(mK)	Resistencia térmica W/(m <sup>2</sup> K)
<b>Exterior</b>						
Cerámico - Gres	0,01	2,3	1000	1000	1516,58	0,00
Mortero de cemento (1450-1600 kg/m <sup>3</sup> )	0,015	0,8	1000	1525	1104,54	0,02
Hormigón armado	0,3	2,3	1000	2400	2349,47	0,13
Mortero de cemento (1450-1600 kg/m <sup>3</sup> )	0,015	0,8	1000	1525	1104,54	0,02
	0,05	0	0	0	0,00	0,00
	0,012	0	0	0	0,00	0,00
		0	0	0	0,00	0,00
		0	0	0	0,00	0,00
		0	0	0	0,00	0,00
		0	0	0	0,00	0,00
<b>Interior</b>						0,17

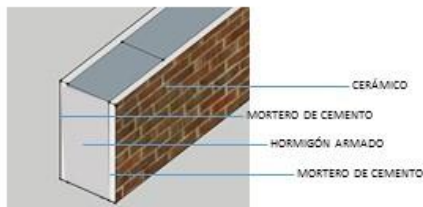
Transmitancia térmica

	W/m <sup>2</sup> K
... si se trata de un cerramiento vertical	2,92
... si se trata de una cubierta	3,20
... si se trata de un suelo	2,62

Cálculo

Amortiguación de onda térmica en %	78,28
Desfase térmico en horas	8,4

CÓDIGO DE REPRESENTACIÓN



Capas	espesor m	Conductividad térmica W/(mK)	Calor específico J/(kgK)	Densidad kg/m <sup>3</sup>	Coefficiente penetración térmica W·s <sup>0,5</sup> /(mK)	Resistencia térmica W/(m <sup>2</sup> K)
<b>Exterior</b>						
Cerámico - Gres	0,01	2,3	1000	1000	1516,58	0,00
Fábrica - Bloques hormigón convencional	0,2	0,92	1000	1100	1005,98	0,22
Fábrica - Bloques hormigón convencional	0,2	0,92	1000	1100	1005,98	0,22
Mortero de cemento (1450-1600 kg/m <sup>3</sup> )	0,015	0,8	1000	1525	1104,54	0,02
	0	0	0	0	0,00	0,00
	0	0	0	0	0,00	0,00
		0	0	0	0,00	0,00
		0	0	0	0,00	0,00
		0	0	0	0,00	0,00
		0	0	0	0,00	0,00
<b>Interior</b>						0,48

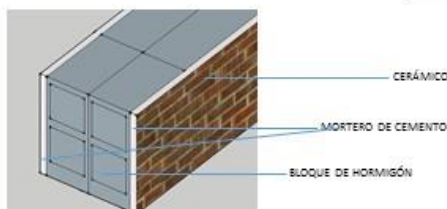
Transmitancia térmica

	W/m <sup>2</sup> K
... si se trata de un cerramiento vertical	1,59
... si se trata de una cubierta	1,67
... si se trata de un suelo	1,50

Cálculo

Amortiguación de onda térmica en %	87,88
Desfase térmico en horas	10,7

CÓDIGO DE REPRESENTACIÓN



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR  
 FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO  
 MAESTRÍA DE ARQUITECTURA Y SOSTENIBILIDAD

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL  
 ENVOLVENTE DE LOS EDIFICIOS DE OFICINAS,  
 CONSTRUIDOS EN LA CIUDAD DE QUITO A PARTIR  
 DEL AÑO 2011

FICHA DE EVALUACIÓN 015

CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS  
 EN LA ENVOLVENTE

EDIFICIO URBAN PLAZA  
 AV. 12 DE OCTUBRE

Capas	espesor m	Conductividad térmica W/(mK)	Calor específico J/(kgK)	Densidad kg/m <sup>3</sup>	Coefficiente penetración térmica W·s <sup>0,5</sup> /(mK)	Resistencia térmica W/(m <sup>2</sup> K)
<b>Exterior</b>						
Mortero de cemento (1450-1600 kg/m <sup>3</sup> )	0,015	0,8	1000	1525	1104,54	0,02
Fábrica - Bloques hormigón convencional	0,15	0,92	1000	1100	1005,98	0,16
Mortero de cemento (1450-1600 kg/m <sup>3</sup> )	0,015	0,8	1000	1525	1104,54	0,02
.....	0	0	0	0	0,00	0,00
.....	0	0	0	0	0,00	0,00
.....	0	0	0	0	0,00	0,00
.....	0	0	0	0	0,00	0,00
.....	0	0	0	0	0,00	0,00
.....	0	0	0	0	0,00	0,00
.....	0	0	0	0	0,00	0,00
<b>Interior</b>						0,20

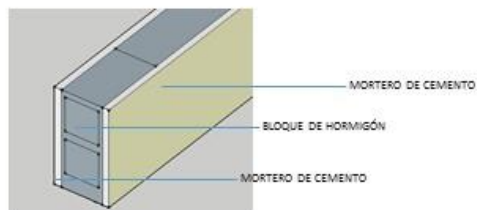
Transmitancia térmica

	W/m <sup>2</sup> K
... si se trata de un cerramiento vertical	2,70
... si se trata de una cubierta	2,94
... si se trata de un suelo	2,44

Cálculo

Amortiguación de onda térmica en %	38,11
Desfase térmico en horas	4,5

CÓDIGO DE REPRESENTACIÓN: PI



Capas	espesor m	Conductividad térmica W/(mK)	Calor específico J/(kgK)	Densidad kg/m <sup>3</sup>	Coefficiente penetración térmica W·s <sup>0,5</sup> /(mK)	Resistencia térmica W/(m <sup>2</sup> K)
<b>Exterior</b>						
Piso flotante	0,07	0,13	1381	840	388,34	0,54
Mortero de cemento (1450-1600 kg/m <sup>3</sup> )	0,015	0,8	1000	1525	1104,54	0,02
Mortero de cemento (1450-1600 kg/m <sup>3</sup> )	0,25	0,8	1000	1525	1104,54	0,31
Aire	0,02	0,026	1000	1200	176,64	0,77
Gypsum	0,012	0,81	837	1800	1104,69	0,01
.....	0	0	0	0	0,00	0,00
.....	0	0	0	0	0,00	0,00
.....	0	0	0	0	0,00	0,00
.....	0	0	0	0	0,00	0,00
.....	0	0	0	0	0,00	0,00
.....	0	0	0	0	0,00	0,00
<b>Interior</b>						1,65

Transmitancia térmica

	W/m <sup>2</sup> K
... si se trata de un cerramiento vertical	0,55
... si se trata de una cubierta	0,56
... si se trata de un suelo	0,54

Cálculo

Amortiguación de onda térmica en %	98,54
Desfase térmico en horas	17,8

CÓDIGO DE REPRESENTACIÓN: Techo



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR  
 FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO  
 MAESTRÍA DE ARQUITECTURA Y SOSTENIBILIDAD

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL  
 ENVOLVENTE DE LOS EDIFICIOS DE OFICINAS,  
 CONSTRUIDOS EN LA CIUDAD DE QUITO A PARTIR  
 DEL AÑO 2011

FICHA DE EVALUACIÓN 016

CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS  
 EN LA ENVOLVENTE

EDIFICIO URBAN PLAZA  
 AV. 12 DE OCTUBRE

Capas	espesor m	Conductividad térmica W/(mK)	Calor específico J/(kgK)	Densidad kg/m <sup>3</sup>	Coefficiente penetración térmica W·s <sup>0,5</sup> /(mK)	Resistencia térmica
<b>Exterior</b>						
Mortero de cemento (M50-1600 kg/m <sup>3</sup> )	0,015	0,8	1000	1525	1104,54	0,02
Fábrica - Bloques hormigón convencional	0,15	0,92	1000	1100	1005,98	0,16
Mortero de cemento (M50-1600 kg/m <sup>3</sup> )	0,015	0,8	1000	1525	1104,54	0,02
.....		0	0	0	0,00	0,00
.....		0	0	0	0,00	0,00
.....		0	0	0	0,00	0,00
.....		0	0	0	0,00	0,00
.....		0	0	0	0,00	0,00
.....		0	0	0	0,00	0,00
.....		0	0	0	0,00	0,00
<b>Interior</b>						0,20

Transmitancia térmica	W/m <sup>2</sup> K
... si se trata de un cerramiento vertical	2,70
... si se trata de una cubierta	2,94
... si se trata de un suelo	2,44

Cálculo	
Amortiguación de onda térmica en %	38,11
Desfase térmico en horas	4,5

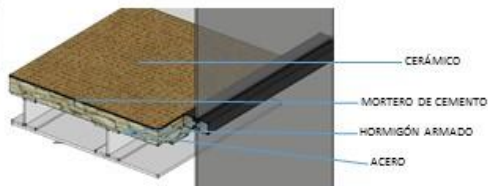


CÓDIGO DE REPRESENTACIÓN: Pi

Capas	espesor m	Conductividad térmica W/(mK)	Calor específico J/(kgK)	Densidad kg/m <sup>3</sup>	Coefficiente penetración térmica W·s <sup>0,5</sup> /(mK)	Resistencia térmica
<b>Exterior</b>						
Cerámico - Gres	0,01	2,3	1000	1000	1516,58	0,00
Mortero de cemento (M50-1600 kg/m <sup>3</sup> )	0,015	0,8	1000	1525	1104,54	0,02
Hormigón armado	0,1	2,3	1000	2400	2349,47	0,04
Acero	0,02	47	460	7850	13027,55	0,00
.....		0	0	0	0,00	0,00
.....		0	0	0	0,00	0,00
.....		0	0	0	0,00	0,00
.....		0	0	0	0,00	0,00
.....		0	0	0	0,00	0,00
.....		0	0	0	0,00	0,00
<b>Interior</b>						0,07

Transmitancia térmica	W/m <sup>2</sup> K
... si se trata de un cerramiento vertical	4,22
... si se trata de una cubierta	4,83
... si se trata de un suelo	3,61

Cálculo	
Amortiguación de onda térmica en %	29,44
Desfase térmico en horas	3,6



CÓDIGO DE REPRESENTACIÓN: Piso techo

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO  
MAESTRÍA DE ARQUITECTURA Y SOSTENIBILIDAD

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL  
ENVOLVENTE DE LOS EDIFICIOS DE OFICINAS,  
CONSTRUIDOS EN LA CIUDAD DE QUITO A PARTIR  
DEL AÑO 2011

FICHA DE EVALUACIÓN 017

CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS  
EN LA ENVOLVENTE

EDIFICIO QUITO PUBLISHING HOUSE  
CALLE GUIPÚZCOA Y MALLORCA

Capas	espesor m	Conductividad térmica W/(mK)	Calor específico J/(kgK)	Densidad kg/m <sup>3</sup>	Coefficiente penetración térmica W·s <sup>0,5</sup> /(mK)	Resistencia térmica W/(m <sup>2</sup> K)
<b>Exterior</b>						
Mortero de cemento (M50-1600 kg/m <sup>3</sup> )	0,015	0,8	1000	1525	1104,54	0,02
Fábrica - Bloques hormigón convencional	0,15	0,92	1000	1100	1005,98	0,16
Mortero de cemento (M50-1600 kg/m <sup>3</sup> )	0,015	0,8	1000	1525	1104,54	0,02
.....		0	0	0	0,00	0,00
.....		0	0	0	0,00	0,00
.....		0	0	0	0,00	0,00
.....		0	0	0	0,00	0,00
.....		0	0	0	0,00	0,00
.....		0	0	0	0,00	0,00
.....		0	0	0	0,00	0,00
<b>Interior</b>						0,20

Transmitancia térmica	W/m <sup>2</sup> K
... si se trata de un cerramiento vertical	2,70
... si se trata de una cubierta	2,94
... si se trata de un suelo	2,44

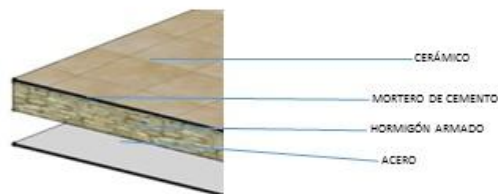
Cálculo  
Amortiguación de onda térmica en % 38,11  
Desfase térmico en horas 4,5  
CÓDIGO DE REPRESENTACIÓN / Pi



Capas	espesor m	Conductividad térmica W/(mK)	Calor específico J/(kgK)	Densidad kg/m <sup>3</sup>	Coefficiente penetración térmica W·s <sup>0,5</sup> /(mK)	Resistencia térmica
<b>Exterior</b>						
Cerámico - Gres	0,01	2,3	1000	1000	1516,58	0,00
Mortero de cemento (M50-1600 kg/m <sup>3</sup> )	0,015	0,8	1000	1525	1104,54	0,02
Mortero de cemento (M50-1600 kg/m <sup>3</sup> )	0,015	0,8	1000	1525	1104,54	0,02
Hormigón armado	0,1	2,3	1000	2400	2349,47	0,04
Acero	0,002	47	460	7850	13027,55	0,00
.....		0	0	0	0,00	0,00
.....		0	0	0	0,00	0,00
.....		0	0	0	0,00	0,00
.....		0	0	0	0,00	0,00
.....		0	0	0	0,00	0,00
<b>Interior</b>						0,09

Transmitancia térmica	W/m <sup>2</sup> K
... si se trata de un cerramiento vertical	3,92
... si se trata de una cubierta	4,44
... si se trata de un suelo	3,39

Cálculo  
Amortiguación de onda térmica en % 32,09  
Desfase térmico en horas 3,7  
CÓDIGO DE REPRESENTACIÓN: Piso y techo



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR  
 FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO  
 MAESTRÍA DE ARQUITECTURA Y SOSTENIBILIDAD

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL  
 ENVOLVENTE DE LOS EDIFICIOS DE OFICINAS,  
 CONSTRUIDOS EN LA CIUDAD DE QUITO A PARTIR  
 DEL AÑO 2011

FICHA DE EVALUACIÓN 017

CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS  
 EN LA ENVOLVENTE

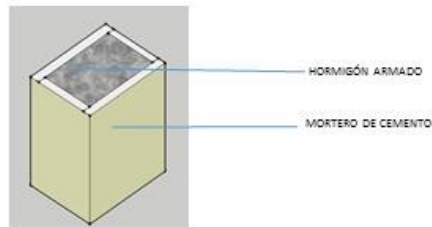
EDIFICIO QUITO PUBLISHING HOUSE  
 CALLE GUIPÚZCOA Y MALLORCA

Capas	espesor m	Conductividad térmica W/(mK)	Calor específico J/(kgK)	Densidad kg/m <sup>3</sup>	Coefficiente penetración térmica W·s <sup>0.5</sup> /(mK)	Resistencia térmica W/(m <sup>2</sup> K)
<b>Exterior</b>						
Mortero de cemento (1450-1600 kg/m <sup>3</sup> )	0.015	0.8	1000	1525	1104.54	0.02
Hormigón armado	0.4	2.3	1000	2400	2349.47	0.17
Mortero de cemento (1450-1600 kg/m <sup>3</sup> )	0.015	0.8	1000	1525	1104.54	0.02
.....		0	0	0	0.00	0.00
.....		0	0	0	0.00	0.00
.....		0	0	0	0.00	0.00
.....		0	0	0	0.00	0.00
.....		0	0	0	0.00	0.00
.....		0	0	0	0.00	0.00
.....		0	0	0	0.00	0.00
<b>Interior</b>						0.21

Transmitancia térmica	W/m <sup>2</sup> K
... si se trata de un cerramiento vertical	2.62
... si se trata de una cubierta	2.85
... si se trata de un suelo	2.37

Cálculo  
 Amortiguación de onda térmica en % 87.65  
 Desfase térmico en horas 10.5

CÓDIGO DE REPRESENTACIÓN: C



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO MAESTRÍA DE ARQUITECTURA Y SOSTENIBILIDAD  EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL ENVOLVENTE DE LOS EDIFICIOS DE OFICINAS, CONSTRUIDOS EN LA CIUDAD DE QUITO A PARTIR DEL AÑO 2011  FICHA DE OPTIMIZACIÓN MATERIALES N1	CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS EN LA ENVOLVENTE
--	--

**ANTEPECHO DE PARAFINA**

Capas	espesor m	Conductividad térmica W/(mK)	Calor específico J/(kgK)	Densidad kg/m3	Coefficiente penetración térmica b W·s <sup>0,5</sup> /(mK)	Resistencia térmica W/(m2K)
<b>Exterior</b>						
VIDRIO	0,08	1,05	3000	2500	2806,24	0,08
PARAFINA	0,025	0,23	3600	800	813,88	0,11
VIDRIO	0,08	1,05	3000	2500	2806,24	0,08
.....	0	0	0	0	0,00	0,00
.....	0	0	0	0	0,00	0,00
.....	0	0	0	0	0,00	0,00
.....	0	0	0	0	0,00	0,00
.....	0	0	0	0	0,00	0,00
.....	0	0	0	0	0,00	0,00
.....	0	0	0	0	0,00	0,00
<b>Interior</b>						0,26

Transmitancia térmica

	W/m2K
... si se trata de un cerramiento vertical	2,32
... si se trata de una cubierta	2,49
... si se trata de un suelo	2,12

Cálculo

Amortiguación de onda térmica en %	93,50
Desfase térmico en horas	12,2

**PARED DE LADRILLO**

Capas	espesor m	Conductividad térmica W/(mK)	Calor específico J/(kgK)	Densidad kg/m3	Coefficiente penetración térmica b W·s <sup>0,5</sup> /(mK)	Resistencia térmica W/(m2K)
<b>Exterior</b>						
Cerámico - Gres	0,01	2,3	1000	1000	1516,58	0,00
Mortero de cemento (M50-1600 kg/m3)	0,015	0,8	1000	1525	1104,54	0,02
Fábrica - Ladrillo hueco LH	0,3	0,43	1000	930	632,38	0,70
Mortero de cemento (M50-1600 kg/m3)	0,015	0,8	1000	1525	1104,54	0,02
.....	0	0	0	0	0,00	0,00
.....	0	0	0	0	0,00	0,00
.....	0	0	0	0	0,00	0,00
.....	0	0	0	0	0,00	0,00
.....	0	0	0	0	0,00	0,00
.....	0	0	0	0	0,00	0,00
<b>Interior</b>						0,74

Transmitancia térmica

	W/m2K
... si se trata de un cerramiento vertical	1,10
... si se trata de una cubierta	1,14
... si se trata de un suelo	1,05

Cálculo

Amortiguación de onda térmica en %	89,70
Desfase térmico en horas	11,3

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR  
 FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO  
 MAESTRÍA DE ARQUITECTURA Y SOSTENIBILIDAD

CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS  
 EN LA ENVOLVENTE

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL  
 ENVOLVENTE DE LOS EDIFICIOS DE OFICINAS,  
 CONSTRUIDOS EN LA CIUDAD DE QUITO A PARTIR  
 DEL AÑO 2011

FICHA DE OPTIMIZACIÓN MATERIALES N2

**ANTEPECHO DE HORMIGÓN**

Capas	espesor m	Conductividad térmica W/(mK)	Calor específico J/(kgK)	Densidad kg/m <sup>3</sup>	Coefficiente penetración térmica W·s <sup>0.5</sup> /(mK)	Resistencia térmica W/(m <sup>2</sup> K)
Exterior						
Hormigón armado	0,3	2,3	1000	2400	2349,47	0,13
Mortero de cemento (1450-1600 kg/m <sup>3</sup> )	0,015	0,8	1000	1525	1104,54	0,02
	0	0	0	0	0,00	0,00
	0	0	0	0	0,00	0,00
	0	0	0	0	0,00	0,00
	0	0	0	0	0,00	0,00
	0	0	0	0	0,00	0,00
	0	0	0	0	0,00	0,00
	0	0	0	0	0,00	0,00
	0	0	0	0	0,00	0,00
Interior						0,15

Transmitancia térmica

	W/m <sup>2</sup> K
... si se trata de un cerramiento vertical	3,13
... si se trata de una cubierta	3,46
... si se trata de un suelo	2,78

Cálculo

Amortiguación de onda térmica en %	69,78
Desfase térmico en horas	7,4

<p>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO MAESTRÍA DE ARQUITECTURA Y SOSTENIBILIDAD</p> <p>EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL ENVOLVENTE DE LOS EDIFICIOS DE OFICINAS, CONSTRUIDOS EN LA CIUDAD DE QUITO A PARTIR DEL AÑO 2011</p>		<p>EVALUACIÓN DINÁMICA PROTOCOLO DE SIMULACIÓN</p>
PARÁMETRO DE EVALUACIÓN	PROCESO	
SITIO	Se utiliza un archivo de extensión epw, en este caso de la base de datos proporcionada por el INER, se define la orientación de cada edificio con la condicionantes de sitio específicas, es importante verificar los posibles obstáculos que podrían generar sombra u obstruir la radiación solar	
MODELADO EDIFICIO	A partir de los planos en CAD parametrizados se los importa como plantilla y se define la geometría del edificio mediante bloques, operaciones con bloques y particionado en zonas.	
MODELADO ENVOLVENTE	En esta etapa se definen los cerramientos simples (masa térmica/aislamiento) o por capas, enumerando cada una de las capas de las que están compuestos obtenido de las fichas de parametrización realizadas para el análisis estático. Se introducen también los datos relativos a las aberturas, acristalamiento, por factor solar y transmitancia detallado por capas, definición puntual de la carpintería: composición, dimensiones de marcos, travesaños, se genera también los elementos de protección solar. Se especifica los datos relativos a la calidad de los cerramientos con respecto a infiltraciones o bien la tasa de renovaciones hora por infiltración.	
MODELADO DE ZONAS	Se define la ocupación de cada una de las zonas y la tasa metabólica de las personas, junto con sus horarios de funcionamiento, pudiendo definir la ocupación en función de la franja horaria del día. Se indica las consignas a mantener en cada una de las zonas para controlar la ventilación natural. Se define una carga general promedio como se indica en el cálculo estático para las cargas internas que se producen relativas a equipos informáticos, de cocina, etc. así como sus horarios de funcionamiento.	
CONFORT	Se define el modelo adaptativo de confort a usa en este caso el ASHRAE 90%. Se obtiene condiciones interiores del edificio, temperatura y humedad, en los periodos evaluados	
BALANCE TÉRMICO	En el estudio de envolventes es necesario mostrar como mínimo las ganancias solares, por ocupación, pérdidas en ventilación y transmisión de cerramientos, identificando los elementos más críticos en el balance térmico del espacio.	
VENTILACIÓN	Se ingresa en base a las condiciones existentes y la normativa local las renovaciones/hora que tenemos en el edificio así como los caudales que entran por cada abertura.	
INERCIA TÉRMICA	Por las condiciones climáticas de la ciudad, es necesario identificar las características de los distintos paramentos que componen el edificio teniendo en cuenta la inercia térmica de estos es decir energía que acumulan como consecuencia de las condiciones ambientales exteriores que pasan al interior de la edificación. Así a través de los datos introducidos en el proceso de descripción de cerramientos el programa evalúa la inercia térmica de estos teniéndola en cuenta en el cálculo global de las necesidades energéticas del edificio.	
OPTIMIZACIÓN	A través de la información proporcionada por el programa se implementan cambios en los edificios simulados y se estudia la evolución energética en los mismos.	

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR  
 FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO  
 MAESTRÍA DE ARQUITECTURA Y SOSTENIBILIDAD

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL  
 ENVOLVENTE DE LOS EDIFICIOS DE OFICINAS,  
 CONSTRUIDOS EN LA CIUDAD DE QUITO A PARTIR  
 DEL AÑO 2011

DIAGNOSTICO TÉRMICO  
 PROTOCOLO DE MEDICIÓN  
 N01



		Minimo	Tipo	Máximo	Unidad
Humedad relativa	Rango de medida	0		100	%
	Repetibilidad		± 0,2		%
	Precisión		± 3,0		%
	Tiempo de respuesta		5		seg.
	Estabilidad a largo plazo		1		%/año
Temperatura	Rango de medida	-40		70	°C
	Repetibilidad		± 0,2		°C
	Precisión		± 1,0		°C
	Tiempo de respuesta		20		seg.
Punto de rocío	Precisión (25°C, 40-100% RH)		± 2,0		°C
Intervalo de medición		Desde 2 segundos hasta 24 horas			
Rango de temperatura de funcionamiento		-40		70	°C
Vida de una batería de litio de 3,6V (Intervalo de medición de 5 segundos)			1		año