

**ANÁLISIS ENERGÉTICO Y SIMULACIÓN VIRTUAL DEL EDIFICIO
DENOMINADO CENTRO DE CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES DE
CONSTRUCCIÓN ÁLVARO BELTRÁN PINZÓN UBICADO EN LA SEDE
PRINCIPAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER MEDIANTE
EL SOFTWARE EQUEST.**

PAOLA ANDREA SÁNCHEZ CASTELLANOS

YEYSON YOBANI MEZA MORENO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2014

**ANÁLISIS ENERGÉTICO Y SIMULACIÓN VIRTUAL DEL EDIFICIO
DENOMINADO CENTRO DE CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES DE
CONSTRUCCIÓN ÁLVARO BELTRÁN PINZÓN UBICADO EN LA SEDE
PRINCIPAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER MEDIANTE
EL SOFTWARE EQUEST.**

PAOLA ANDREA SÁNCHEZ CASTELLANOS

YEYSON YOBANI MEZA MORENO

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

DIRECTOR

JULIÁN ERNESTO JARAMILLO IBARRA

Ph.D EN INGENIERÍA MECÁNICA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECÁNICAS**

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

BUCARAMANGA

2014

DEDICATORIA

A Dios por su infinita sabiduría.

A mi madre, Zoraída Moreno Moreno, por estar presente en cada momento de su vida apoyándome y brindándome todo su cariño y amabilidad, porque sin ella, de seguro, me hubiese sido imposible llegar a estas instancias.

A mi familia que ha sido de gran apoyo en este proceso.

A todos mis amigos que me acompañaron en este gran triunfo y han sido un ejemplo valioso a imitar.

Ingeniero. Yeyson Yobani Meza Moreno

DEDICATORIA

A Díos por permitirme estar acá.

A mis padres Jaime Sánchez Y Emílce Castellanos y mis hermanas Natalia Sánchez y Daniela Sánchez por estar siempre a mí lado, apoyarme en cada uno de mis proyectos y compartir la alegría de mis logros.

A Oswaldo Nieto por apoyarme y compartir cada una de mis alegrías.

A mi compañero Yeyson Meza por permitirme compartir con él la formación académica y el desarrollo de nuestro proyecto de grado.

A todos mis amigos que dedicaron parte de su tiempo para ayudarme en mi proceso de formación en la universidad.

Ingeniera Paola Andrea Sánchez Castellanos

AGRADECIMIENTOS

Al Ph.D en Ingeniería Mecánica Julián Ernesto Jaramillo Ibarra por el conocimiento aportado y por el tiempo invertido, además de su comprensión y apoyo en nuestra formación académica en la realización de este proyecto de grado.

Al ingeniero Omar Armando Gelvez Arocha, docente de la Escuela de ingeniería mecánica, por el tiempo empleado en las consultas y la comprensión en nuestras dudas.

Y a todas las personas que directa o indirectamente fueron parte de este gran logro.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	23
1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	25
1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	25
1.2 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO	26
1.2.1 Objetivo general	26
1.2.2 Objetivos específicos	27
2. CONSIDERACIONES GENERALES.	29
2.1 DEFINICIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	29
2.2 IMPLICACIÓN DE LA ENERGÍA Y EL MEDIO AMBIENTE EN LAS EDIFICACIONES.	31
2.3 EVALUACIÓN MEDIOAMBIENTAL DE LOS EDIFICIOS.	31
2.4 ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA.....	32
2.5 CONCEPTO DE CONFORT.....	33
2.5.1 Factores fisiológicos.....	34
2.6 DISEÑO PASIVO DE LOS EDIFICIOS.	41
2.6.1 Asentamiento y forma	42
2.6.2 Ambientes interiores	44
2.6.3 Techos	46
2.6.4 Paredes.....	47
2.6.5 Ventanas.....	49
2.7 COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO DE LOS EDIFICIOS.....	51
2.7.1 Refrigeración.....	52
2.7.2 Aislamiento térmico de edificios.....	55
2.7.3 Exterior de la fachada.	56

2.7.4 Interior de la fachada	57
2.7.5 Sistemas de iluminación	58
2.8 CERTIFICACIÓN <i>LEED</i>	58
2.9 SOFTWARE <i>EQUEST</i>	61
3. METODOLOGÍA PARA REALIZAR EL ANÁLISIS TÉRMICO DE LA EDIFICACIÓN.....	64
3.1 FASE 1: ADQUISICIÓN DE DATOS.....	66
3.1.1 Datos meteorológicos	66
3.1.2 Datos arquitectónicos.....	66
3.1.3 Materiales de construcción	67
3.1.4 Perfil de uso del edificio	67
3.1.5 Sistema de acondicionamiento de aire	67
3.2 FASE 2 CREACIÓN DEL MODELO VIRTUAL.....	68
3.2.1 Creación de la base de datos meteorológicos	68
3.2.2 Creación del modelo arquitectónico del edificio.	69
3.2.3 Definición de las zonas térmicas.....	69
3.2.4 Definición de cargas térmicas	69
3.2.5 Definición de los sistemas de aire acondicionado.....	70
3.3 FASE 3 SIMULACIÓN DE RESULTADOS	70
3.3.1 Definición de las categorías de análisis	71
3.3.2 Obtención de resultados (carga térmica)	71
3.3.3 Aplicación de lineamientos LEED	71
3.3.4 Obtención de resultados (Baseline)	72
3.3.5 Análisis y recomendaciones.....	72
4. CREACIÓN DEL ARCHIVO DE DATOS METEREOLÓGICOS PARA LA CIUDAD DE BUCARAMANGA	73
4.1 VARIABLES CLIMÁTICAS	74
4.2 MEDICIÓN DE DATOS METEOROLÓGICOS	76
4.2.1 Humedad Específica	78

4.2.2 Temperatura de punto de rocío [°F]	80
4.2.3 Temperatura de bulbo húmedo [F].....	81
4.2.4 Radiación solar normal directa Wm^2	82
5. DEFINICIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS Y ARQUITECTÓNICAS DEL EDIFICIO.....	84
5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EDIFICACIÓN.....	84
5.2 USO DEL EDIFICIO POR TEMPORADA	86
5.3 TARIFAS DEL SERVICIO DE ENERGÍA.....	87
5.4 IMPORTACIÓN DEL CAD PARA REALIZAR LA ESTRUCTURA DEL EDIFICIO	89
5.5 DEFINICIÓN DE LAS ZONAS TÉRMICAS	91
5.5.1 Criterios para seleccionar las zonas térmicas.....	91
5.6 ASIGNACIÓN DE MATERIALES.....	95
5.6.1 Configuración para techos	97
5.6.2 Configuración para piso.	98
5.6.3 Configuración para pared.....	99
5.6.4 Configuración de puertas y ventanas.....	101
6. CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA Y RELACIÓN DE SIMULCIÓN DEL EDIFICIO	103
6.1 CÁLCULO DE INFILTRACIONES	103
6.1.1 Ecuación general para determinar el caudal por infiltraciones.....	104
6.2 CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA POR EQUIPOS.....	107
6.2.1 Carga térmica dada por equipos de laboratorio [6]	110
6.2.2 Carga térmica por equipos de potencia	113
6.2.3 Carga térmica por equipos electrodomésticos	115
6.3 CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS POR ILUMINACIÓN.....	116
6.3.1 Recopilación de los dispositivos de iluminación.....	117
6.3.2 Factor de uso (F_u).....	118
6.3.3 Factor de Balastro (F_s)	119

6.3.4 Factor de carga de enfriamiento (CLF)	120
6.4 DEFINICIÓN DE LOS SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE.	126
6.5 SIMULACIÓN DE RESULTADOS	129
6.6 RESULTADOS DEL EDIFICIO REAL	131
7. ANÁLISIS LEED.....	136
7.1 CONSIDERACIONES GENERALES DE LA ASHRAE 90.1	137
7.1.1 Alcance del método de evaluación del rendimiento	137
7.1.2 Evaluación del desempeño	138
7.1.3 Requerimientos generales de la simulación.....	138
7.1.4 Programa de simulación	139
7.1.5 Datos climáticos.....	139
7.2 CÁLCULO DEL RENDIMIENTO DEL EDIFICIO REAL Y BASELINE	140
7.3 ANÁLISIS LEED DEL ABP	146
8. ESTUDIOS PARAMÉTRICOS.....	149
8.1 VARIABLES FACTIBLES	149
8.2 VARIABLES HIPOTÉTICAS.....	154
8.3 RESULTADOS DE LAS VARIACIONES	154
8.4 EVALUACIÓN ECONOMICA DE LA RECOMENDACIÓN	160
8.4.1 Valor presente neto.....	160
8.4.2 Cálculo del valor presente neto.....	161
8.5 EDIFICIO PROPUESTO	164
8.6 RESULTADOS DEL EDIFICIO PROPUESTO.....	165
CONCLUSIONES	171
RECOMENDACIONES.....	174
BIBLIOGRAFÍA.....	175
ANEXOS.....	177

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Factores influyentes en el confort térmico.	33
Figura 2. Balance energético del cuerpo humano.....	34
Figura 3. Disipación de calor del cuerpo humano.	38
Figura 4. Comportamiento de la ganancia de calor y la carga de enfriamiento.	40
Figura 5. Ganancia solar mensual en superficies de la envolvente.	42
Figura 6. Fachadas con salientes volumétricos.	44
Figura 7. Recomendación de la ubicación de diferentes zonas según la actividad.	45
Figura 8. Incidencia solar sobre un techo plano en el trópico.	46
Figura 9. Edificio con fachada doble.	48
Figura 10. Comportamiento térmico.....	49
Figura 11. Eficiencia de los diferentes tipos de protectores solares.	50
Figura 12. Esquema de funcionamiento básico de Free-Cooling.....	53
Figura 13. Esquema de enfriador evaporativo.	54
Figura 14. Aislamiento térmico tipo sándwich: madera contrachapada / espuma (para aislamiento acústico y térmico).....	55
Figura 15. Aislamiento térmico por el exterior de un edificio.....	56
Figura 16. Categorías de los estándares de evaluación <i>LEED</i>	60
Figura 17. Niveles de certificación <i>LEED</i>	61
Figura 18. Modelo virtual de un edificio con <i>eQUEST</i>	63
Figura 19. Etapas de la metodología utilizada en el desarrollo de la simulación. ...	65
Figura 20. Diagrama del proceso realizado para la creación del archivo meteorológico.	74
Figura 21. Humedad específica de saturación Vs Temperatura de bulbo seco.	79
Figura 22. Diagrama T-s del vapor de agua.....	80
Figura 23. Selección del número de temporadas por año y días festivos.	87
Figura 24. Tarifa del servicio de energía.....	88

Figura 25. Importación del archivo .dwg a eQUEST.	90
Figura 26. Creación del plano del edificio en eQUEST.	90
Figura 27. Selección de la construcción del techo.	96
Figura 28. Constitución de la placa sótano.	97
Figura 29. Construcción de pisos.	99
Figura 30. Ladrillo tipo Hollman.	100
Figura 31. Tipos de ventanas.	101
Figura 32. Tipos de ventanas con persianas localizadas en el edificio.	103
Figura 33. Valores de infiltración por unidad de área del piso.	107
Figura 34. Cargas de equipos misceláneos y de oficinas.	116
Figura 35. Carga por iluminación.	124
Figura 36. Perfil de uso y cargas de luces y equipos.	125
Figura 37. Asistente para ingreso de sistemas de acondicionamiento de aire.	127
Figura 38. Selección de la ubicación del sistema HVAC.	128
Figura 39. Asistente de medición de eficiencia energética EEM.	129
Figura 40. Asistente de simulación del rendimiento del edificio.	130
Figura 41. Consumo energético mensual del edificio real.	132
Figura 42. Porcentaje de consumo energético anual del edificio real.	133
Figura 43. Costo del consumo de energía mensual y anual.	134
Figura 44. Consumo energético mensual del edificio Baseline.	144
Figura 45. Porcentaje de consumo energético anual del edificio Baseline.	145
Figura 46. Costo del consumo de energía mensual y anual del edificio Baseline.	145
Figura 47. Consumo energético del edificio con el ajuste del termostato.	156
Figura 48. Consumo energético del edificio con aletas y voladizos.	157
Figura 49. Consumo energético del edificio con ventanas opacas gris 6mm.	157
Figura 50. Consumo energético del edificio con ventanas dobles reflectantes.	158
Figura 51. Consumo energético del edificio con persianas opacas.	158
Figura 52. Flujos de caja y VPN para el edificio propuesto con aletas y voladizos.	163

Figura 53. Flujos de caja y VPN para el edificio propuesto sin aletas y voladizos.
.....164

Figura 54. Consumo energético mensual del edificio propuesto.....166

Figura 55. Porcentaje de consumo energético anual del edificio propuesto.167

Figura 56. Costo del consumo de energía mensual y anual.167

Figura 57. Comparación del costo de energía entre el edificio propuesto y real..168

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Asistentes utilizados para la simulación en eQUEST.....	28
Tabla 2. Valores del calor metabólico por actividad realizada.	35
Tabla 3. Valores de aislamiento térmico para diferentes prendas.	36
Tabla 4. Estándares <i>LEED</i>	60
Tabla 5 Datos de la localización geográfica para Bucaramanga.	76
Tabla 6. Información arquitectónica.	85
Tabla 7. Descripción de las zonas térmicas del sótano.	92
Tabla 8. Descripción de las zonas térmicas del primer piso.	93
Tabla 9. Descripción de las zonas térmicas del sótano.	94
Tabla 10. Descripción de la zona térmica del laboratorio de estructuras.	95
Tabla 11. Especificaciones físicas de los materiales para la placa.....	98
Tabla 12. Características de la configuración de pisos.....	99
Tabla 13 Configuración de materiales para paredes.	100
Tabla 14. Propiedades de ventanas.....	102
Tabla 15. Propiedades de puertas.	102
Tabla 16. Coeficiente estático para diferentes plantas.	104
Tabla 17. Tipo de local según el ambiente circundante de la edificación.....	105
Tabla 18. Definición del Coeficiente del viento.	105
Tabla 19. Resultados de infiltraciones por aberturas.	106
Tabla 20. Equipos en el sótano.....	108
Tabla 21. Equipos en el segundo piso.	109
Tabla 22. Equipos en el primer piso.....	109
Tabla 23. Coeficiente de calor sensible.	110
Tabla 24. Potencia de equipos.....	111
Tabla 25. Resultados de carga térmica de equipos de laboratorio	112
Tabla 26. Coeficiente de locación de motor y equipo.	113

Tabla 27. Factor de límite de sobrecarga.....	114
Tabla 28 Resultados.	114
Tabla 29. Resultados equipos electrodomésticos.....	115
Tabla 30. Potencia de los dispositivos de iluminación.	118
Tabla 31. Factor de asignación de balastro para luces fluorescentes.	119
Tabla 32. “a” Clasificación de las luminarias según el dispositivo de iluminación y ventilación.....	120
Tabla 33. “b” Clasificación de las luces según la ventilación y el tipo de piso.....	121
Tabla 34. Potencia lumínica para cada una de las zonas del sótano.	122
Tabla 35. Potencia lumínica para cada una de las zonas del primer piso.	123
Tabla 36. Potencia lumínica para cada zona de las zonas del segundo piso y laboratorio de estructuras.	123
Tabla 37. Sistemas de acondicionamiento de aire.....	126
Tabla 38. Consumo eléctrico del edificio real.....	131
Tabla 39. Consumo de energía real del edificio Álvaro Beltrán Pinzón.....	135
Tabla 40. Prerrequisitos para la categoría energía y atmósfera	137
Tabla 41. Modelo de simulación para el diseño Baseline.	140
Tabla 42. Evaluación de los prerrequisitos de la sección energía y atmósfera....	142
Tabla 43. Requisitos norma <i>LEED</i>	143
Tabla 44. Consumo energético del edificio baseline (kW-hx1000).	144
Tabla 45. Consumo de energía edificio real y baseline.....	146
Tabla 46. Evaluación de los créditos <i>LEED</i> de Energía y atmósfera.	148
Tabla 47. Consideraciones para el control de iluminación.....	150
Tabla 48. Consideraciones para el ajuste del termostato.	151
Tabla 49. Consideraciones para el ventanaje.....	151
Tabla 50. Consideraciones para las puertas.....	152
Tabla 51. Consideraciones para aletas y voladizos.	152
Tabla 52. Consideraciones para la pared exterior.	152
Tabla 53. Consideraciones para las cortinas.	153
Tabla 54. Consumo energético de los diferentes edificios propuestos.	155

Tabla 55. Consideraciones finales para el edificio propuesto.	165
Tabla 56. Consumo eléctrico del edificio propuesto en (kW-hx1000)	166

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. CREACIÓN DEL ARCHIVO EXCEL DELIMITADO POR COMAS (.CSV).	178
ANEXO B. FICHA TÉCNICA DE SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO.	187
ANEXO C. CÁLCULOS DE CARGA TÉRMICA POR EQUIPOS.	199
ANEXO D. INFILTRACIONES POR ABERTURAS.	202
ANEXO E. PLANOS DE LA EXSTRUCTURA DEL EDIFICIO.	206
ANEXO F. MANUAL DE USUARIO DEL SOFTWARE eQUEST.	210

RESUMEN

TÍTULO DEL PROYECTO:

ANÁLISIS ENERGÉTICO Y SIMULACIÓN VIRTUAL DEL EDIFICIO DENOMINADO CENTRO DE CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN ÁLVARO BELTRÁN PINZÓN UBICADO EN LA SEDE PRINCIPAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER MEDIANTE EL SOFTWARE eQUEST*

AUTORES:

Paola Andrea Sánchez Castellanos

Yeyson Yobani Meza Moreno**

PALABRAS CLAVE: Eficiencia energética, diseño pasivo en edificaciones, eQUEST, consumo energético, LEED.

DESCRIPCIÓN:

El comportamiento térmico de los edificios obedece básicamente a su forma, orientación, composición del material de la envolvente, las condiciones climáticas del sitio y los usos a los que se ve sometido. Las condiciones térmicas dependen de las pérdidas o ganancias de calor que se presentan en un momento dado, las cuales deben tener un equilibrio, puesto que pueden generar calentamiento o enfriamiento, provocando discomfort en el interior del edificio; por lo tanto se hace necesario en este caso la implementación de sistemas de climatización artificial.

De acuerdo con lo anterior, este proyecto propone la realización de una simulación para el análisis energético del edificio Álvaro Beltrán Pinzón, considerando las cargas térmicas internas, equipos de acondicionamiento de aire y las características arquitectónicas de la envolvente. El análisis está basado en la categoría “energía y atmósfera” de los lineamientos LEED con el objetivo de valorar el rendimiento energético que presenta actualmente el edificio y las posibles modificaciones para el ahorro de energía.

Para el desarrollo de la simulación, ha sido creado un modelo virtual del edificio utilizando el programa eQUEST, el cual realiza el cálculo del consumo energético durante un año con la ayuda del archivo climático de Bucaramanga en el formato *BIN*.

* Proyecto de grado.

** Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Director Julián Ernesto Jaramillo Ibarra.

ABSTRACT

TITLE: ENERGY ANALYSIS AND VIRTUAL SIMULATION OF THE BUILDING CALLED MATERIALS CHARACTERIZATION CENTER ALVARO BELTRAN PINZON LOCATED AT THE UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER THROUGH THE SOFTWARE eQUEST*

AUTHORS:

Paola Andrea Sánchez Castellanos
Yeyson Yobani Meza Moreno**

KEY WORDS: Energy efficiency, passive design in buildings, eQUEST, energy consumption, LEED.

DESCRIPTION

The thermal behavior of buildings is due primarily to their shape, orientation, material composition of the envelope, the climatic conditions of the site and the uses to which it is subjected. The thermal conditions depend on the gain or loss of heat that occur in a given time, which must be balanced, since they can generate heat or cool, causing discomfort in the interior of the building, so it becomes necessary in this case the implementation of artificial air conditioning systems.

The analysis is based on the category "energy and atmosphere" of the LEED guidelines with the aim of assessing the energy efficiency currently presents the building and possible changes to energy saving. According to the above, this project proposes the creation of a simulation for building energy analysis "Álvaro Beltrán Pinzón", considering the internal heat loads, air conditioning equipment and architectural features of the envelope. The analysis is based on the category "energy and atmosphere" of the LEED guidelines with the aim of assessing the energy efficiency currently presents the building and possible changes to energy saving.

For the development of the simulation, it has created a virtual model of the building using the eQuest program, which calculates the energy consumption for a year with the help of climate file from Bucaramanga in BIN format.

* Graduation Project

** Faculty of Physics-Mechanic Engineerings, School of Mechanical Engineering, Director Julián Ernesto Jaramillo Ibarra.

INTRODUCCIÓN

La mayoría de las actividades que realizan las personas a lo largo del día se llevan a cabo dentro de una edificación, ya sea en el trabajo o en la casa, se habita la mayoría del tiempo dentro de un recinto. Este espacio donde se realizan dichas actividades debe conceder unos mínimos niveles de confort tales como: calidad de aire interior, adecuada temperatura ambiental, velocidad del aire, humedad entre otros. Por tanto lograr estas condiciones de confort, demanda una cantidad de energía considerable, que en muchos casos logra sobrepasar los niveles aceptables y generar un derroche inadecuado de energía.

Gran parte de este gasto innecesario de energía se debe al ineficiente uso de los sistemas de climatización del edificio, inadecuado dispositivos de iluminación, inadecuada selección de los materiales de construcción, pésima orientación. Ocasionando algunas de las consecuencias negativas que se presentan para el medio ambiente como son la destrucción de la capa de ozono y el aumento del efecto invernadero, de ahí que se crea varias organizaciones las cuales plantean todo una filosofía encaminada al diseño de edificios completamente auto-sostenibles y nada nocivos para el medio ambiente con eficientes consumos de energía.

Por tanto se plantea un análisis energético de la edificación Álvaro Beltrán Pinzón con el fin de recomendar algunas acciones que presenten una reducción considerable del consumo energético mediante una simulación con el software eQUEST, con el objetivo de aumentar los conocimientos que se han adquirido en la Universidad Industrial de Santander con proyectos anteriores que han trabajado en este tema.

Lo relacionado con el análisis energético por medio de una simulación fue dividido en los siguientes capítulos:

Capítulo 1. Se presenta la descripción del problema que se quiere abordar.

Capítulo 2. Se presentan las consideraciones generales implicadas en el desarrollo del proyecto.

Capítulo 3. Se presenta la metodología utilizada para efectuar el análisis térmico y la adquisición de datos, creación del modelo virtual y los resultados de la simulación.

Capítulo 4. Se presenta el desarrollo de la creación de las variables climática para la ciudad de Bucaramanga.

Capítulo 5. Se presenta la definición de las características arquitectónicas del edificio y definición de las zonas térmicas y materiales.

Capítulo 6. Se presenta el análisis de la carga térmica por iluminación, equipos, infiltraciones.

Capítulo 7. Se presenta la respectiva evaluación LEED y se explica las consideraciones que se tienen en cuenta según la ASHRAE 90.1.

Capítulo 8. Se muestran los resultados obtenidos según la simulación y se presenta un estudio económico del proyecto.

1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Los diferentes tipos de edificaciones tales como establecimientos de servicios, establecimientos educativos, edificios de vivienda entre otros, requieren altos consumos de energía y gas para procesos como iluminación, refrigeración, calefacción y otras actividades. Actualmente los edificios son uno de los mayores consumidores de recursos naturales y contribuyen en una porción significativa a las emisiones de gases de efecto invernadero, las cuales se estima que representan el 38% de las emisiones de CO₂ y el 72% del consumo de la electricidad en los Estados Unidos de América. En el ámbito internacional se considera que el 40% de la energía total consumida se destina a las edificaciones y el resto está repartido entre la industria y el transporte [18].

La iluminación y refrigeración son procesos llevados a cabo en las edificaciones, principalmente para el confort humano, sin embargo para proporcionar esta condición de satisfacción con el ambiente, la energía requerida es muy alta debido a las ganancias o pérdidas de calor al entorno a través de la envolvente de este; las cuales también se ven afectadas por factores como: los materiales de construcción, cerramientos, factores climáticos y ubicación geográfica.

En la actualidad en países subdesarrollados se realizan proyectos arquitectónicos con regulares conceptos en el diseño de una edificación, la distribución de usos y espacios, la manera de utilizar los materiales y tecnologías, lo cual tiene como consecuencia el alto consumo de energía por parte de ellos. En la Universidad Industrial de Santander se encuentra en desarrollo el proyecto denominado “UIS Universidad Sostenible”, el cual busca generar un diagnóstico de la situación actual de la Universidad y formular un plan estratégico que promueva el desarrollo sostenible de la misma, por tanto una de las maneras de

contribuir con este gran proyecto es utilizar tecnologías informáticas las cuales desarrollen estrategias que permitan obtener una mayor eficiencia en el sector de la construcción, tales como análisis térmicos y energético a las edificaciones de la universidad. Debido a que la mayoría de las plantas físicas ya se encuentran construidas es necesario realizar la simulación térmica y energética de estos edificios como parte del diagnóstico para obtener información suficiente y posteriormente formular estrategias de mejoramiento.

Uno de los edificios que presenta mayor consumo energético en la universidad es el Centro de Caracterización de Materiales Álvaro Beltrán Pinzón debido a que es utilizado como laboratorio para la realización de pruebas de materiales y los equipos utilizados generan una gran carga térmica, por lo tanto se considera que es uno de los primeros edificios que se han de estudiar mediante el análisis energético, específicamente a la envolvente de este la cual está vinculada con la necesidad de un sistema de refrigeración e iluminación, lo cual traería numerosas ventajas para el plan de sostenibilidad desarrollado por parte de la universidad.

1.2 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO

1.2.1 Objetivo general

Contribuir con la Universidad Industrial de Santander en la política de sostenibilidad implementando el análisis térmico y energético del edificio Centro de Caracterización de Materiales de Construcción Álvaro Beltrán Pinzón mediante el uso del software libre eQUEST, para dar continuidad con la misión de la Universidad en liderar procesos de cambio por el progreso y mejor calidad de vida de la comunidad.

1.2.2 Objetivos específicos

1.2.2.1 Generar una simulación computacional para realizar el análisis energético del edificio Centro de Caracterización de Materiales de Construcción Álvaro Beltrán Pinzón haciendo uso del software eQUEST como motor de la simulación.





Esta simulación comprende los siguientes puntos:

- Generar un modelo virtual de la estructura del edificio teniendo en cuenta los siguientes parámetros básicos: tipo del edificio, orientación, ventanaje y puertas, tipo de techo, materiales de construcción, aislamiento, presentes en el edificio para realizar el análisis térmico de la envolvente de este.
- Determinar el consumo energético y eléctrico del edificio durante un año, dado por las cargas internas generadas en este, medidas a partir de los siguientes ítems: espacio acondicionado, rechazo o ganancia de calor (envolvente), iluminación, equipos misceláneos, bombas y ventiladores.
- Evaluar los resultados del análisis energético del edificio y características generales de este, tomando como criterio los lineamientos LEED que se encuentran basados en el sistema de certificación de edificios sostenibles el cual presenta las categorías de eficiencia energética, materiales y calidad de aire interior.

1.2.2.2 Crear una base de datos de variables ambientales (temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento y radiación solar) para los doce meses del año, correspondientes a la zona climática de Bucaramanga para el software eQUEST, utilizado como requerimiento en el análisis energético del edificio. En caso de no disponer de los datos de radiación solar completos hora a hora, como se requieren, estos se calcularán de forma teórica.

1.2.2.3 Realizar un tutorial básico donde se explique el adecuado manejo de los respectivos asistentes, mostrados en la Tabla 1, del software eQUEST utilizado en la simulación del edificio.

Tabla 1. Asistentes utilizados para la simulación en eQUEST.

 <p>Building Creation Wizard</p>	<p>Utilizado para el diseño de la estructura del edificio</p>
 <p>Energy Efficiency Measure Wizard</p>	<p>Permite seleccionar y especificar las diferentes alternativas de diseño a estudiar</p>
 <p>Simulate Building Performance</p>	<p>Genera la simulación de cada uno de las alternativas especificadas en el asistente anterior</p>
 <p>Review Simulation Results View</p>	<p>Utilizado para visualizar y revisar resultados de la simulación</p>

Fuente: *Autores.*

Generar recomendaciones que permitan reducir el consumo energético a partir de comparaciones de los resultados del análisis energético con las condiciones actuales del edificio y posteriores simulaciones realizadas, cambiando las debidas características arquitectónicas de la envolvente.

2. CONSIDERACIONES GENERALES.

Este capítulo tiene el objetivo de presentar un pequeño resumen de los conceptos teóricos tratados en el desarrollo de este proyecto, además realiza una descripción de la herramienta computacional *eQUEST*² utilizada para elaborar la simulación energética del edificio Álvaro Beltrán Pinzón. Por último se especifica la norma que se aplicará a la edificación para certificar su nivel de sostenibilidad medio ambiental, conocida como *LEED*³.

2.1 DEFINICIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Al escuchar el término “eficiencia energética” se puede pensar a priori que es un concepto auto explicativo y que, por lo tanto, su definición está explícitamente demarcada; pero la realidad muestra que es una expresión que contiene varias interpretaciones. Lo anterior se puede demostrar con los indicadores particulares de eficiencia energética utilizados en una auditoria.

Resulta conveniente resaltar que la principal componente de la eficiencia energética no resulta ser la tecnología, aunque esta se considere entre las primordiales, puede llegar el caso donde aplicando cierto tipo de medidas no resulte ser la más afectada.

Para entender mejor lo anterior, algunos ejemplos, pueden ayudar. El aislamiento a la envolvente de una edificación se reconoce como una medida de eficiencia energética, al ahorrar energía manteniendo un nivel óptimo de confort. Pero esta economía energética que se genera a nivel individual no se ve reflejada, en la

² The Quick Energy Simulation Tool

³ *Leadership in Energy & Environmental Design*

mayoría de los casos, en un nivel grupal de la comunidad. Si se aumentan el número de viviendas construidas o la carga térmica del espacio acondicionado (más equipos, más luminarias, etc.); pueden encubrir las mejoras a nivel individual y presentar una multiplicación del consumo energético a la altura de todo el conjunto del sistema.

La mayoría de los países entienden la importancia de la eficiencia energética como elemento de los procesos productivos y de las condiciones de confort de la sociedad. Además el hecho de que la Unión Europea y los países de la OCDE⁴ tengan la necesidad de importar energía del exterior, hace indispensable la investigación de métodos para reducir el consumo por unidad de actividad económica o por nivel de confort, guiando a una mejora a nivel global del uso eficiente de la energía.

Además todo esto conlleva a realizar el alcance del desarrollo sostenible, el cual propone que la mejora de la competitividad económica puede ir de la mano con la protección del medio ambiente; por lo tanto muchos países están acogiendo decisiones que promuevan el ahorro e incremento de los índices de intensidad energética.

Para resumir, la tecnología asociada con la eficiencia energética no es el único componente de esta. Una política de eficiencia energética debe cumplir también con el uso racional de la energía y también con una transformación de índole económica.

⁴ Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos

2.2 IMPLICACIÓN DE LA ENERGÍA Y EL MEDIO AMBIENTE EN LAS EDIFICACIONES.

Teniendo en cuenta que los humanos pasamos prácticamente el 90% del tiempo dentro de una vivienda (hogar) o un edificio (trabajo) [10], el impacto ambiental y el consumo de energía es inevitable, ya que se requiere de un confort térmico interno. Además, sabemos que desde su fase de planeación pasando por su construcción y uso hasta su demolición es necesario un gasto de energía que se ve reflejado en un alto impacto ambiental.

2.3 EVALUACIÓN MEDIOAMBIENTAL DE LOS EDIFICIOS.

Los indicios del impacto ambiental que produce un edificio no solamente son apreciados en el entorno donde se encuentra construido, o a nivel local, también es de tener en cuenta el vestigio del deterioro medioambiental a una escala global. Este impacto se presenta a lo largo de todo el ciclo de vida de la edificación (ACV⁵) y está identificado por la cantidad de recursos utilizados y los gases de efecto de invernadero (GEI) emitidos a la atmósfera.

En una evaluación medioambiental de los edificios se inspecciona la optimización en los costes de construcción, contribución a la innovación y aplicación de estrategias que disminuyan el impacto ecológico. Se debe tener en cuenta consideraciones básicas, pero muy prácticas, para juzgar si un edificio es ecológico. Los siguientes tópicos se destacan en la importancia de formar una conciencia energética, buscando los mecanismos que permitan cuantificar el impacto ambiental a la hora de evaluar medioambientalmente los edificios.

⁵ Análisis del ciclo de vida de la edificación.

- Uso/consumo de energía eléctrica y gas.
- Uso/consumo de agua potable y almacenamiento de aguas lluvia.
- Análisis del suelo con valor ecológico.
- Utilización de materiales del mercado local.
- Emisiones de GEI a la atmosfera.
- Impactos ecológicos.
- Alta eficiencia energética y económica.

2.4 ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA.

Piense en una casa que se conserva fresca en un clima trópico, sin la necesidad de un sistema acondicionado de aire. Una edificación que emplea el sol en el provecho propio cuando lo necesita y lo arroja limpiamente cuando no es anhelado, con un ligero gasto energético.

El objetivo principal de la arquitectura bioclimática es ofrecer unas condiciones de confort y una sostenibilidad del medio ambiente por medio del uso eficiente de la energía y el aprovechamiento de las condiciones climáticas del entorno [10].

Prácticamente se puede decir que los tres aspectos importantes en el ahorro de la energía al utilizar conceptos bioclimáticos son:

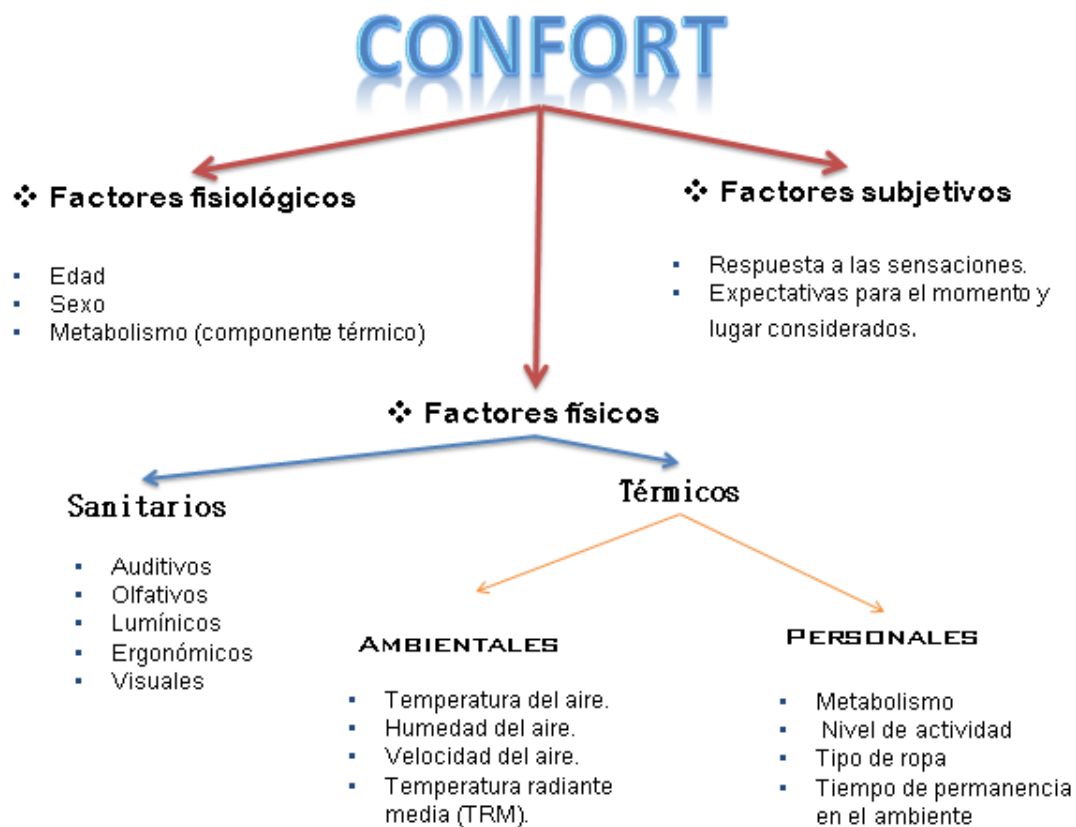
- Innovar con diseños eco-eficientes en las edificaciones.
- Fomentar el uso de energías renovables.
- Elaborar un plan de ahorro y el uso eficiente de la energía a través del fomento de equipamiento eficiente, la innovación de materiales y el fomento del consumo moderado.

2.5 CONCEPTO DE CONFORT.

Según la ASHRAE 55 el confort es un estado de completo bienestar físico, mental y social que experimenta un individuo con el entorno que le rodea, bajo unas condiciones termo-higrométricas dadas [1].

En la Figura 1 se realizó un diagrama esquemático de los diferentes factores que intervienen en el confort con sus respectivos componentes esenciales para mantener un ambiente cómodo. A continuación se realiza una breve explicación de estos factores.

Figura 1. Factores influyentes en el confort térmico.



Fuente: Tomada y editada de la ASHRAE 55.

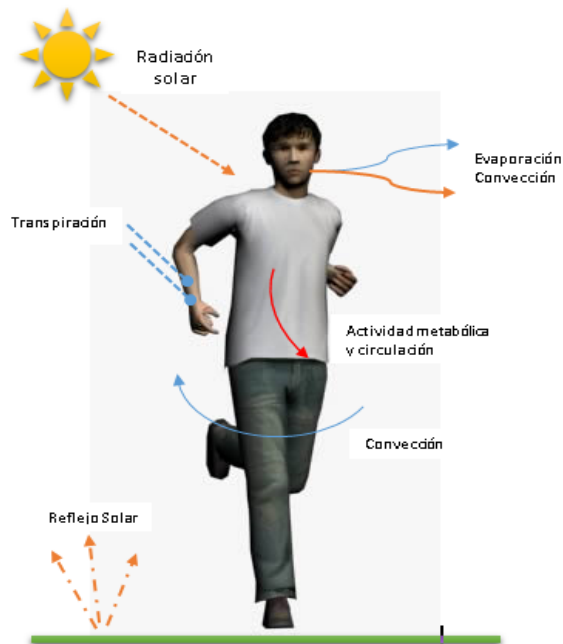
2.5.1 Factores fisiológicos

2.5.1.1 Edad y sexo. Estos factores afectan en principio la percepción del entorno térmico, básicamente por los diferentes metabolismos, es decir, las mujeres y las personas con edad avanzada producen menor calor metabólico, por lo general son más propensas al frío [1].

2.5.2 Factores físicos

Desde el aspecto termo-fisiológico (balance de calor). La condición de confort térmico, será cuando se logra la igualdad entre el calor producido por el organismo, y el eliminado al medio ambiente circundante, de tal manera que la temperatura interna permanezca constante y no se produzca un efecto de incomodidad [1].

Figura 2. Balance energético del cuerpo humano.



Fuente: Autores

Desde el punto de vista psicológica, es la condición mental que manifiesta complacencia con el ambiente, la cual es muy diferente de persona a persona.

En la Figura 2 se aprecia el intercambio de calor del cuerpo humano con el ambiente.

2.5.3 Factores personales

2.5.3.1 Calor metabólico de acuerdo a la actividad. La unidad utilizada para medir el calor metabólico es el MET⁶ que equivale a 50 [Kcal/h*m²] = 58.1 [W/m²], el cual concierne a una persona sentada inactiva.

En la Tabla 2 se presenta una descripción del calor metabólico por actividad humana.

Tabla 2. Valores del calor metabólico por actividad realizada.

Actividades de las personas	Metabolismo en MET (50 Kcal/m²h)
Durmiendo (Estado Basal)	0.8
Sentado inactivo	1
De pie	1.2
Trabajo de oficina	1.1 a 1.3
Caminando despacio – 3.2 km/h	2
Caminando normal – 4.8 km/h	2.6
Caminando rápido – 6.4 km/h	3.8
Gimnasia	3 a 4
Baile	2.4 a 4.4
Tenis	3.6 a 4.6
Lucha	7 a 8
Trabajos ligeros de taller	2 a 2.4
Trabajo pesado de taller	3.5 a 4.5

Fuente: Tomada y editada de la ASHRAE 55.

⁶ *Metabolic Energy Thermal*

2.5.3.2 Tipo de ropa. La vestimenta minimiza la pérdida de calor al ambiente. Por lo tanto las prendas son clasificadas según su nivel de aislamiento. Para evaluar el aislamiento de la ropa se utiliza el Clo⁷.

$$1clo = 0,18 \frac{m^2 * ^\circ C * h}{Kcal} = 0,155 \frac{m^2 * ^\circ C}{W}$$

Se dice que una persona desnuda tiene un Clo=0 y una con traje de negocios un Clo=1. En la Tabla 3 se muestran los valores de aislamiento térmico de la ropa [1].

Tabla 3. Valores de aislamiento térmico para diferentes prendas.

Descripción de las prendas	Resistencia térmica (Clo)	Descripción de las prendas	Resistencia térmica (Clo)
ROPA INTERIOR		TRAJES FORRADOS CON ELEVADO AISLAMIENTO	
Calzoncillos	0.03	Impermeable	0.9
Calzoncillos largos	0.1	Pantalón	0.35
Camisa de tirantes	0.04	Chaqueta	0.4
Camisa manga corta	0.09	DIVERSOS	
Camisa manga larga	0.12	Calcetines	0.02
Sujetadores y bragas	0.03	Medias de nylon	0.03
PANTALONES		Zapato de suela delgada	0.02
Corto	0.06	Zapato de suela gruesa	0.04
Ligero	0.2	Botas	0.1
Normal	0.35	Guantes	0.05
Chaleco sin mangas	0.12		
Pullover ligero	0.2		

Fuente: Tomada y editada de la ASHRAE 55.

⁷ del inglés, "clothes" que significa Vestido

2.5.4 Factores Ambientales

Son las variables ambientales que influyen en el balance térmico, por medio de los diferentes mecanismos de transferencia de calor.

2.5.4.1 Temperatura del aire. Es la temperatura a la que se encuentra el aire que rodea al individuo. La diferencia de esta temperatura y la de la piel de las personas determinan la transferencia de calor entre el individuo y el aire. El control adecuado de la temperatura del medio ambiente elimina el esfuerzo fisiológico de acomodación (sudoración) y por consiguiente mejora del bienestar físico.

Un factor a tener en cuenta en este apartado es la llamada “temperatura de sensación” o “sensación térmica”, definida como la percepción de calor o frío que manifiesta una persona, independientemente de la temperatura que registre el termómetro.

La sensación térmica juega un papel importante tanto en el confort como en el ahorro de energía, como se demuestra en la siguiente situación: si se encuentra una persona en una habitación en invierno y no se tiene una superficie que irradie energía hacia el cuerpo, se debe aumentar la temperatura del aire lo suficiente para que la persona se sienta más cómoda térmicamente, esto implica un alza en el consumo de energía.

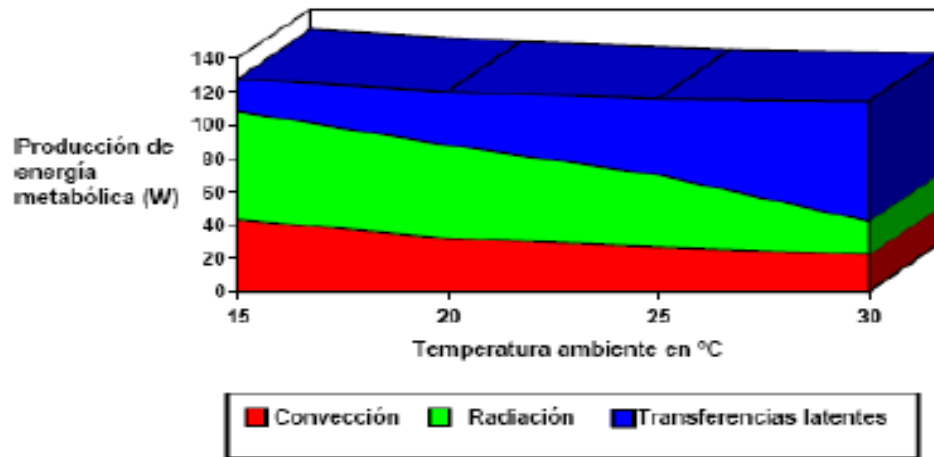
2.5.4.2 Humedad del aire. La humedad es el contenido de vapor de agua que se encuentra en una cantidad determinada de aire. Gran parte del calor que disipa el cuerpo humano se da a través de la transpiración, proceso en el cual se expulsa una cantidad considerable de vapor al ambiente.

La humedad relativa puede hacer variar la sensación de confort, para una temperatura constante. Es decir, con una humedad relativa baja el ambiente

puede recibir una mayor cantidad de vapor, por tanto el cuerpo puede transpirar mucho más, percibiendo la persona una sensación de “frescor”. Por el contrario si la humedad es muy alta no sucede el fenómeno anterior y el organismo no realiza el proceso de sudoración adecuadamente, luego se crea una impresión de “bochorno” [14].

La transferencia sensible (radiación, convección y casualmente conducción) tiende a disminuir cuando la temperatura del local aumenta, de ahí que la transferencia latente de calor adquiera más protagonismo. En la Figura 3 se puede apreciar la disipación de calor del cuerpo humano en función de la temperatura.

Figura 3. Disipación de calor del cuerpo humano.



Fuente: Climatización a la medida. Consultado: Enero 10 de 2014 en: (<http://www.mundohvacr.com.mx>).

2.5.4.3 Velocidad del aire. La velocidad del aire aumenta el coeficiente de transferencia de calor por convección; por tanto se incrementa el calor disipado con respecto a una situación donde el aire se encuentre en reposo. Esta velocidad del aire es considerada como $0.25 [m/s]$ a una altura de dos metros. Una velocidad inferior a $0.1 [m/s]$ [1] crea una sensación molesta de confort debido a la falta de aire circundante.

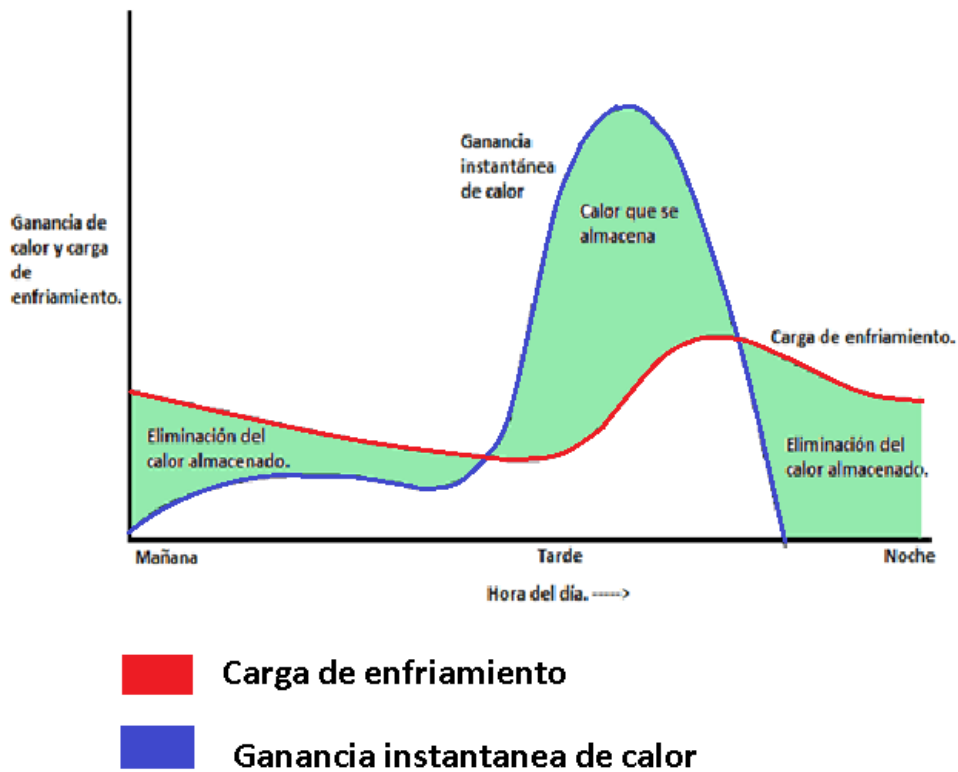
2.5.4 Temperatura de pared y objetos. El calor radiado por las paredes y los objetos depende mucho de la temperatura superficial de estos, es decir, cuando más caliente esté la superficie, más energía emitirá al ambiente, en consecuencia incrementa la sensación térmica de las personas que se encuentren en el espacio [14].

2.5.5 Calidad del aire. Otro factor que tiene gran relación con el concepto de confort es la calidad del aire. Se debe realizar un proceso de filtración del aire y gases contaminantes por medios de sustancias químicas absorbentes o introduciendo un flujo de aire externo al recinto. Esto logrará que se eliminen los malos olores y el aire contaminado [14].

2.5.6 Ganancias térmicas. La ganancia térmica se define como el calor ganado en un recinto a través de diferentes componentes que intervienen y alteran las condiciones de confort, luego es necesario extraer estas ganancias de calor para mantener la comodidad. El calor extraído del recinto se denomina carga de enfriamiento (es la energía utilizada para evitar el aumento de la temperatura y la humedad dentro del lugar), existe también la carga de calefacción que es prácticamente lo contrario, introducir calor al espacio para calentarlo cuando se encuentra en invierno [14].

En la Figura 4 se puede apreciar el comportamiento de la ganancia instantánea de calor y la carga de enfriamiento a lo largo del día. En las horas de la mañana y noche se elimina el calor almacenado. En la tarde la ganancia instantánea de calor se incrementa considerablemente debido a las cargas térmicas presentes en el edificio.

Figura 4. Comportamiento de la ganancia de calor y la carga de enfriamiento.



Fuente: Tomada y editada de Acondicionamiento de aire, Principios y sistemas. Edward Pita. Capítulo 6. Ganancia de calor en recintos. 1994.

Resulta muy significativo tomar en cuenta el efecto de acumulación de calor, puesto que puede provocar cargas reales considerablemente menores. El efecto de almacenamiento de calor se puede estimar como un periodo de retraso del calor, es decir, que el calor recibido en el recinto se retarda en el tiempo antes de alcanzar el aire del mismo.

Las variables que afectan la ganancia de calor en el recinto son los siguientes:

- Conducción a través de paredes, vidrios y techo.
- Conducción a través de divisiones internas, cielos rasos y pisos.
- Radiación solar a través de vidrios.
- Iluminación.
- Personas.
- Equipos.
- Infiltraciones.

2.6 DISEÑO PASIVO DE LOS EDIFICIOS.

Sabemos que la finalidad de un edificio es acoger a cierta cantidad de personas y aislarlos de las condiciones climáticas del exterior creando así un clima interior propio. Cuando las condiciones del exterior alteran el confort del espacio interior del edificio se recurren a los sistemas de refrigeración y calefacción, luego el papel principal del diseño pasivo es minimizar el funcionamiento de estos sistemas y la energía que utilizan por medio de recomendaciones arquitectónicas.

El diseño pasivo es un método utilizado en la arquitectura con el fin de desarrollar edificios que obtengan su acondicionamiento a través de procesos naturales, utilizando al máximo las condiciones climáticas locales. Los elementos a

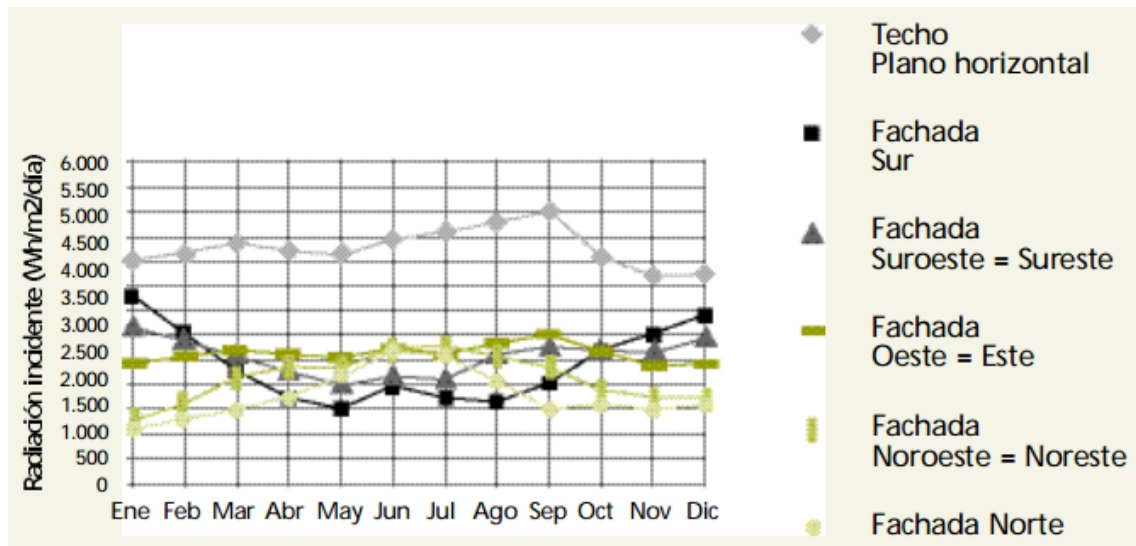
considerar incluyen el sol, la orientación, el viento y los componentes propios del edificio tales como ventanas, techos y paredes [18].

A continuación se explican algunas recomendaciones del diseño arquitectónico en los diferentes componentes de un edificio, que permiten, un alivio en la ganancia térmica de calor solar.

2.6.1 Asentamiento y forma

La existencia de componentes del entorno metropolitano y ambiental tales como flora, edificios y elevaciones montañosas generan sombras en el terreno que pueden ser aprovechados como protectores solares.

Figura 5. Ganancia solar mensual en superficies de la envolvente.



Fuente: Manual para edificaciones energéticamente eficientes en el trópico, consultado: Febrero 19 del 2014 en (<http://www.fau.ucv.ve>)

Las superficies las cuales los rayos del sol inciden de forma ortogonal tienen una ganancia térmica solar superior, es decir, en los techos y paredes oriente y occidente durante todo el año. En la pared sur en los meses de noviembre, diciembre y enero. Por lo tanto es recomendable reducir las fachadas al oriente y occidente para aminorar la exposición al sol cuando se encuentra en su ángulo más bajo. En la Figura 5 se puede observar la radiación incidente en la superficie para una latitud de 10°, muy parecida a la de Bucaramanga.

Se puede mejorar el microclima del terreno con el fomento de masas de vegetación, espejos de agua, setos⁸, jardineras y otros elementos. El sombreado de paredes y techos con la vegetación puede reducir las ganancias de calor solar.

Con cuerpos de concreto en distintos planos, con resalte y entrantes, generan un aglomerado de sombras propias, que merman la asimilación de calor a través de la envolvente y favorecen ambientes interiores menos calurosos. Las jardineras producen también sombra pero tienen un valor agregado, porque su masa de tierra y concreto conservan las ganancias de calor solar [11], tal y como se aprecia en la Figura 6.

⁸ Un seto es una asociación de arbustos o árboles generalmente establecidos y mantenidos para formar una cerca o barrera.

Figura 6. Fachadas con salientes volumétricos.



Fuente: JBA, consultado: 19 de febrero del 2014 en (<http://jb-a.cl/obras/edificio-san-pedro/>)

2.6.2 Ambientes interiores

Si se desea evaluar la ganancia de calor solar en el interior de cada uno de los espacios que constituyen una edificación, se debe tener en cuenta el posicionamiento solar a lo largo del día durante todo el año. Es significativo considerar el tipo de actividad y el perfil de ocupación de cada espacio, de modo que se constituyan equitativamente los procesos de iluminación natural con las temperaturas apropiadas, para lograr una optimización del modo de uso del recinto.

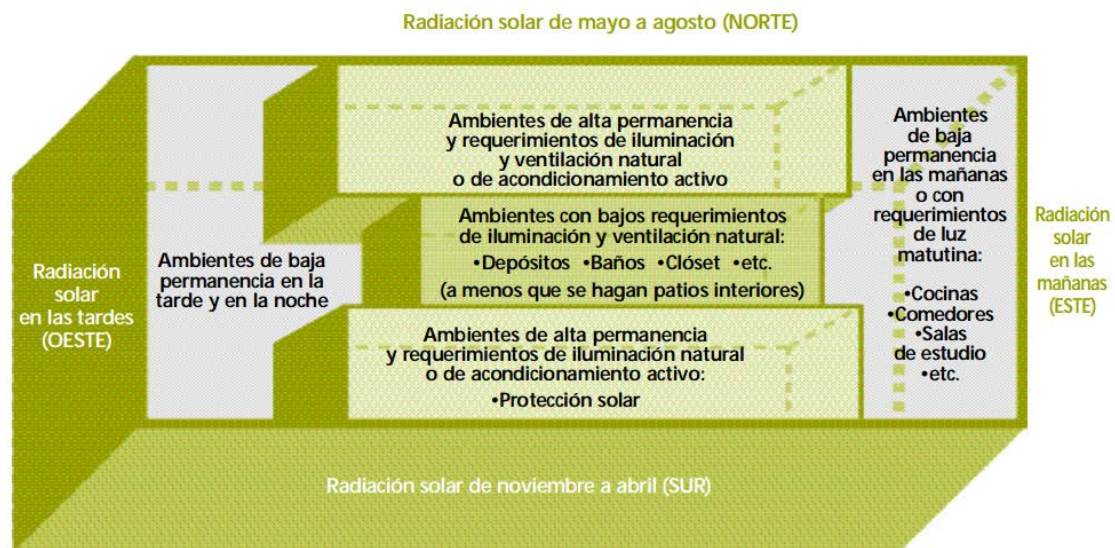
Los entornos que son usados por poco tiempo, tales como áreas de servicio y garaje, corredores, salas de visitas, se deben ubicar en la región oriente y occidente de la construcción, donde ejercen como amortiguadores de las ganancias de calor.

En las zonas norte y sur se pueden colocar los espacios con alta ocupación. Estos ambientes tendrán menos ganancia de calor, por tanto se reduce la carga de enfriamiento en caso de que tengan acondicionamiento activo.

En la Figura 7 se presenta una distribución básica de las posibles ubicaciones de los espacios dentro de una edificación.

Los recintos interiores deben adaptarse a las necesidades de iluminación natural de las personas, es decir, las actividades con altos requerimientos de iluminación deben ubicarse en las zonas perimetrales del inmueble donde el acceso de luz será mayor, por esta razón la región con menor necesidad de iluminación (pasillos, depósitos, baños, etc.) se colocan en el interior [11].

Figura 7. Recomendación de la ubicación de diferentes zonas según la actividad.



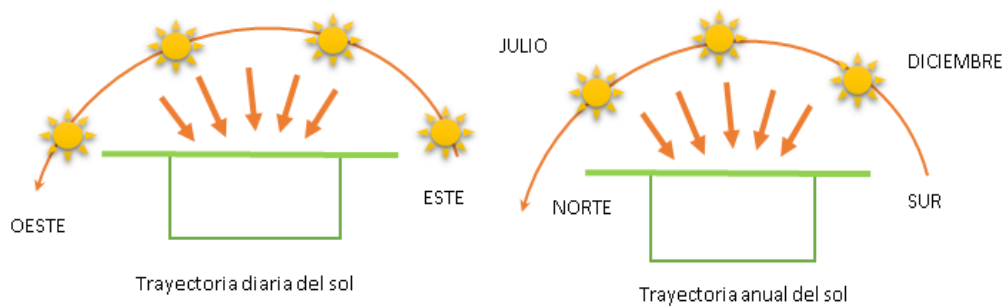
Fuente: Manual para edificaciones energéticamente eficientes en el trópico, consultado: Febrero 19 del 2014 en (<http://www.fau.ucv.ve>)

2.6.3 Techos

A través del techo puede ingresar gran cantidad de calor al ambiente interior, puesto que recibe radiación en cualquier época del año debido a su posición, por tanto alcanza temperaturas elevadas en la superficie. Es la mayor fuente de calor, pues la ganancia de calor que aporta a la edificación llega a ser de 1/3 del total provocando altas temperaturas en el interior.

Es recomendado utilizar en las zonas ecuatoriales techos inclinados, pues reciben hasta un 50% menos de calor que los techos horizontales [11], esto sucede porque estas superficies acogen los rayos del sol casi perpendicularmente alcanzando la máxima intensidad solar. Durante todo el día para todo el año como se puede apreciar en la Figura 8.

Figura 8. Incidencia solar sobre un techo plano en el trópico.



Fuente: Autores.

La elección apropiada de los materiales para el techo, debe tomar en cuenta el horario de uso y el tipo de acondicionamiento, en concordancia a las siguientes pautas básicas:

- En construcciones de uso diurno y nocturno sugiere trabajar con materiales que tengan inercia térmica débil o media que no almacenen calor durante el

día, para que en la noche no se descargue la onda de calor en el recinto, puesto que es cuando se encuentra ocupado.

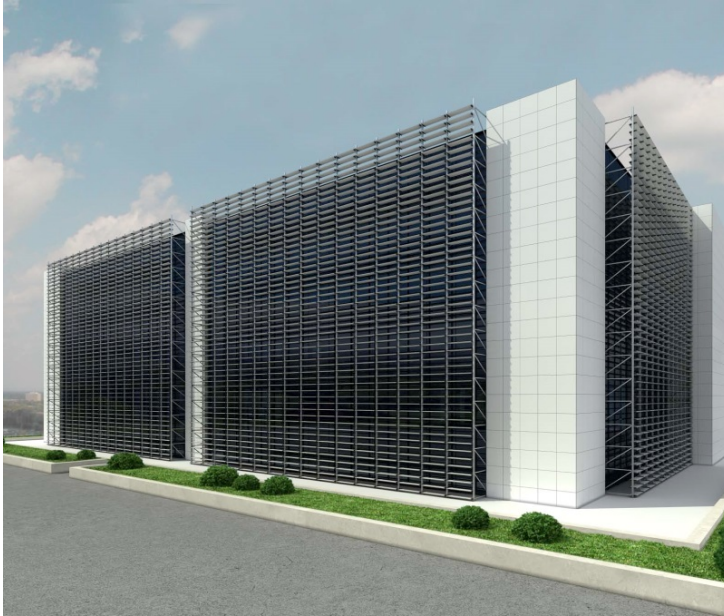
- Para los edificios de uso diurno es preferible trabajar con materiales de inercia térmica media o fuerte que acumule calor durante el día y retarda la onda de calor para las horas de la noche, cuando está desocupada.

2.6.4 Paredes

Las paredes al igual que los techos se encuentran expuestas la mayor parte del día a la radiación solar, sobre todo los grandes edificios. La fachada oriente y occidente obtienen elevadas ganancias térmicas, debido a que los rayos caen de una forma más directa durante una buena parte del día. Una porción de la ganancia de calor es absorbida por los elementos opacos y reirradiados a los ambientes interiores [11].

Una sugerencia para reducir las cargas de enfriamiento en edificios de oficinas es el uso de doble fachada, como la que se contempla en la Figura 9, donde poseen una fachada exterior, porosa al aire, que filtra el sol al cerramiento interior conformado por vidrio, en la mayoría de los casos.

Figura 9. Edificio con fachada doble.



Fuente: PORCELANOSA Grupo, consultado: febrero 19 del 2013 en (<http://www.porcelanosa-blog.com>)

La tonalidad y materiales oscuros absorben más calor, por tanto la superficie exterior debe ser de una alta reflectancia⁹, diferente a la reflectividad¹⁰. Para realizar esto, se sugiere utilizar pintura blanca, puesto que reflejan entre un 70% y 80% de la radiación solar incidente [11].

Colocar aislamiento en paredes con alto recalentamiento puede llegar a disminuir la temperatura interior. Utilizando entre dos o tres centímetros de aislante en la superficie externa antes del acabado visible.

La fachada de vidrio es una técnica muy costosa y se debe utilizar racionalmente en climas cálidos, puesto que según la tecnología del vidrio este puede captar una gran cantidad de irradiación proveniente del sol y re-irradiarlo hacia el interior.

⁹ Reflectancia es la relación entre la potencia electromagnética incidente con respecto a la potencia que es reflejada en una interfaz.

¹⁰ En fotometría y en transferencia de calor, la reflectividad es la fracción de radiación incidente reflejada por una superficie.

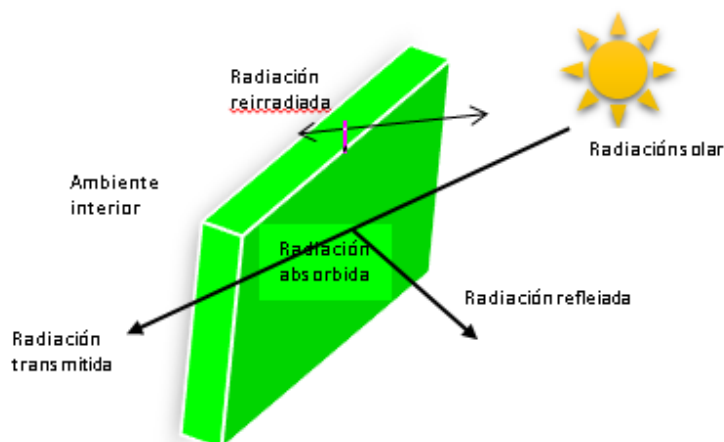
Debe ser utilizado solo en fachadas norte y casualmente en fachadas sur. El abuso de este ventanaje sin protección solar en países con clima cálido; induce altos costos energéticos y económicos, pues resulta muy costosa su instalación, uso y mantenimiento [11].

2.6.5 Ventanas

Las recomendaciones que reducen las ganancias solares relacionadas con el sombreado, ubicación y orientación de las ventanas y con la calidad de los vidrios, deben ser acordes con las técnicas de implantación y asignación de los espacios interiores. La integración de estas estrategias es la forma más efectiva de alcanzar el confort térmico y lumínico en forma natural.

Dependiendo de las características del vidrio, la radiación que llega a una ventana es reflejada, transmitida y/o absorbida, por ultimo re-irradiada, como se observa en la Figura 10.

Figura 10. Comportamiento térmico.

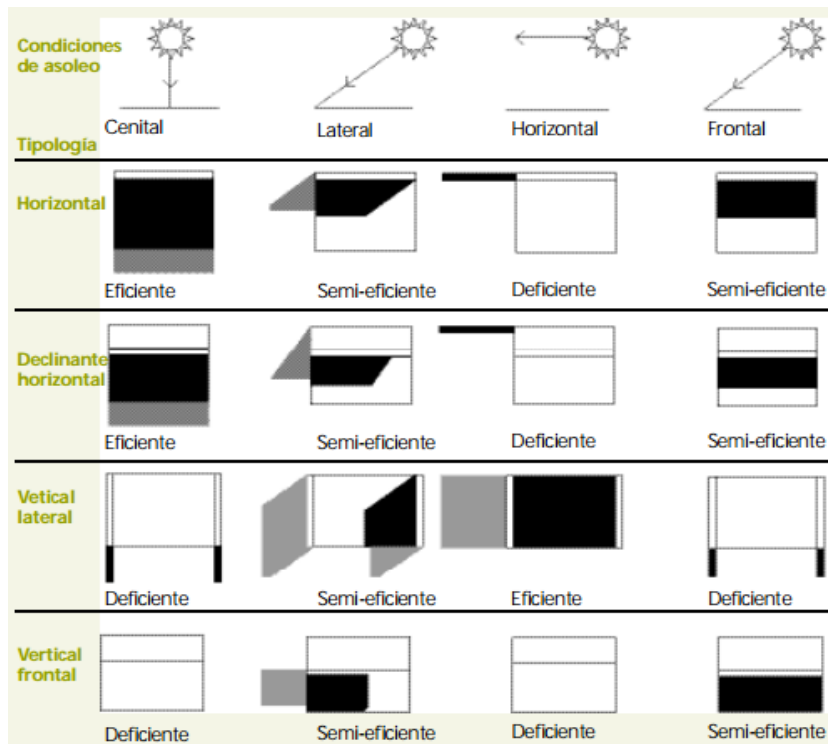


Fuente: Autores.

La mejor estrategia para beneficiar la calidad térmica y lumínica de los ambientes- y para evitar que el sistema de enfriamiento consuma gran cantidad de energía- es preservar las ventanas y fachadas de la radiación solar. En las orientaciones este y oeste se deben limitar el área de ventanas sin parasoles; o por defecto se puede utilizar cristales de alta tecnología [11].

Los protectores solares exteriores son el procedimiento más efectivo para disminuir las ganancias solares a través de las ventanas y rendijas. Esta reducción puede estimarse hasta en 80% en el caso de ventanas con vidrios claros simples (ASHRAE 1989). Para esto se deben adecuar a la latitud del sitio, es decir, al posicionamiento solar durante el año, y a la orientación donde se desea colocar el protector solar.

Figura 11. Eficiencia de los diferentes tipos de protectores solares.



Fuente: Manual para edificaciones energéticamente eficientes en el trópico, consultado: Febrero 19 del 2014 en (<http://www.fau.ucv.ve>)

Existen simuladores virtuales que evalúan la eficiencia de los protectores en la obstrucción solar y en la disminución de las cargas de enfriamiento. En la Figura 11 mostrada a continuación aparece la eficiencia de los diferentes tipos de protectores solares según la posición del sol y la orientación de la fachada.

Los parasoles móviles son una buena solución para el trópico, donde los rayos solares son fuertes todo el año y lo que varía es el ángulo de incidencia. Estos se pueden adecuar a las exigencias de protección solar a lo largo del año, por medio de mecanismos de adaptación.

Componentes interiores en ventanas –tales como cortinas, persianas, mallas y pantallas- evitan que la luz solar directa ingrese a los espacios, y así reducir un poco la ganancia térmica. Por otra parte, estos elementos permiten que el aire circundante entre la ventana y la persiana se caliente, y casualmente, se transmite al interior del ambiente [11].

2.7 COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO DE LOS EDIFICIOS.

Los aspectos más representativos en la interacción energética del edificio con el ambiente son: su forma, volumen, orientación, situación geográfica, distribución de espacios, materiales constructivos, color de fachada, tamaño de aberturas, tipo de aislamiento aplicado, entre otros; ya que a través de estos elementos el edificio intercambia calor, rechaza o acumula, según las condiciones externas del ambiente.

A modo de ejemplo, un edificio que se encuentre en un clima ecuatorial con determinadas características arquitectónicas, no presentará el mismo consumo de energía que un edificio situado en un lugar con un clima gélido, el cual está construido exactamente igual que el primero, esto quiere decir, que las

necesidades energéticas dependen primordialmente de las condiciones ambientales exteriores e interiores de la locación [10].

2.7.1 Refrigeración.

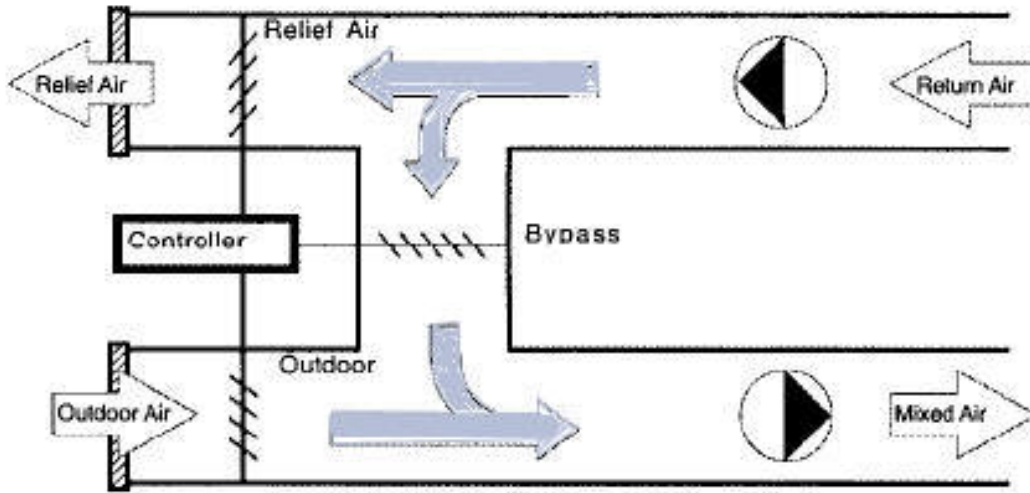
Para disminuir el consumo energético durante la vida útil de un equipo de aire acondicionado es indispensable evitar la infiltración del aire exterior hacia el edificio. Utilizando, si es posible, un adecuado aislamiento térmico, además el sistema debe estar bien diseñado, proyectado y ejecutado y poseer equipos altamente eficientes. A todo esto se le debe sumar una correcta operación mediante el adecuado ajuste de la temperatura en el recinto, velocidad de distribución de fluidos, tiempos de uso y sistemas de control óptimos.

En los proyectos se debe realizar previamente un balance energético contra un análisis económico, con el fin de seleccionar la opción más conveniente. Es importante, en cada instante, suplir las necesidades de refrigeración con el nivel de potencia óptimo, lo cual genera el rendimiento máximo del sistema.

Existen dos tipos de sistemas de refrigeración que se pueden considerar energéticamente viables para contribuir con la eficiencia energética de las edificaciones [10]. Estos son:

2.7.1.1 Free-Cooling. Es un sistema de refrigeración con bajo consumo energético, el cual consiste en tomar el aire exterior cuando hay condiciones ambientales favorables aprovechando su baja entalpía, y lo hace circular por el ambiente obteniendo el confort necesario. De esta manera se reduce el uso de los equipos [10].

Figura 12. Esquema de funcionamiento básico de Free-Cooling.



Fuente: Free Cooling. Consultado: Diciembre 18 de 2013 en: (<http://www.construmatica.com>).

En el esquema de la Figura 12 se puede observar el procedimiento de Free-Cooling. Básicamente el aire de retorno impulsado por un ventilador es mezclado con el aire proveniente del exterior el cual atraviesa una persiana que determina el caudal necesario de mezcla, si en un caso dado el flujo de aire exterior es grande el controlador actúa cerrando un poco la persiana del bypass y así reduciendo su flujo, en consecuencia se abre la persiana del aire de alivio para expulsar el flujo de exceso en el sistema.

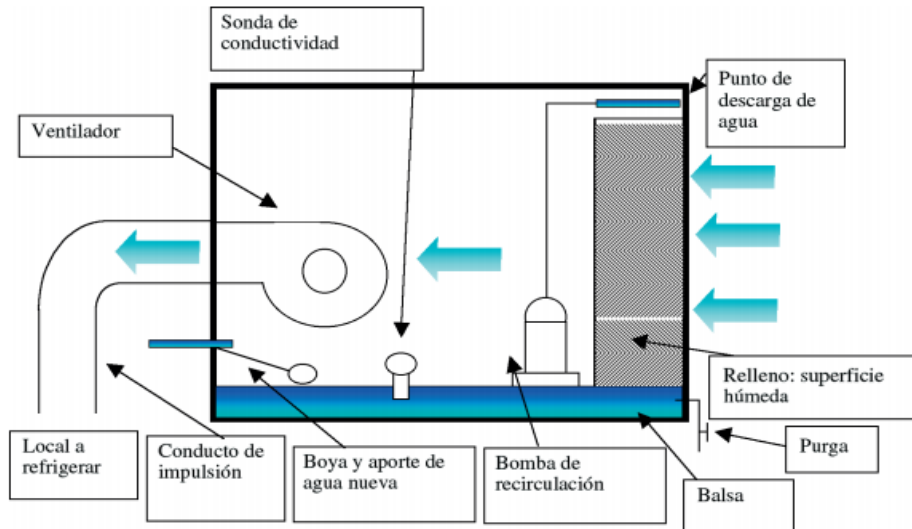
Se pueden plantear dos casos para la operación de los sistemas Free-Cooling

- Temperatura del aire exterior menor que la del aire de impulsión.
- Temperatura del aire exterior mayor que la temperatura del aire de impulsión, pero menor que la del aire de retorno de los locales.

2.7.1.2 Enfriamiento evaporativo. El enfriamiento evaporativo ocurre cuando existe un contacto directo entre el agua y una corriente de aire caliente. A continuación hay un enfriamiento sensible del aire debido a que se utiliza calor de este para la evaporación de una cantidad determinada de agua. Para que suceda este proceso de forma efectiva el contacto entre el agua y el aire debe ser sobre una superficie de gran extensión de manera que aumente el contacto entre ellos, y el proceso de transferencia de calor será adiabático; esto quiere decir que el aire conserva su misma temperatura de bulbo húmedo o entalpía constante [10].

La Figura 13 representa un esquema de un sistema evaporativo. Está compuesto por un elemento de humectación o relleno, un ventilador y un dispersor del agua con su respectiva bomba y tuberías, estos componentes se pueden encontrar en las torres de enfriamiento.

Figura 13. Esquema de enfriador evaporativo.



Fuente: Agentes Biológicos. Consultado: Diciembre 15 de 2013 en: (<http://www.msssi.gob.es>)

2.7.2 Aislamiento térmico de edificios.

El aislamiento resulta muy esencial a la hora de ahorrar energía en la refrigeración o calefacción de un recinto, porque reduce las pérdidas de calor del edificio. En general los materiales de aislamiento son de origen mineral u orgánico: piedra pómez, fibra de cristal, corcho, poliestireno, poliuretano, perlita, entre otros [10]. Su estructura puede variar según el material; los hay de espuma o como paneles rígidos, como se observa en la Figura 14.

Figura 14. Aislamiento térmico tipo sándwich: madera contrachapada / espuma (para aislamiento acústico y térmico).



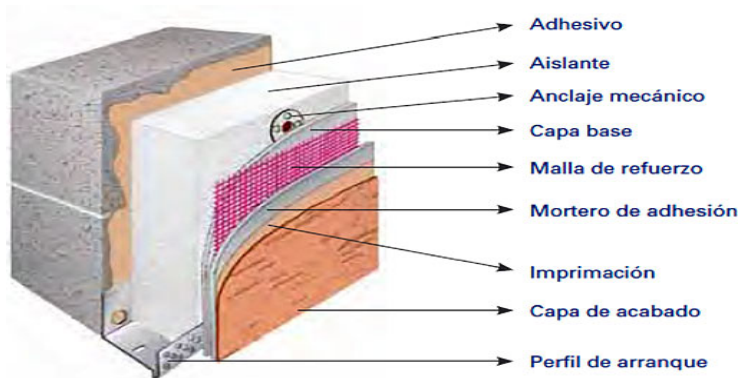
Fuente: Panel sándwich. Consultado: Diciembre 14 de 2013 en:(<http://www.nauticexpo.es>)

2.7.3 Exterior de la fachada.

Consiste en la fijación de una capa de aislamiento en la parte externa de las paredes cubriéndolas con un acabado específico, por ejemplo el yeso, el cual es uno de los aislamientos más apropiados para este tipo de paredes. Entre sus funciones está eliminar los puentes térmicos¹¹ que se encuentran en la edificación y así prevenir la condensación; también reduce la variación de la temperatura mejorando la capacidad térmica del edificio [10].

Es más conveniente aislar cuando se habita continuamente el edificio. Esta aplicación de aislamiento genera una inercia térmica lo cual ayuda a estabilizar de modo más efectivo las temperaturas dentro del recinto y reducir la energía para la refrigeración del edificio. La Figura 15 hace referencia a un montaje de aislamiento térmico del edificio por el exterior.

Figura 15. Aislamiento térmico por el exterior de un edificio.



Fuente: Aislamiento térmico por el exterior del edificio. Consultado: Noviembre 18 de 2013 en: (<http://www.solucionesespeciales.net>).

¹¹ Un puente térmico es la zona donde el calor se transmite más fácilmente, ya sea por la naturaleza del material (conductividad) o el espesor del mismo.

Realizar el montaje de aislamiento por el exterior de las paredes induce a las siguientes particularidades:

- No se reduce el área útil del edificio.
- Se evitan todos los puentes térmicos con ello las paredes frías y la falta de confort asociado a esto, además se evita la condensación superficial e incluso el moho.
- Se aprovecha toda la inercia térmica del soporte (capacidad calorífica de los materiales de construcción).

2.7.4 Interior de la fachada

Consiste en la fijación de una capa de aislamiento en la parte interna de las paredes cubriéndolas con un acabado específico. Al efectuar el montaje por el interior, puede restringirse a una parte del inmueble, es decir, un cuarto o solo un apartamento. En consecuencia, se trata de una obra menor y no requiere un permiso de la comunidad de vecinos [10].

Se recomienda este tipo de aplicación, especialmente, en los siguientes casos:

- Cuando se realicen trabajos en el interior del edificio.
- Cuando no se necesite hacer trabajos en el exterior del edificio.
- Si al realizar un estudio del ahorro energético es favorable en comparación con la inversión.

Trabajar en el interior de la edificación presenta las siguientes particularidades:

- Instalando el aislamiento puede presentarse una reducción en el área útil de la edificación.
- La corrección de los puentes térmicos se dificulta, debido al elevado riesgo de formación de condensaciones superficiales.

2.7.5 Sistemas de iluminación

En el campo de la iluminación hay gran posibilidad de mejora, ya que se calcula un ahorro del 40% con respecto a los actuales sistemas instalados y un agregado del 7% que representa el gasto energético del edificio en iluminación [10].

Como la iluminación es un bien común para todos los usuarios resulta muy significativo realizar un plan de medidas de ahorro. Un ejemplo de estas medidas puede ser el empleo de luminarias de alto rendimiento las cuales utilicen equipos de bajo consumo y lámparas de alta relación lumen/vatio y el empleo de sistemas de regulación y control adecuado a las estancias que se van a iluminar.

Para su aprovechamiento adecuado es indispensable colocar ventanas, claraboyas o aberturas en lugares estratégicos. Si desea conseguir un sistema realmente eficiente se debe tener un equilibrio entre la iluminación natural y la artificial, lo que se puede lograr mediante un plan de gestión y control de la luz artificial.

2.8 CERTIFICACIÓN *LEED*.

Los lineamientos *LEED* son un sistema de calificación de construcciones de mayor aceptación en Estados Unidos. Se ha convertido en un programa para el diseño y herramienta de certificación a cargo de terceros, teniendo como propósito mejorar el bienestar de los ocupantes, el desempeño medio-ambiental, el uso eficiente de la energía y el rendimiento a nivel económico de los edificios. Por medio del uso de las normas, tecnologías y métodos bien desarrollados e innovadores. Esto la ha hecho la favorita de muchas entidades las cuales la están aplicando para sus edificaciones [12].

El programa *LEED* promueve prácticas de construcción y diseño integradas que fomentan la elaboración de edificaciones ecológicas. En el programa *LEED* el diseño ecológico no solo muestra un impacto positivo a nivel ecológico y de salud pública, sino que también disminuye los costos operativos, puede aumentar la productividad de los ocupantes con la mejora del confort del espacio y sobre todo contribuye a la creación de una comunidad sustentable.

La organización USGBC¹² tiene conformado unos estándares de calificación dependiendo del tipo de edificación y sus características, ya que cada uno de ellos es diferente en su estructura, materiales y uso. En la Tabla 4 se muestran los lineamientos en los que está basada la *LEED*.

A partir del análisis y evaluación los edificios reciben una certificación y una clasificación según los puntos obtenidos en dicha evaluación. El sistema incentiva a un enfoque completo de sostenibilidad, al exigir capacidades en seis áreas diversas, las cuales conjuntamente hacen de la edificación una construcción más integral. A continuación en la Figura 16 se ven claramente los seis ítems de la *LEED* para evaluar.

¹² U.S. GREEN BUILDING COUNCIL (Consejo de la Construcción Ecológica de Estados Unidos)

Tabla 4. Estándares *LEED*

<i>LEED-NC</i>	Edificios de oficina.
<i>LEED-EB</i>	Funcionamiento y mantenimiento de edificios existentes.
<i>LEED-CI</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Remodelaciones Interiores. • Confort Térmico. • Acceso a la luz del día y vista exterior. • Minimización de los Contaminantes Interiores. • Controlabilidad de la Iluminación y la Temperatura.
<i>LEED-CS</i>	Envoltorio y Estructura.
<i>LEED-H</i>	Viviendas Unifamiliares.
<i>LEED-ND</i>	Desarrollo de urbanismos.
<i>LEED</i>	Para escuelas, comercio y hospitales.

Fuente: Autores.

Figura 16. Categorías de los estándares de evaluación *LEED*.



Fuente: Autores.

Los lineamientos *LEED* establecen los diferentes requisitos, propósitos y las tecnologías que debe aplicar el edificio evaluado para obtener los diferentes créditos. Cada crédito comprende uno o más puntos y estos se obtienen al cumplir los requerimientos específicos [12].

La cantidad de puntos obtenidos determina el nivel de certificación *LEED* que se le otorga al proyecto. Los puntos están distribuidos como se muestra en la Figura 17.

Figura 17. Niveles de certificación *LEED*.



Fuentes: *LEED is taking the LEAD in developing Green Engineering Ideas*. Consultado: Noviembre 16 de 2013 en: (<http://psme-wrsa.org/archives/252>).

2.9 SOFTWARE *eQUEST*.

El software *eQUEST*¹³ fue diseñado para realizar análisis energéticos de edificaciones, que ofrece resultados de alta calidad mediante el uso de asistentes de diseño, asistentes para medir eficiencias energéticas y resultados gráficos.

¹³ *eQUEST* (The Quick Energy Simulation Tool)

Todo esto posible debido a la mejora del software DOE¹⁴ 2.2 el cual se usa como motor para la simulación.

DOE 2 es un programa de cálculo térmico y energético, el cual fue lanzado por primera vez a finales de 1970 y se utilizó como punto de partida para el uso de herramientas, para la simulación térmica. El asistente que permite la creación del edificio, complemento del DOE, permite que el usuario ingrese o seleccione los datos para crear el modelo virtual en 3D.

El DOE 2.2 es el encargado de generar la simulación hora-hora de las cargas internas, horarios de iluminación y ventilación, permitiendo al mismo tiempo generar una simulación del funcionamiento de dispositivos como ventiladores, bombas, enfriadores, entre otros, que consumen energía.

Este software tiene la ventaja de permitir al usuario crear múltiples simulaciones y ver sus respectivos resultados mediante tablas paramétricas y gráficos. Para esto realiza una estimación del costo de energía, iluminación natural y eléctrica, y realiza un balance acerca de medidas de eficiencia energética.

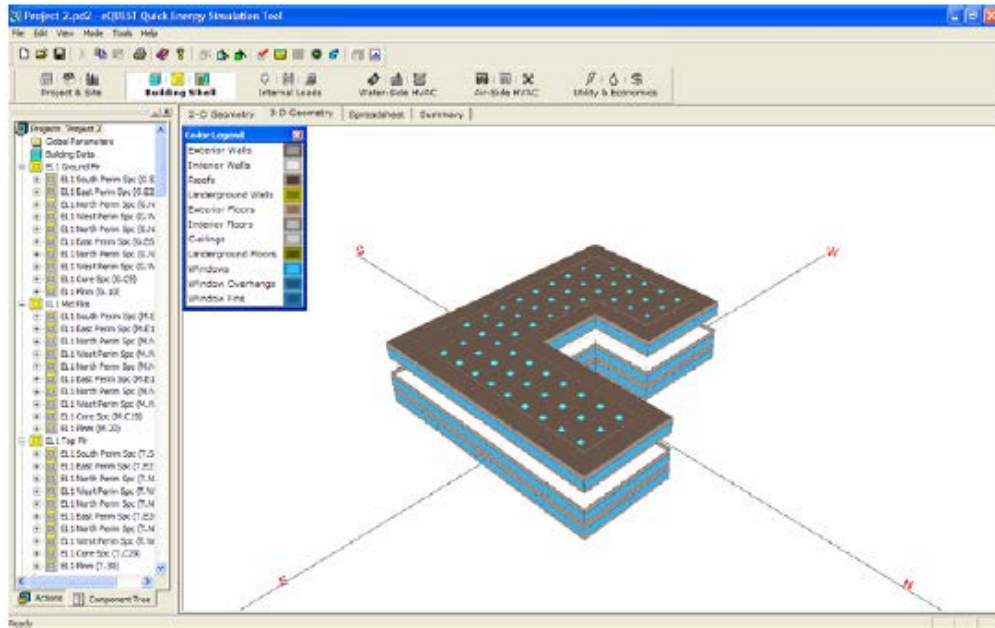
Fue diseñado para realizar análisis detallado de las tecnologías de la construcción mediante técnicas de simulación sofisticadas que conllevan al análisis de edificios con altos rendimientos energéticos y de sostenibilidad.

El proceso de simulación consiste en calcular el consumo de energía del edificio hora a hora durante un periodo de un año, a partir de datos meteorológicos dados según la ubicación del mismo. La entrada de datos al programa radica en una descripción detallada de la construcción a analizar, incluyendo la programación horaria de los ocupantes, la iluminación, los equipos a utilizar y las temperaturas de referencia para mantener un confort al interior de la edificación.

¹⁴ Motor de cálculo del software eQUEST diseñado por Department of Energy (Departamento de Energía de Estados Unidos).

Figura 18. Modelo virtual de un edificio con eQUEST.

Building Shell Module, 3D Tab View



Fuente: eQUEST tutorial.

3. METODOLOGÍA PARA REALIZAR EL ANÁLISIS TÉRMICO DE LA EDIFICACIÓN.

La implementación de una metodología para el desarrollo de este proyecto, nace de la necesidad de garantizar un correcto análisis en un tiempo más corto de ejecución de la simulación, sin embargo hay que tener en cuenta que esta también depende de la precisión en la adquisición de datos. Por tal motivo este capítulo describe la metodología desarrollada para realizar el análisis térmico de la edificación mediante el uso del programa *eQUEST*.

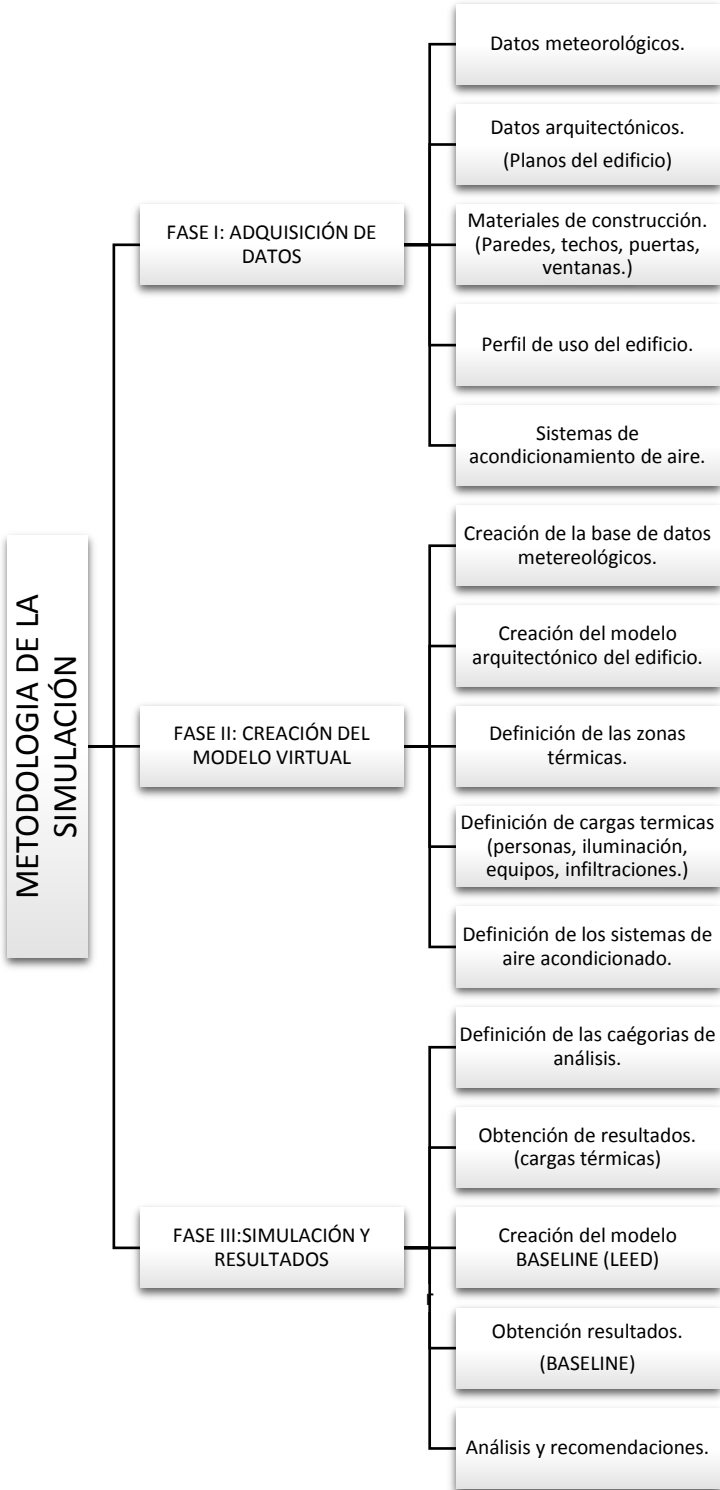
La metodología se encuentra conformada por tres fases principales: fase de adquisición de datos, fase de creación del modelo virtual y fase de simulación y análisis de resultados, las cuales deben ser desarrolladas en el orden especificado, ya que cada una es consecutiva de la otra. En la Figura 19 se presenta un diagrama que describe las fases mencionadas anteriormente.

Recursos necesarios para el desarrollo del proyecto:

- Planos de detalle de la construcción referentes a la geometría del edificio.
- Planos eléctricos y del sistema de aire acondicionado, donde presente especificaciones de los equipos.
- Datos meteorológicos correspondientes a la zona climática de Bucaramanga en formato *.BIN*¹⁵
- Software *eQUEST* diseñado para realizar análisis térmicos a las edificaciones, el cual permite ser personalizado e ingresar datos correspondientes a la zona de Bucaramanga.

¹⁵ Tipo de archivo de la base de datos climáticos.

Figura 19. Etapas de la metodología utilizada en el desarrollo de la simulación.



Fuente: Autores.

3.1 FASE 1: ADQUISICIÓN DE DATOS.

La primera fase tiene el objetivo de recopilar toda la información necesaria para realizar la simulación del edificio en el software *eQUEST*. Para cumplir con esto fue necesario establecer los tópicos de la información requerida y buscar la fuente que suministro.

En esta fase fue de gran importancia conocer que los datos solicitados debían ser ingresados en un orden en especial, por tal motivo se programó su adquisición. El orden y tipo de datos son los siguientes:

3.1.1 Datos meteorológicos

La adquisición de datos meteorológicos fue tediosa debido a que se requería una estación que realice medición de temperaturas, radiación solar, humedad, velocidad del viento y dirección del viento hora a hora durante un año. La única estación ubicada cerca del edificio y que cumple con los requisitos solicitados es la estación meteorológica E3T¹⁶, por lo tanto, los datos fueron tomados de esta estación.

3.1.2 Datos arquitectónicos

Para simular la estructura del edificio fue necesario obtener los planos arquitectónicos y de detalle de cada uno de los pisos; estos se obtuvieron en formato *.pdf* pero el programa requería un formato tipo *.dwg*¹⁷, por lo tanto se

¹⁶ Estación meteorológica de la escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad Industrial de Santander.

¹⁷ AutoCAD Drawing Files.

realizaron nuevamente mediante el software AutoCAD para poderlos ingresar al simulador.

Esta información fue suministrada por la División de Planeación de la Universidad Industrial de Santander. Ver Anexo E.

3.1.3 Materiales de construcción

Esta etapa corresponde a la adquisición de datos referente a materiales de construcción de techos, paredes, pisos, ventanas y puertas; los cuales fueron obtenidos del documento de contratación del edificio. El tipo de vidrios y marcos para ventanas y puertas se obtuvo de los planos de detalle arquitectónicos proporcionados por la División de Planeación de la universidad.

3.1.4 Perfil de uso del edificio

El perfil de uso del edificio fue determinado de forma experimental asistiendo durante los días de la semana, para registrar las horas de uso y cantidad de personas en cada zona, de esta manera se ajustó la información a los perfiles suministrados por el programa.

3.1.5 Sistema de acondicionamiento de aire

El sistema de acondicionamiento de aire es el último tópico que se maneja en el programa, por esta razón corresponde al último dato adquirido en esta fase.

Los planos suministrados por la División de Planeación incluían información correspondiente a la ubicación de los sistemas de aire acondicionado y los datos

técnicos y manuales de cada unidad fueron suministrados por la División de Mantenimiento de la Universidad Industrial de Santander.

3.2 FASE 2 CREACIÓN DEL MODELO VIRTUAL

La creación del modelo virtual corresponde a la segunda fase del análisis, la cual comprende desde la creación de la base de datos meteorológicos hasta la creación del modelo digital del edificio. Esta fase hace uso de los datos obtenidos en la fase anterior y explica el funcionamiento del software.

3.2.1 Creación de la base de datos meteorológicos

Esta etapa es de vital importancia debido a que el programa utilizado para realizar la simulación no contiene en su base de datos información acerca de la zona climática de Bucaramanga y se debe desarrollar antes de comenzar con la creación del edificio, puesto que primero se requiere definir la ubicación del mismo.

Después de obtener los datos meteorológicos en la fase anterior, estos deben ser organizados y ajustados al formato *DOE-2 BIN* mediante el programa *eQWthProc*¹⁸ el cual hace parte de un complemento del DOE2¹⁹.

¹⁸ eQUEST Weather Format Convector.

¹⁹ Motor de cálculo del programa eQUEST

3.2.2 Creación del modelo arquitectónico del edificio.

En esta etapa se busca modelar la parte arquitectónica del edificio, la cual comprende la especificación de áreas, alturas y materiales de construcción.

Debido a la compleja estructura que presenta el edificio, fue necesario dividirlo en tres bloques que representan los tres pisos de igual altura y un cuarto bloque que tiene como característica una altura especial y un techo diferente. Es importante resaltar que el software tiene una gran librería acerca de materiales para la construcción, ventanas y puertas con sus respectivas propiedades; en caso de no tener el material requerido da la opción de ingresar el valor de la resistencia equivalente del mismo.

3.2.3 Definición de las zonas térmicas

Después de realizar la estructura y antes de establecer la carga térmica del edificio, es necesario dividirlo por zonas térmicas para luego ser caracterizadas según su uso.

Estas zonas tienen como criterio de selección el sistema de acondicionamiento de aire presentado en cada una, el cual es posible conocer gracias a los planos de detalle suministrados por la División de Planeación de la universidad.

3.2.4 Definición de cargas térmicas

Esta etapa es una de las más importantes en todo el análisis, ya que reconoce el uso y funcionamiento del edificio. Comprende el cálculo de la carga térmica generada por el sistema de iluminación, equipos de potencia, equipos misceláneos, infiltraciones por aberturas y personas por cada zona térmica

definida en la etapa anterior. Estos cálculos son basados directamente por la norma²⁰ y relacionados con perfiles de uso suministrados por el software.

Es importante resaltar que los datos suministrados son aproximados al funcionamiento real del edificio más no exactos, puesto que el comportamiento puede variar en muchas situaciones.

3.2.5 Definición de los sistemas de aire acondicionado

Gracias a la información suministrada acerca del sistema de aire acondicionado y a la definición de zonas descritas en las etapas anteriores, se realizó la descripción técnica de cada uno de los equipos y fueron asignados a su zona correspondiente, por lo tanto esta etapa tiene a cargo la simulación del sistema que brinda el confort del edificio y permite en la etapa de resultados visualizar el consumo de los equipos utilizados.

Con esta etapa se culmina la fase de simulación de la estructura del edificio junto con el comportamiento de la carga térmica del mismo, y da paso al inicio del análisis de la simulación.

3.3 FASE 3 SIMULACIÓN DE RESULTADOS

Esta fase tiene como objetivo general exponer de manera gráfica y numérica el consumo de energía que presenta el edificio en estudio. También comprende una nueva simulación bajo los lineamientos LEED²¹ y el análisis de sus resultados.

²⁰ ASHRAE

²¹ Leadership in Energy & Environmental Design.

3.3.1 Definición de las categorías de análisis

En esta etapa se establecieron las categorías más relevantes a analizar para obtener resultados específicos.

Se tomó una categoría principal la cual muestra el comportamiento general del edificio y siete categorías específicas donde se tienen en cuenta los equipos del sistema de aire acondicionado, los materiales de construcción de la envolvente, iluminación y cargas de equipos.

3.3.2 Obtención de resultados (carga térmica)

Esta etapa tiene como objetivo hacer uso de la definición de las categorías de análisis y obtener los resultados correspondientes a cada una de ellas, específicamente para el consumo del edificio real.

3.3.3 Aplicación de lineamientos LEED

Esta etapa yace de la necesidad de tener un punto de referencia para evaluar el edificio en estudio. Para esto se realizó un análisis del edificio de forma certificada bajo los lineamientos LEED, los cuales se rigen por la norma ASHRAE 90.1. Esta sugiere realizar una nueva simulación correspondiente al modelo base del edificio con criterios estipulados por la norma, para ser tomado como referencia y poder determinar el porcentaje de rendimiento energético del edificio real.

3.3.4 Obtención de resultados (Baseline)

De la misma manera que se realizó la obtención de resultados para el edificio real, fue necesario establecer las mismas categorías de análisis y obtener resultados de la simulación propuesta por la norma ASHRAE 90.1.

3.3.5 Análisis y recomendaciones

Finalmente para culminar la simulación de los resultados se hace un análisis sobre los mismos con el objetivo de tener un soporte en las recomendaciones dadas acerca de la estructura y funcionamiento del edificio, dando de esta manera un valor agregado a la importancia de la realización de análisis energéticos a las edificaciones.

4. CREACIÓN DEL ARCHIVO DE DATOS METEREOLÓGICOS PARA LA CIUDAD DE BUCARAMANGA

El diseño de la construcción de los edificios y la actuación de los mismos se ve influenciado fuertemente por el comportamiento climático del lugar donde se encuentren ubicados, por tal motivo a la hora de realizar análisis energético a las edificaciones es importante utilizar datos climáticos reales del sitio.

El programa eQUEST está diseñado para trabajar con zonas climáticas pertenecientes a Norteamérica [9], las cuales presentan comportamientos que difieren respecto a la zona donde se encuentra ubicada la ciudad de Bucaramanga. Para soslayar este problema se tiene la opción de ingresar datos meteorológicos correspondientes a otras zonas, permitiendo crear un archivo que contenga las características de la ubicación del edificio ABP²². Para esto se debe conocer primeramente los requisitos exigidos por el programa a la hora de crear el archivo puesto que este debe ser ingresado en un formato especial y con determinados valores de variables.

El procedimiento a seguir para la creación de la base de datos comenzó con la creación de un formato basado en la forma TMY2 [9], el cual es básicamente un archivo de valores separados por comas de Microsoft Excel (.csv). Este formato es necesario para ser ingresado en la aplicación eQWthProc, la cual es usada para realizar la conversión del archivo .csv al formato requerido por el programa eQUEST que es un archivo tipo .bin.²³

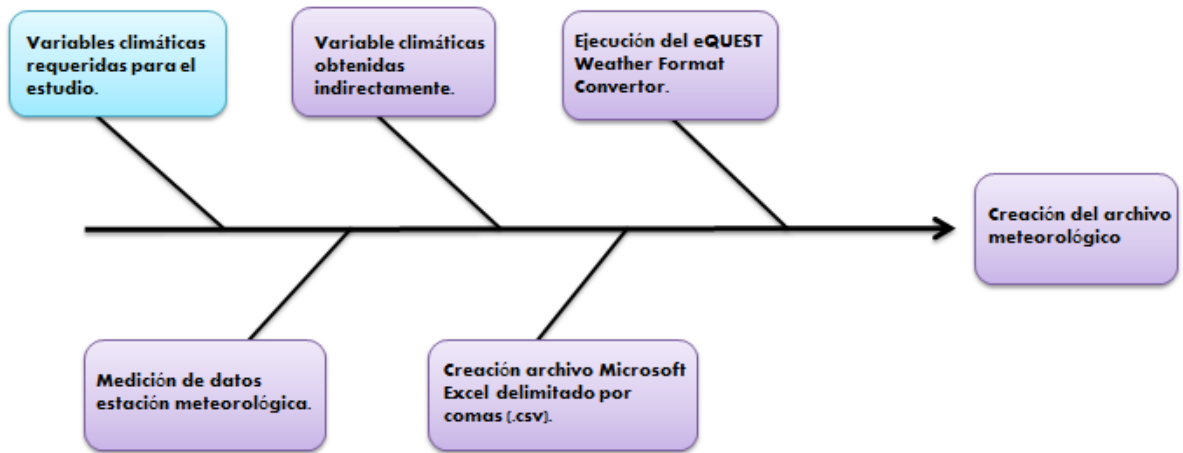
El proceso llevado a cabo para la creación del archivo del clima compatible con el software eQUEST, se resume en la Figura 20. Las etapas allí presentadas se

²² Álvaro Beltrán Pinzón.

²³ eQWthProc, Convert EnergyPlus EPW Files into eQUEST and DOE-2. s.f. <http://www.doe2.com> (último acceso: 13 de Noviembre de 2013).

desarrollan en este capítulo y en el anexo A se describe el procedimiento a seguir en el software.

Figura 20. Diagrama del proceso realizado para la creación del archivo meteorológico.



Fuente: Autor.

4.1 VARIABLES CLIMÁTICAS

Según la exigencia del programa eQUEST, para que los datos meteorológicos sean útiles y se logre procesar la información para el análisis, es necesario que estos sean tomados durante un periodo de un año en intervalos de una hora. Se debe evitar cualquier clase de datos promediados con el fin de dar mayor precisión en los resultados [15].

El programa realiza la conversión de un formato .csv a un formato .bin requiere que el archivo contenga los siguientes datos en el orden especificado y con las unidades descritas, para dar un total de 8760 líneas de datos correspondientes a todas las horas que comprenden un año:

- Mes del año: [1-12]
- Día: [1-30,31 según el mes]
- Hora del día: [0-23]
- Temperatura bulbo seco [C]
- Temperatura bulbo húmedo [F]
- Humedad relativa [%]
- Irradiación solar horizontal global [$\frac{w}{m^2}$]
- Velocidad del viento [$\frac{m}{s}$]
- Dirección del viento [*degrees*]

Además de las variables climáticas descritas anteriormente, el software requiere de datos geográficos que describen la posición del lugar donde está localizada la edificación, como: altitud, longitud, zona horaria y altura sobre el nivel del mar. La Tabla 5 muestra estas variables con sus respectivos valores numéricos para la ciudad de Bucaramanga.

Tabla 5 Datos de la localización geográfica para Bucaramanga.

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	
País	Colombia (COL)
Región/provincia	Santander
Ciudad	Bucaramanga
Fuente de datos	Estación E3T
Latitud [°]	7,13
Longitud [°]	-73,13
Zona Horaria	-5 GTM
Elevación (msnm)	960

Fuente: Autores.

4.2 MEDICIÓN DE DATOS METEOROLÓGICOS

Con base en los datos meteorológicos descritos en la sección anterior, se debe contar con la monitorización de estas variables durante un año para la simulación del edificio en eQUEST, con el propósito de representar lo más real posible el clima presente en el lugar de la edificación. Esto se realiza por medio de una estación meteorológica instalada en las inmediaciones del edificio o lo más cercana posible a este.

Para cumplir con el requerimiento expuesto anteriormente acerca de la estación meteorológica y teniendo en cuenta la disponibilidad de los datos suministrados por ella, se tomó la decisión de obtener los datos captados por la estación

meteorológica ubicada en el edificio de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones (E3T) de la Universidad Industrial de Santander, entre enero 1 de 2010 y diciembre 31 de 2010. Esta estación fue seleccionada debido a que suministró todos los valores solicitados y además es la estación más cercana al edificio en estudio.

4.3 VARIABLES CLIMÁTICAS OBTENIDAS INDIRECTAMENTE

Las estaciones meteorológicas generalmente no están diseñadas para medir todas las variables solicitadas para realizar el archivo del clima solicitado por el software eQUEST, por lo tanto estas deben ser obtenidas por medio de cálculos indirectos utilizando ecuaciones que involucran los datos medidos por la estación. Resulta muy conveniente que el eQWthProc realiza internamente estos cálculos de forma desconocida, obteniendo los datos faltantes y los agrupa junto con los medidos por la estación en el archivo .bin. Los datos calculados indirectamente por el programa son eQWthProc [8]:

- Humedad específica $\left[\frac{Lbmw}{Lbma}\right]$.
- Temperatura bulbo húmedo [F].
- Temperatura punto de rocío [F].
- Radiación solar directa normal $\left[\frac{w}{m^2}\right]$.

A continuación se realiza una breve descripción y las respectivas estimaciones tenidas en cuenta a la hora de obtener los valores de las variables indirectas, en caso que se desarrollaran de forma manual.

4.2.1 Humedad Específica

Es la relación que existe entre la cantidad de masa de vapor de agua y la masa de aire seco. Se representa por medio de ω [7].

$$\omega = \frac{m_v}{m_a} = 0,622 * \left(\frac{P_v}{P - P_v} \right) \left[\frac{kg \text{ Vapor } H_2O}{kg \text{ aire seco}} \right] \quad (1)$$

Dónde:

ω = *Humedad Específica.*

m_v = *masa de vapor de agua.*

m_a = *masa de aire seco.*

P_v = *Presión de vapor de agua.*

p = *Presión atmosférica.*

La humedad específica puede relacionarse con la humedad relativa (ϕ) que es el grado de saturación del aire a una temperatura dada y se puede expresar matemáticamente como la razón entre la humedad específica y la humedad específica de saturación (cuando se ha evaporado toda la masa de agua que puede contener el aire bajo unas condiciones dadas), se define matemáticamente de esta manera:

$$\phi = \frac{\omega}{\omega^*} * 100 \quad (2)$$

Dónde:

ω^* = *Humedad específica en la saturación.*

Otra expresión muy útil para relacionar la humedad específica y la humedad relativa es:

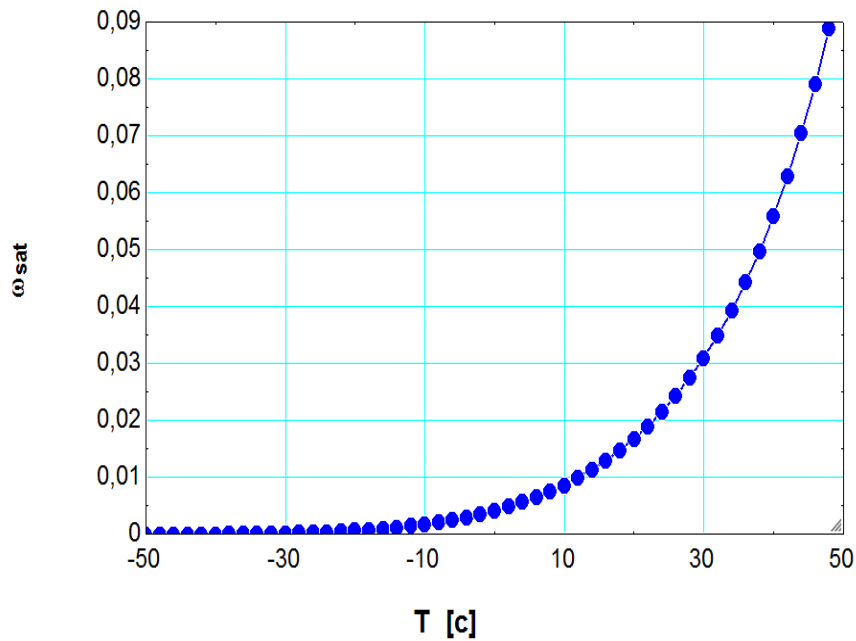
$$\omega = 0.622 * \frac{\phi * P_g}{P - P_g} \quad (3)$$

Dónde:

$$P_g = P_{sat@T}$$

El valor de la humedad relativa se obtiene de la estación meteorológica, por lo que, solo falta obtener la humedad específica de saturación para la respectiva temperatura de bulbo seco cuando la humedad relativa permanece constante.

Figura 21. Humedad específica de saturación Vs Temperatura de bulbo seco.

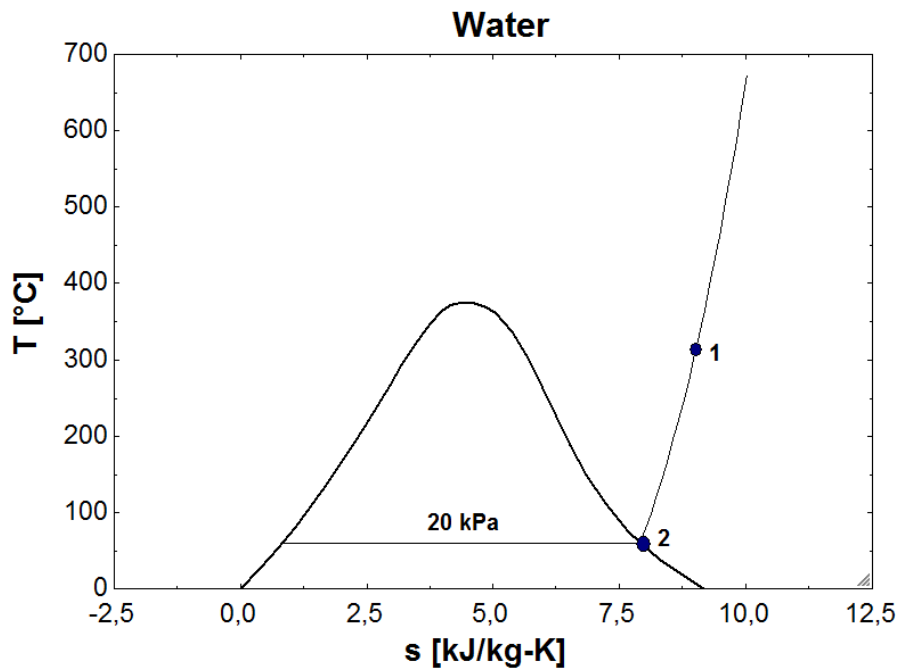


Fuente: Autores.

Para observar cómo se da el comportamiento se utilizó el software EES²⁴, en el cual se creó una tabla de datos donde se varió la temperatura de bulbo seco y se obtuvieron diferentes valores de humedad específica de saturación, permitiendo visualizar que a medida que aumenta la temperatura, el valor de la humedad presenta el mismo comportamiento. La Figura 21 ilustra el comportamiento descrito anteriormente.

4.2.2 Temperatura de punto de rocío [°F]

Figura 22. Diagrama T-s del vapor de agua.



Fuente. Autores.

²⁴ Engineering Equation Solver

El fenómeno de condensación o aparición del rocío se puede comprender muy bien, por medio de la Figura 22, donde se observa el vapor de agua en el aire (estado 1), luego se experimenta un proceso de enfriamiento a presión constante hasta que alcanza la línea de vapor saturado del domo (estado 2), donde empieza la condensación de algo de vapor siendo la temperatura en este punto, la temperatura de punto de rocío.

En conclusión la temperatura de punto de rocío T_{pr} se define como la temperatura donde se inicia la condensación del vapor de agua si el aire se enfría a presión constante. En otras palabras es la temperatura de saturación del agua a la presión del vapor [7].

$$T_{pr} = T_{sat@P_v} \quad (4)$$

4.2.3 Temperatura de bulbo húmedo [F]

Consiste en emplear un termómetro cuyo bulbo está cubierto de una mecha de algodón saturada con agua, se hace circular aire sobre esta hasta alcanzar un punto de equilibrio, luego la temperatura media medida por el termómetro se denomina la temperatura de bulbo húmedo T_{bh} [7].

Durante este proceso la humedad del aire circundante aumentará y su temperatura descenderá, debido a la migración de vapor de agua de la mecha humectada, puesto que parte del calor latente de vaporización del agua que se evapora se obtendrá del aire, después de un tiempo, la pérdida de calor del agua por evaporación es igual a la ganancia de calor del aire y la temperatura de bulbo húmedo del agua se estabiliza. En este momento se mide la temperatura del termómetro y será la temperatura de bulbo húmedo [7].

La temperatura de bulbo húmedo [°C; °F] se halla fácilmente usando un diagrama psicrométrico o tabla psicrométrica [3]. Con los valores de la temperatura del aire [°C] y la humedad relativa del sitio es posible conocer un valor de la depresión psicrométrica, la cual es $(T - T_{bh})$ y por último despejamos la T_{bh} .

4.2.4 Radiación solar normal directa $\left[\frac{W}{m^2}\right]$

Para medir la componente normal directa de la radiación solar (B_N) se supone una superficie imaginaria frente al sol, de tal manera que esta seguirá durante todo el día la trayectoria descrita por el sol, por lo cual, la dirección de la radiación incidente siempre es normal.

La radiación solar normal directa se calcula a partir de la ecuación:

$$B_N = \frac{B_H}{\cos(90 - h)} \quad (5)$$

Dónde: B_H : Radiación solar horizontal directa.

h : Altura solar [°].

La radiación solar horizontal global (G_H) es la adición de la radiación solar directa horizontal (B_H) y difusa horizontal (D_H). Despejando la radiación solar horizontal directa se calcula de la siguiente manera:

$$B_H = G_H - D_H \quad (6)$$

Los ángulos que determinan la posición solar en el sistema de coordenadas polares son la altura solar (h) junto con el azimut (γ). La altura solar es el ángulo que se genera entre el horizonte del observador y el sol y se calcula con la siguiente ecuación:

$$h = \text{sen}^{-1}(\text{sen}\delta * \text{sen}\varphi + \text{cos}\delta * \text{cos}\varphi * \text{cos}\omega) \quad (7)$$

Dónde: δ : Declinación[rad]

$$\varphi = \text{Latitud [rad]}$$

$$\omega = \text{Ángulo horario.}$$

- Declinación (δ): Es la posición angular del sol con respecto al ecuador. Esta se considera positiva cuando el ángulo se sitúa en el hemisferio sur y negativa cuando se sitúa en el hemisferio norte. Se determina mediante la siguiente expresión:

$$\delta = 23.45 * \sin\left(360 * \frac{284+n}{365}\right) \quad (8)$$

Donde n corresponde al día del año en que se desea calcular la declinación.

- Azimut (γ_s): Es el desplazamiento angular sobre la proyección del rayo en el plano horizontal.
- Ángulo Horario (ω): Es el desplazamiento angular del sol este u oeste del meridiano local debido a la rotación. Este: positivo, oeste: negativo. Este se puede determinar mediante la hora solar y la hora local del lugar:

$$\text{hora solar} = 180 - 15 * \text{hora local} \quad (9)$$

$$\omega = (\text{hora solar} - 12) * 15^\circ \quad (10)$$

Finalmente para conocer el valor de la radiación solar normal directa de forma manual, se requiere que la estación meteorológica suministre el valor de la radiación difusa horizontal y de esta manera sería posible calcular todas las variables indirectas. Como se mencionó anteriormente se desconoce la forma como el programa realiza internamente estos cálculos, por lo tanto no se puede asegurar que la forma descrita anteriormente corresponda a la forma de cálculo del programa.

5. DEFINICIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS Y ARQUITECTÓNICAS DEL EDIFICIO.

Antes de comenzar a describir los detalles de la construcción es importante comentar la forma como el software solicita el ingreso de datos. Este se encuentra dividido en cuatros asistentes que se encargan de realizar toda la simulación del edificio desde el diseño y construcción de la estructura, pasando por el análisis energético hasta llegar a la obtención de resultados. En la descripción de las características geométricas y arquitectónicas del edificio, se utiliza únicamente el primer asistente llamado “*Building Creation Wizard*” [15]. En este capítulo se describe la forma como se obtienen cada uno de los datos referentes a las características geométricas y arquitectónicas del inmueble, los cuales se deben ingresar en el programa.

5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EDIFICACIÓN

Debido a que la geometría del edificio es bastante compleja y los requerimientos de la simulación exigen tener en cuenta la mayoría de los detalles arquitectónicos, fue necesario crear un procedimiento para simular de la mejor manera posible todos los requisitos que demanda el diseño del inmueble. Este método consistió en crear el edificio mediante bloques “o cascarones” correspondientes a los pisos del mismo.

El edificio Álvaro Beltrán Pinzón²⁵ está conformado por tres pisos, cada uno con sus respectivos planos. Para ser simulado fue necesario establecer cuatro bloques que representan las características de cada piso. El primero, segundo y tercer bloque, pertenecen a los pisos sótano, piso uno y piso dos respectivamente, ya

²⁵ Edificio ubicado en la sede principal de la Universidad Industrial de Santander conocido también como Caracterización de materiales.

que todos tienen planos diferentes, como se había dicho anteriormente, y su altura debía crearse de forma independiente. El cuarto bloque corresponde al área de la dependencia llamada laboratorio de estructuras, puesto que este presenta una altura correspondiente a la suma de las alturas del primero y segundo piso, y el techo es diferente.

Debido a que los planos arquitectónicos fueron obtenidos en *Adobe Reader*²⁶ fue necesario crearlos nuevamente mediante el software *AutoCAD*²⁷. Después de elaborados se procedió a medir el área, de la vista de planta, de cada uno de los niveles del edificio. La información correspondiente al área y a la altura de cada piso, se encuentra registrada en la Tabla 6.

Tabla 6. Información arquitectónica.

Piso	Área del piso [ft^2].	Altura [ft]
Sótano.	8610	14.8
Primer	8342	14.8
Segundo.	5952	9.8
Laboratorio de estructuras.	2559	24.6
Área total	25463	

Fuente. Autores.

El uso del edificio Álvaro Beltrán Pinzón se determinó de acuerdo a las actividades realizadas en este. Se hizo una inspección de las diferentes dependencias ubicadas en el edificio y se llegó a las siguientes conclusiones de uso: salón de investigaciones, realización de clases, laboratorios para el desarrollo de

²⁶ Adobe® Reader® es el software gratuito estándar utilizado a nivel mundial para visualizar, imprimir y añadir comentarios en documentos PDF.

²⁷ Es un software de CAD líder para diseño CAD, dibujo, modelado, dibujo arquitectónico e ingeniería en 2D y 3D.

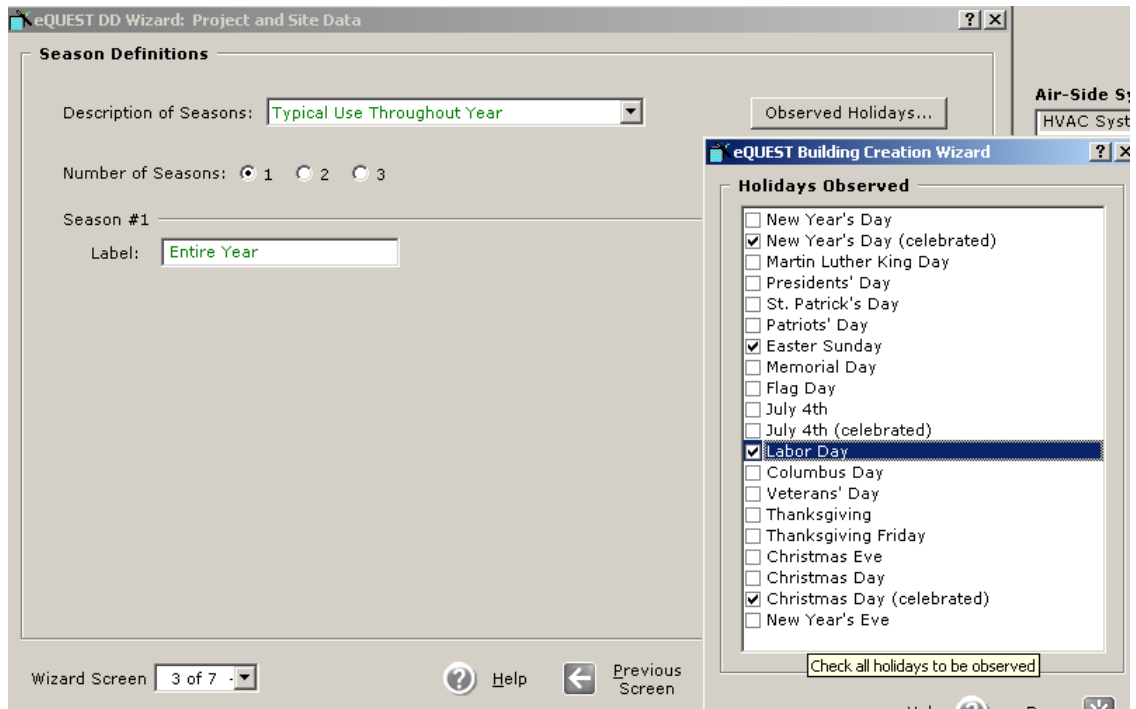
componentes civiles, oficinas de profesores y salón de conferencias; por tal motivo se seleccionó como un edificio de uso mixto para cada uno de los pisos y se estableció un uso especial para cada una de las zonas. Esta clasificación se puede observar en la descripción de las zonas térmicas.

5.2 USO DEL EDIFICIO POR TEMPORADA

El programa permite seleccionar y describir las temporadas del uso del edificio, además de seleccionar los días festivos (*Holidays*) a lo largo del año.

Para el edificio Álvaro Beltrán Pinzón se había estimado dos temporadas de uso a través del año, puesto que este trabaja normalmente dos periodos anuales. Lo anterior se modificó, debido a que actualmente en la universidad el calendario académico se encuentra desplazado de lo habitual; asimismo en el edificio se presta un servicio de análisis de resistencia a materiales de construcción para el público en general, en cualquier época del año, por consiguiente se escogió una sola temporada de uso, a lo largo del año. Esta selección se lleva a cabo en la ventana principal del proyecto, mostrada en la Figura 23.

Figura 23. Selección del número de temporadas por año y días festivos.



Fuente: Autores.

Como se puede apreciar en la Figura 23 el programa también trae unos días festivos adaptados para Estados Unidos, los cuales en su mayoría no son similares a los festejados en Colombia; por tanto se seleccionó solamente las fiestas que se celebran en nuestro país, esto con el fin de tener en cuenta en la simulación los días donde el edificio está desocupado y en teoría es jornada laboral.

5.3 TARIFAS DEL SERVICIO DE ENERGÍA.

Dado que el *software* realiza un estudio del consumo energético con su respectivo costo, es conveniente introducir las tarifas del servicio de energía para el edificio en estudio. Estas tarifas no fueron entregadas por la División de Planeación debido a que la Universidad no permite mostrar esta información a terceros.

Finalmente se logró obtener un solo dato del costo de la energía (el costo de la energía en la universidad es variable durante el día), por tanto se seleccionó en el asistente un cargo uniforme, teniendo en cuenta que los datos completos no están a disposición. En la Figura 24 se muestran la ventana donde se introduce la tarifa de energía.

Figura 24. Tarifa del servicio de energía.

The screenshot shows the 'Electric Utility Charges' window in the eQUEST DD Wizard. The window title is 'eQUEST DD Wizard: Project and Site Data'. The main area contains the following fields and controls:

- Rate Name:** ESSA
- Type:** Uniform Charges (dropdown menu)
- Second Season:** Second Season: _____
- Entire Year:** (checkbox, not checked)
- Customer Charge:** 0.00 \$ / Month (dropdown menu)
- Uniform Charges:**
 - \$ / kW: 0.070
 - \$ / kWh: 252.000000

At the bottom of the window, there is a 'Wizard Screen' dropdown set to '4 of 7', a 'Help' button, and navigation buttons for 'Previous Screen', 'Next Screen', and 'Return to Navigator'.

Fuente: Autores.

Como se observa en la Figura 24 el costo de la energía es como sigue:

$$\frac{\$}{Kwh} = 252 \quad \text{luego} \quad \frac{\$}{Kw} = 0.07.$$

Estos datos serán utilizados por el programa para calcular el costo de la energía anual o mensual según el consumo energético.

5.4 IMPORTACIÓN DEL CAD PARA REALIZAR LA ESTRUCTURA DEL EDIFICIO

Para realizar las diferentes estructuras (los pisos) del edificio fue necesario importar un archivo CAD que describiera la forma de la vista de planta de la estructura a crear [15]. Este archivo se realizó en AutoCAD 2012, debido a su fácil manejo y especialización en la elaboración de planos.

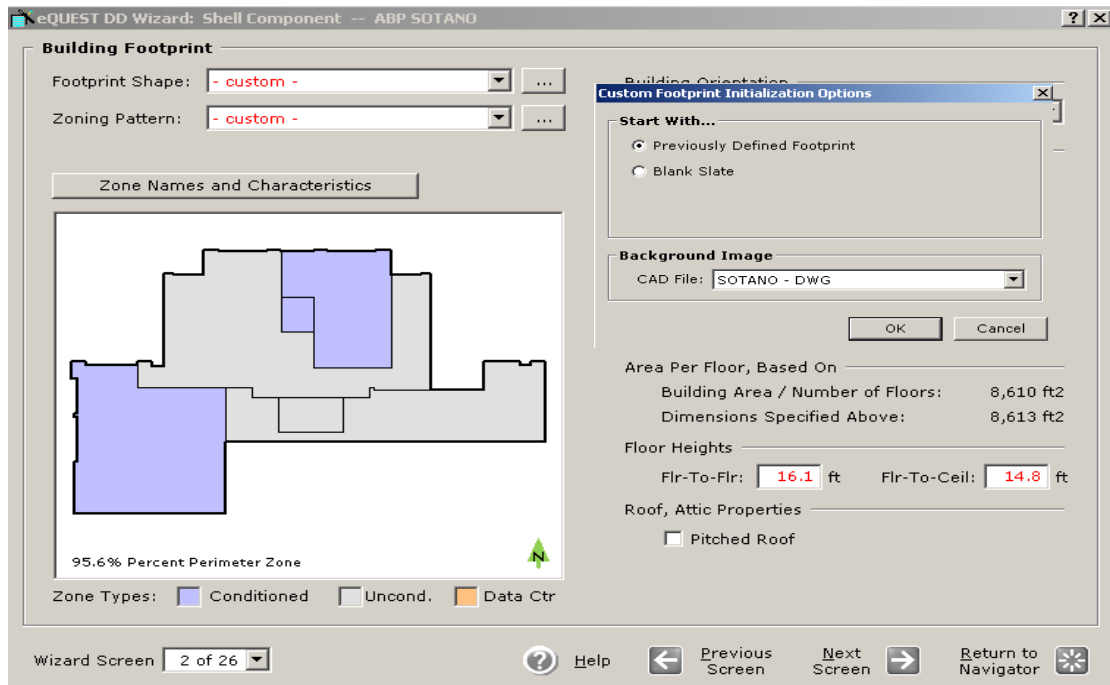
Para elaborar el plano se tuvo en cuenta las medidas reales del edificio, basadas en los planos suministrados por la División de Planeación de la UIS, con el fin de garantizar la mayoría de detalles que este presenta.

El programa permite importar el archivo del plano desde la opción “*custom*” del apartado “*Footprint Shape*”, que se encuentra en la segunda ventana del asistente, llamada “*Building Footprint*”. Inmediatamente se abre una ventana similar a la que se observa en la Figura 25, donde se busca el archivo *.dwg* que contiene el plano que se desea insertar [15].

Después que se seleccionó el archivo aparece una ventana con el plano importado, como se muestra en la Figura 26, de donde es posible ubicar cada uno de los puntos sobre el perímetro de la huella del edificio. En la parte izquierda se encuentra una lista con las respectivas coordenadas de los puntos creados. Es importante saber que el plano debe realizarse (colocar los puntos) en sentido anti-horario para que el *eQUEST* no presente errores [15].

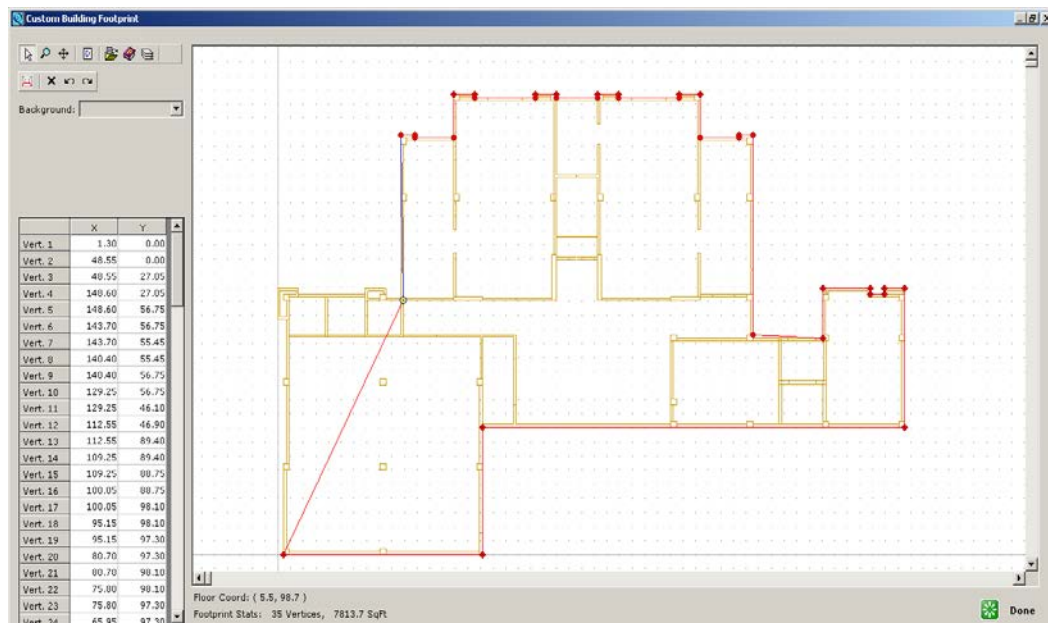
Por último se ingresa el valor correspondiente a la altura del piso hasta el techo y del piso hasta el siguiente piso, finalizando así los datos geométricos requeridos por el software.

Figura 25. Importación del archivo .dwg a eQUEST.



Fuente. Autores.

Figura 26. Creación del plano del edificio en eQUEST.



Fuente Autores.

5.5 DEFINICIÓN DE LAS ZONAS TÉRMICAS

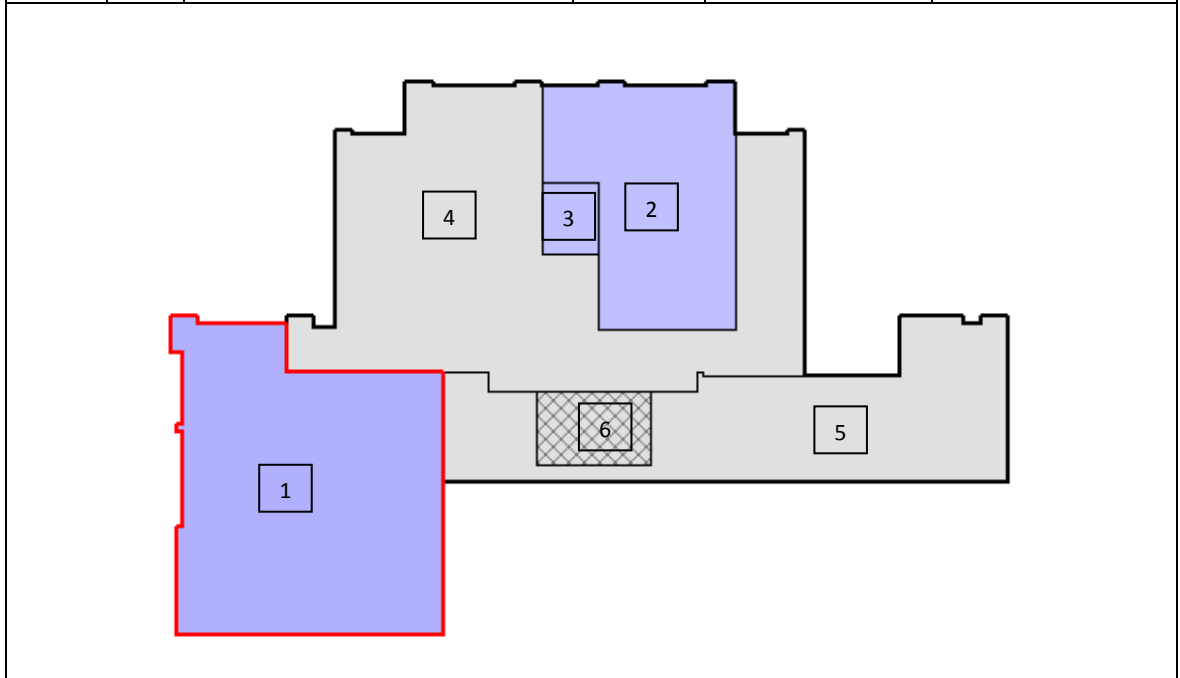
Para definir las zonas térmicas se realizó un proceso similar al anterior; en la opción “*custom*” del apartado “*Zoning pattern*”, que se encuentra también en la segunda ventana llamada “*Building Footprint*” se ubicaron las coordenadas correspondientes al plano de cada zona existente.

5.5.1 Criterios para seleccionar las zonas térmicas

- Se creó una zona térmica donde se encontró un termostato con su respectivo aire acondicionado.
- Lugares que son utilizados para desarrollar la misma actividad con cargas térmicas similares.
- Lugares que comparten un horario similar en el cumplimiento de sus actividades.
- A la hora de seleccionar la zona térmica, el área de esta no debe encerrar otra área, ya que el programa no permite dividirlos. Esto explica porque la zona correspondiente a los corredores ubicados alrededor del atrio se encuentra dividida como dos zonas diferentes.

Tabla 7. Descripción de las zonas térmicas del sótano.

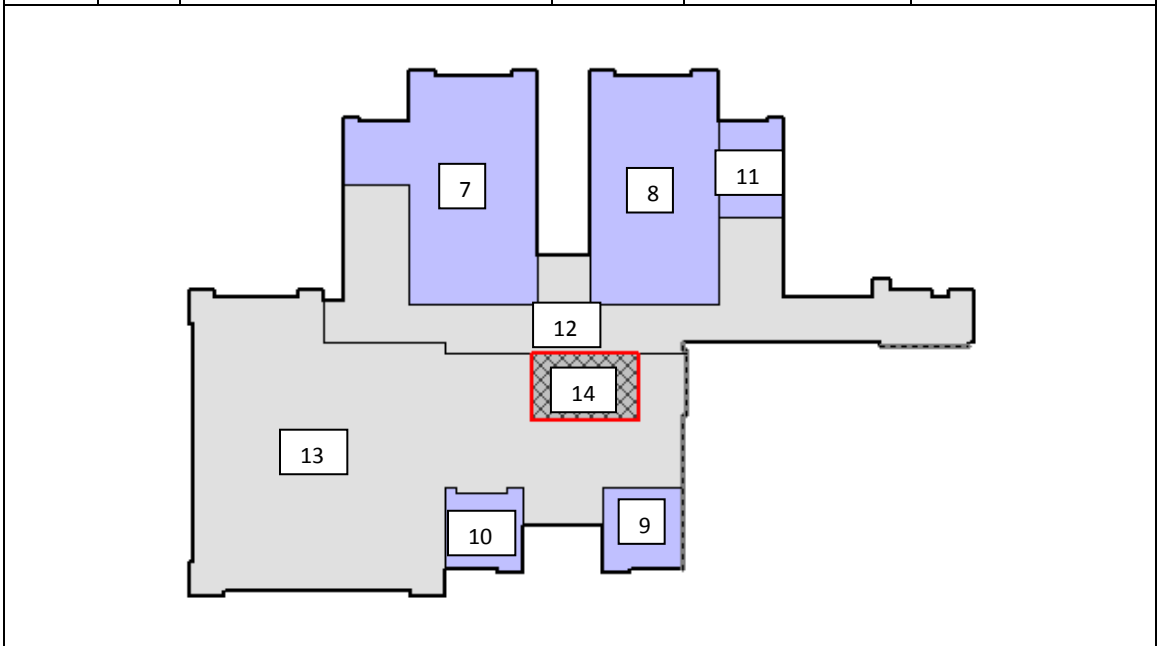
PISO	N° Zona	ZONA TÉRMICA	A_zona [ft ²]	% de área con respecto al nivel.	% de área con respecto al edificio.
sótano	1	Caracterización de materiales	2371	27.54	9.31
	2	Acondicionamiento y fabricación de probetas.	1222	14.19	4.80
	3	Oficina Acondicionamiento de probetas.	125.9	1.46	0.49
	4	Acondicionamiento de probetas, corredor.	2886	33.52	11.33
	5	Sub-estación, tableros eléctricos.	1749	20.31	6.87
	6	Atrio (escaleras)	256.1	2.97	1.01



Fuente. Autores.

Tabla 8. Descripción de las zonas térmicas del primer piso.

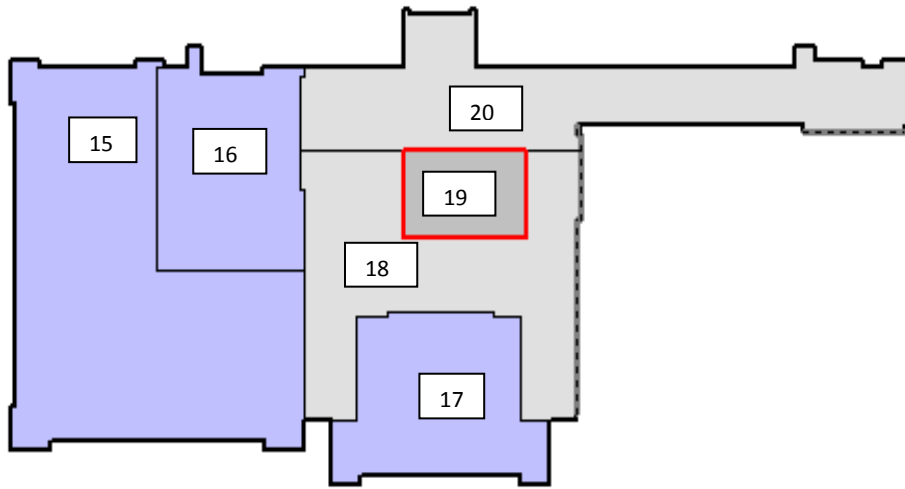
PISO	N° Zona	ZONA TÉRMICA	A_zona [ft ²]	% de área con respecto al nivel.	% de área con respecto al edificio.
Uno	7	Laboratorio de topografía y fotogrametría.	1207	14.47	4.74
	8	Acústica, laboratorio de estructuras.	1056	12.66	4.15
	9	Oficina de laboratorio de estructuras.	229.3	2.75	0.90
	10	Oficina administración.	221.2	2.65	0.87
	11	Cuarto de Acústica.	231.2	2.77	0.91
	12	Corredor y baños.	1724	20.67	6.77
	13	Laboratorio de ensayos probeta.	3418	40.97	13.42
	14	Atrio (escaleras)	256.1	3.07	1.01



Fuente. Autores.

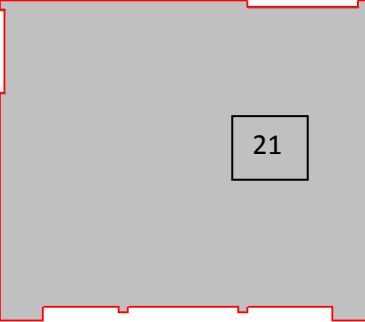
Tabla 9. Descripción de las zonas térmicas del sótano.

PISO	N° Zona	ZONA TÉRMICA	A_zona [ft ²]	% de área con respecto al nivel.	% de área con respecto al edificio.
Dos	15	Grupo de Investigación.	1957	32.88	7.69
	16	Salón presentación Investigación.	715	12.01	2.81
	17	Sala de profesores.	739.6	12.43	2.90
	18	Corredor, Baños.	1108	18.62	4.35
	19	Atrio (escaleras)	256.1	4.30	1.01
	20	Corredor	1178	19.79	4.63



Fuente. Autores.

Tabla 10. Descripción de la zona térmica del laboratorio de estructuras.

PISO	N° Zona	ZONA TÉRMICA	A_zona [ft^2]	% de área con respecto al nivel.	% de área con respecto al edificio.
"Tres"	21	Laboratorio de Estructuras.	2559	100.00	10.05
					

Fuente. Autores.

Teniendo en cuenta las anteriores aseveraciones se definieron un total de 21 zonas térmicas para la totalidad del edificio, las cuales se describen en las Tablas 7 a 10, junto con sus características más relevantes.

5.6 ASIGNACIÓN DE MATERIALES

Luego de establecer la configuración geométrica del edificio, el software permite ingresar los datos correspondientes a los materiales de construcción [15].

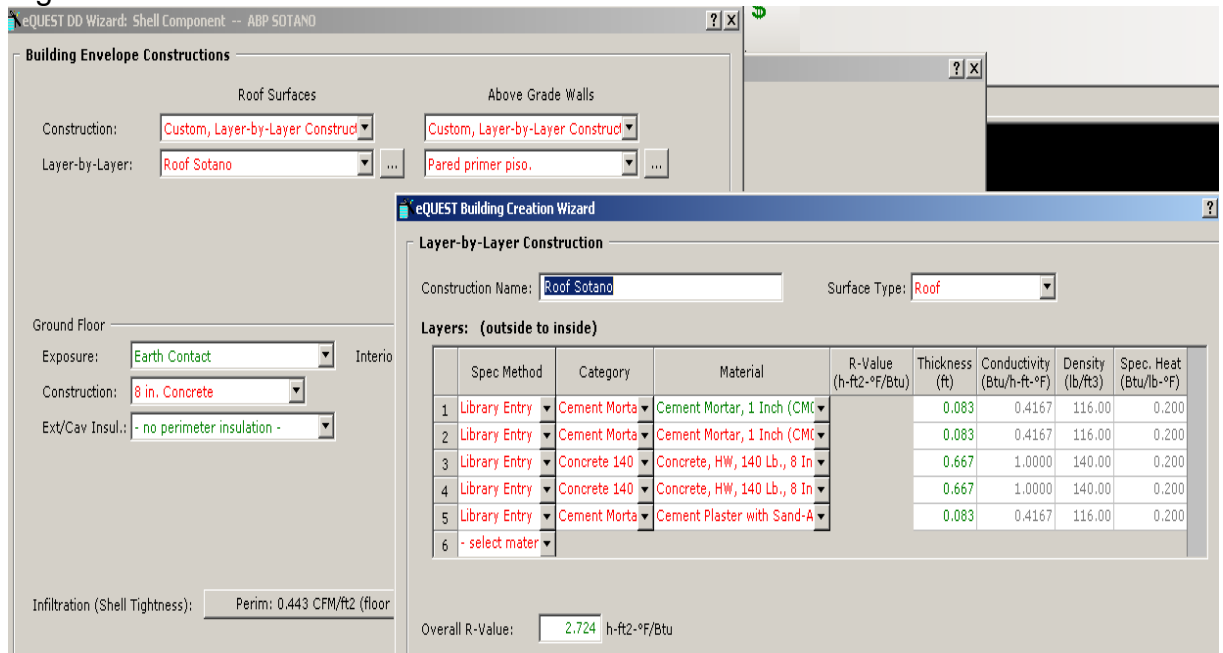
La información correspondiente a la contratación del edificio donde se especifican los materiales de construcción para las paredes, pisos, placas, acabados, accesorios como ventanas, puertas y demás fue proporcionada por la División de Planeación de la Universidad Industrial de Santander como se mencionó anteriormente.

Se recopiló toda la información requerida para ingresarla al *eQUEST*. Esto se realizó creando una construcción personalizada por capas, en la ventana principal del asistente, llamada "*Building Envelope Construction*". En la opción

“Construction” se selecciona el tipo de pared, techo exterior o como se requiere en este caso, para personalizar el tipo de construcción.

Luego la opción “Layer-by-Layer” permite abrir la ventana donde se realiza la caracterización de los componentes. En esta última se establece el nombre de la pared y del techo. Se enlistan todos los materiales utilizados en la construcción de la pared, disponibles en el programa, para describir capa por capa. Las propiedades correspondientes a cada material ya se encuentran registradas en el sistema, por tanto es posible visualizar el valor de la resistencia total dada por la pared o techo. La Figura 27 muestra el proceso descrito anteriormente.

Figura 27. Selección de la construcción del techo.

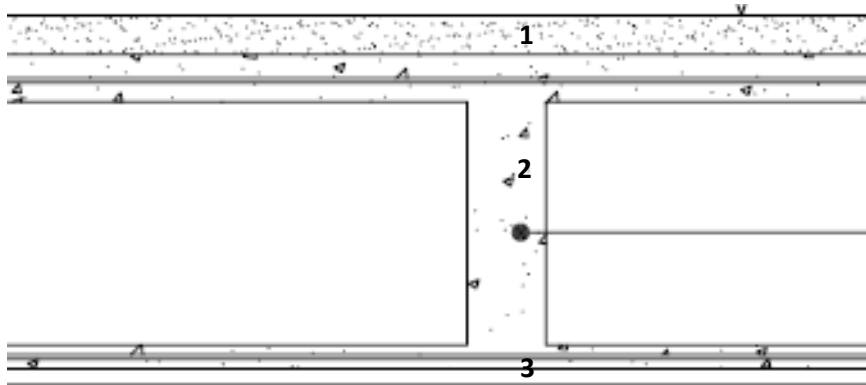


Fuente: Autores.

5.6.1 Configuración para techos

Los materiales utilizados en la construcción de los techos son los siguientes: placa aligerada de concreto de 4000[psi], el aligerarte es casetón de Aligflex o similar. El mortero es 1:3 (una de cemento por tres de arena), el acabado de este componente es E-3 (Acabado con palustre) por encima y A-3 por debajo.

Figura 28. Constitución de la placa sótano.



Fuente: Planos arquitectónicos de 6_corte fachada

La Figura 28 muestra la composición por capas de la placa y la Tabla 11 sus respectivas especificaciones físicas.

Es importante resaltar que la Figura 28 representa la placa del Sótano y la placa del primer nivel. Sin embargo, a la placa del segundo nivel se le debe agregar una capa de tela asfáltica o manto edil como se conoce comercialmente.

Tabla 11. Especificaciones físicas de los materiales para la placa.

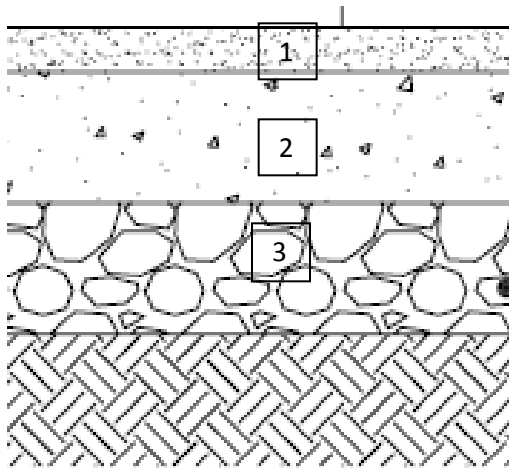
Capas de la placa.						
	N°	Material	Espesor[ft(m)]	Conductividad [BTU/h * ft ² * °F] (W/m°K)	Densidad [Lb/ft ³] [Kg/m ³]	Resistencia [h * ft ² * °F/BTU] (m°K/W)
Placa Sótano primer y segundo nivel.	1x2	Mortero (CM01)	0.00833(0.00254)	0.4167(0.721)	116.0(1858)	0.2(0.035)
	2x2	Concreto pesado 140 Lb/ft ³ (HF-C10)	0.6667(0.2032)	1(1.73)	140(2243)	0.67(0.118)
	3	Cemento Plástico (Yeso) (CM03)	0.0833(0.0254)	0.4167(0.721)	116.0(1858)	0.2(0.035)
Capa solo para el segundo nivel	1	Tela asfáltica para techos (placas)				0.015(0.026)
					<i>R_{TOTAL}</i>	1.955(0.367)

Tomada y editada de <http://doe2.com>

5.6.2 Configuración para piso.

Los materiales utilizados en la construcción del piso son los siguientes: se utilizará un mortero con acabado de pisos denominado mortero con endurecedor correspondiente a una relación 1:3, el cual proporciona una resistencia a compresión de 4000 (280) [PSI (kg/m^2)] y de densidad 140 [lb/ft^3]. Antes de fundir el piso se debe realizar el recebo para nivelar el terreno, en nuestro caso es la capa número tres. En la Figura 29 se pueden apreciar las capas que componen el piso y en la Tabla 10 las especificaciones de los materiales.

Figura 29. Construcción de pisos.



Fuente: Planos arquitectónicos de 6_corte fachada.

Los datos de la Tabla 12 representan el conjunto de las capas que conforman el piso del edificio.

Tabla 12. Características de la configuración de pisos.

N°	Material	Espesor[ft(m)]	Conductividad [BTU/hft ² °F] (W/m°K)	Densidad [lb/ft ³] (Kg/m ³)	Resistencia [hft ² °F/BTU] (°Km/W)
1	Concreto pesado 140 lbs/ft ³ (HF-C10)	0.6667(0.2032)	1(1.73)	140(2243)	0.67(0.118)

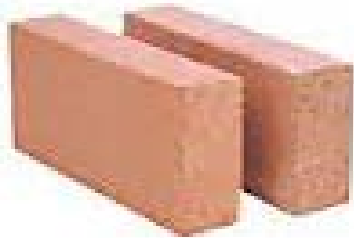
Tomada y editada de <http://doe2.com>

5.6.3 Configuración para pared

La configuración de las paredes comprende la construcción de todos los muros en ladrillo tipo Hollman el cual presenta una resistencia mínima de 155 [kg/cm²],

mortero de pega con una relación de 1:3, la brecha debe ser de 1.5 cm o máximo 2.5 cm tanto horizontal como verticalmente. El ladrillo utilizado se puede apreciar en la Figura 30.

Figura 30. Ladrillo tipo Hollman.



Fuente: <http://www.homecenter.com.co>

Tabla 13 Configuración de materiales para paredes.

N°	Material	Espesor[ft(m)]	Conductividad [BTU/hft ² °F] (W/m°K)	Densidad [lb/ft ³] (Kg/m ³)	Resistencia [hft ² °F/BTU] (°Km/W)
1	Ladrillo a la vista(BK05)	0.333(0.1016)	0.77(1.331)	130(2083)	0.44(0.078)
2	Cemento Plástico (Yeso) (CM03)	0.0833(0.0254)	0.4167(0.721)	116.0(1858)	0.2(0.035)

Fuente. Autores.

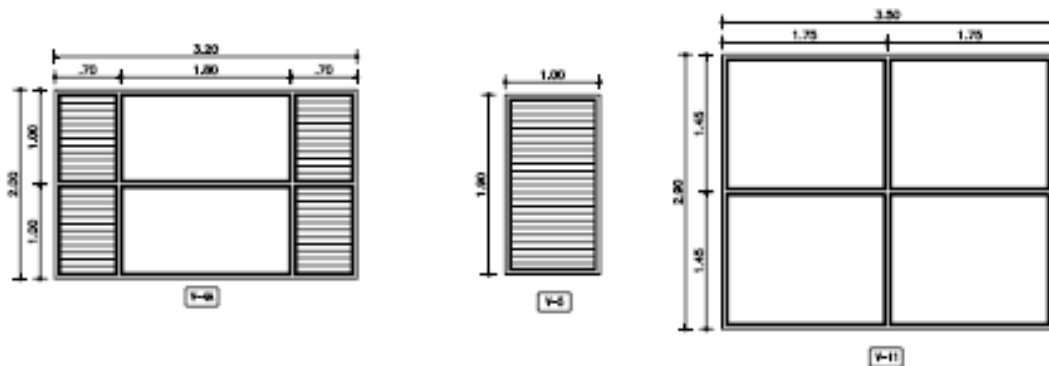
Para el acabado de la pared el contrato dice que se utiliza friso (mortero 1:3) (2 cm) de espesor, una capa delgada de estuco (yeso-cal y cemento) y pintura.

Las especificaciones de los materiales que se introducen en el *eQUEST* aparecen en la Tabla 13.

5.6.4 Configuración de puertas y ventanas

El edificio cuenta con dos tipos de ventanas las cuales están conformadas por vidrio y persiana o solamente vidrio como se muestra en la Figura 31. Presenta otro tipo de ventanas hechas únicamente con persianas en aluminio instaladas cada 4 mm; estas no se consideraron entre las opciones de ventanas pero si se tuvieron en cuenta para realizar el cálculo de infiltraciones por aberturas que se menciona más adelante.

Figura 31. Tipos de ventanas.



Fuente. Planos de detalle arquitectónico.

Los planos de detalles arquitectónicos del edificio especifican que las ventanas ubicadas en este deben ser en aluminio anodizado y cristal de 3 mm de espesor.

Respecto a las puertas existen dos clases, la primera es la puerta principal que está hecha con vidrio templado de 6 mm y perfiles en aluminio, y la segunda corresponde a las puertas metálicas en lámina *cold-rolled* calibre 18.

Tabla 14. Propiedades de ventanas.

Categoría de vidrio	Tipo de vidrio	U	SHGC ²⁸	Tipo de marco
Sencillo claro/Tint	claro 3mm	1.04	0.86	Aluminio

Fuente. Autores.

Cada uno de los requisitos descritos anteriormente se ingresó al software como se muestra en las Tablas 14 y 15, obteniendo los valores de sus propiedades directamente de la librería de Doe2.

Tabla 15. Propiedades de puertas.

Categoría de puerta	Construcción	Tipo de vidrio	U	SHGC
Opaca	Núcleo de acero	-----	---	----
Vidrio	Sencillo claro/ <i>Tint</i>	Claro 6 mm	1.03	0.82

Fuente. Autores.

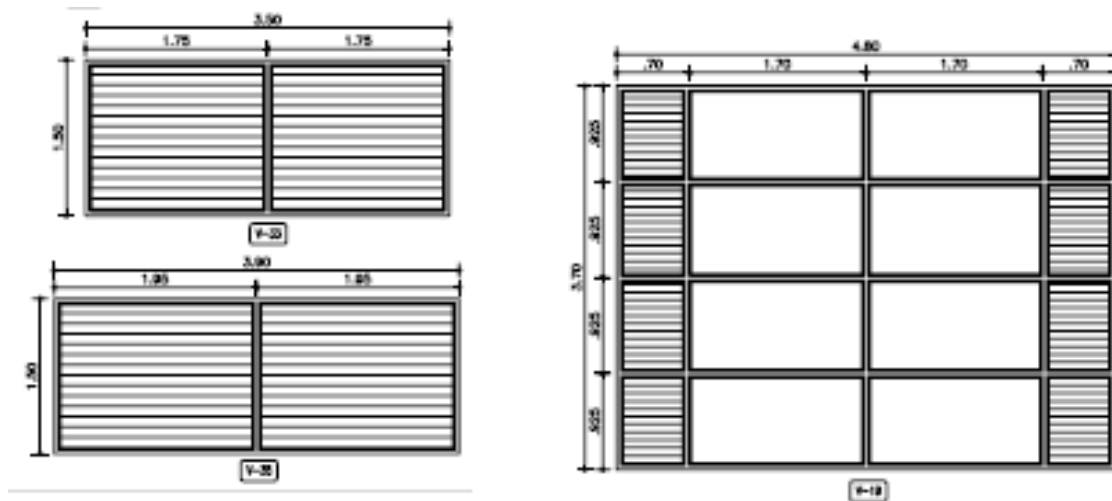
²⁸ Solar Heat Gain Coefficient

6. CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA Y RELACIÓN DE SIMULCIÓN DEL EDIFICIO

6.1 CÁLCULO DE INFILTRACIONES

Las ventanas que se encuentran conformadas con una parte en vidrio y otra en persianas como se observa en la Figura 32, permiten infiltraciones en el edificio debido a la diferencia de presión entre el interior y el exterior, generando un efecto considerable en la carga térmica.

Figura 32. Tipos de ventanas con persianas localizadas en el edificio.



Fuente: Plano perfiles y ventanas Álvaro Beltrán Pinzón.

6.1.1 Ecuación general para determinar el caudal por infiltraciones

Para conocer el valor del caudal de infiltraciones por aberturas, se hicieron los siguientes cálculos basados en el modelo de Sherman y Grimsrud (1980) planteado en la ASHRAE [4]:

$$Q = \frac{A_L}{1000} \sqrt{C_S * \Delta T + C_W * U^2} \quad (11)$$

Dónde:

Q = Caudal de aire que circula por la abertura, [m^3/s]

A_L = Area efectiva de fuga de aire, [cm^2]

C_S = Coeficiente estático, [$(l/s)^2/(cm^4 * K)$]

ΔT = Rango de diferencia de temperatura int y ext, [K]

C_W = Coeficiente del viento, [$(l/s)^2/(cm^4 * (m/s)^2)$]

U = Promedio de la velocidad del viento medida en la estación meteorológica [$\frac{m}{s}$]

6.1.1.1 Coeficiente Estático C_S . El coeficiente estático C_S se obtuvo de la Tabla 16, el cual depende de la cantidad de pisos que tiene el edificio. El edificio se conforma de tres pisos, por tanto se toma el valor del coeficiente correspondiente a cada una de las plantas [4].

Tabla 16. Coeficiente estático para diferentes plantas.

Altura del local (Plantas)			
	1	2	3
C_s	0.000145	0.00029	0.000435

Tomada y editada de: ASHRAE. *Ashrae Handbook Fundamentals. Chapter 27. Ventilation and Infiltration, 2005.*

6.1.1.2 Coeficiente del Viento C_w . Para determinar el coeficiente del viento C_w , se tienen en cuenta dos factores, la altura del edificio y el ambiente circundante de la edificación [4]. Primeramente se debe seleccionar el tipo de local de la Tabla 17; para el caso estudiado se seleccionó el tipo número tres que consiste en un local típico rodeado de otras edificaciones. Posteriormente, con la altura y tipo de local de la Tabla 18 se obtiene el valor del coeficiente del viento.

Tabla 17. Tipo de local según el ambiente circundante de la edificación.

Tipo de local	Descripción
1	Sin obstrucciones o local blindado
2	Casa rural aislada
3	Local típico rodeado de otras edificaciones
4	Local típico rodeado de edificaciones grandes como edificios
5	Local con edificaciones inmediatamente adyacentes (casas de un vecindario)

Tomada y editada de: ASHRAE. *Ashrae Handbook Fundamentals. Chapter 27. Ventilation and Infiltration, 2005.*

Tabla 18. Definición del Coeficiente del viento.

Coeficiente de viento (C_w)			
Altura del local (Plantas)			
Tipo de local	1	2	3
1	0.000319	0.00042	0.000494
2	0.000246	0.000325	0.000382
3	0,000174	0,000231	0,000271
4	0,000104	0,000137	0,000161

Tomada y editada de: ASHRAE. *Ashrae Handbook Fundamentals. Chapter 27. Ventilation and Infiltration, 2005.*

6.1.1.3 Área efectiva de infiltración. Para calcular el área efectiva de infiltración se dedujo una ecuación simple que relaciona la altura de la ventana con el número de persianas y su respectiva altura, a continuación se muestra dicha ecuación.

$$x = \frac{H}{h + t} \quad (12)$$

$$H_{REAL} = t * x \quad (13)$$

$$A_l = H_{REAL} * l \quad (14)$$

Dónde:

H = Altura de la ventana.

h = Altura de la persiana

t = Altura de la abertura.

l = Longitud de la pesiana.

x = número de persianas.

Para determinar el valor de la velocidad del viento, se tomaron los valores dados por la estación meteorológica E3T y se calculó el valor promedio de dicha variable, siendo este: 0.8 [m/s].

Conocido el valor de todas las variables y el área, se calculó el caudal de infiltraciones totales por pie cuadrado para cada piso, debido a que de esta manera es solicitado para ser ingresado en el programa. Los valores correspondientes se pueden visualizar en la Tabla 19.

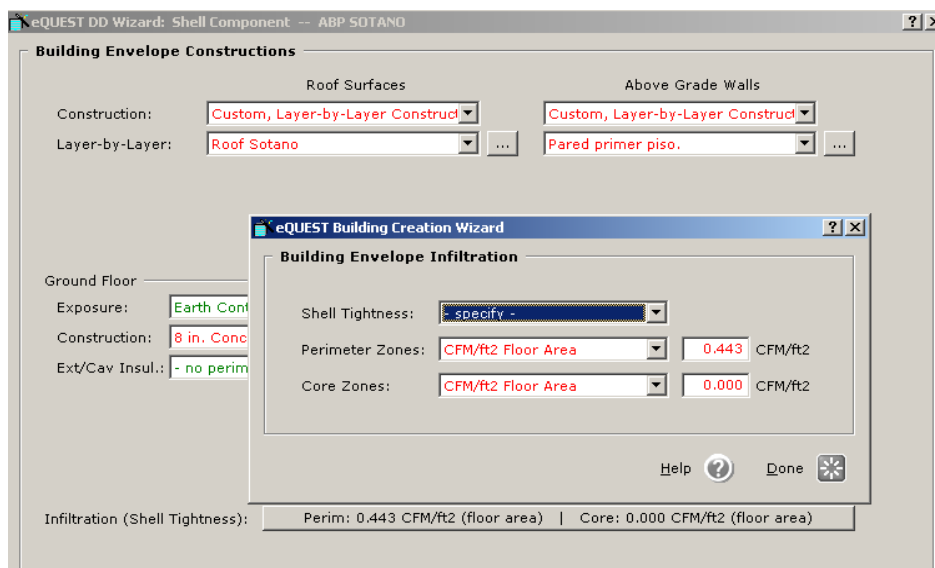
Tabla 19. Resultados de infiltraciones por aberturas.

Piso	Caudal [CFM]	[CFM/ft ²]
Sótano	3813.9	0.44
Primer piso	5595.98	0.67
Segundo piso	1360.01	0.22
Laboratorio de estructuras	2239.09	0.87

Fuente. Autores.

Luego de calcular el caudal de infiltraciones se procede a introducir estos valores en el programa por medio del asistente de la creación del edificio. En la ventana principal “*Building Envelope Constructions*”, se da clic en la opción “*infiltration (Shell Tightness)*”, aparecerá una dialogo similar al que se muestra en la Figura 33.

Figura 33. Valores de infiltración por unidad de área del piso.



Fuente: Autores.

Solo se tuvo en cuenta el valor de las infiltraciones perimetrales debido a que son las más representativas en el edificio. Esto mismo se realiza para los demás niveles del edificio con su respectivo valor de infiltración.

6.2 CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA POR EQUIPOS

Como se mencionó en los capítulos anteriores, cada piso del edificio se encuentra dividido por zonas térmicas, las cuales presentan valores diferentes de cargas debido a la cantidad de equipos que posee cada una.

Para determinar la carga térmica por equipos, se realizó un recorrido por el edificio registrando las características de cada uno de los equipos correspondientes a cada zona térmica. Estos fueron organizados por zona y piso correspondiente como se observa en las Tablas 20, 21, 22.

Tabla 20. Equipos en el sótano.

ZONA	NOMBRE	AREA	EQUIPOS	CANT
1	Caracterización de materiales	2371	Computador	3
		2371	Unidad de carga MTS 318,5	2
		2371	Unidad de Carga MTS 318,5 (Sist Control)	2
		2371	Nevera	1
		2371	Horno Digital PINZUAR	1
		2371	Prensa	1
		2371	INSTRON serie 1125	1
		2371	SRI MODELO S280	1
2	Acondicionamiento y fabricación de probetas	1222	Horno	1
		1222	Esmeril	1
		1222	Batidora	1
3	Oficina	125.9	Computador	1
		125.9	Impresora	1
4	Acondicionamiento de probetas y corredor	2886	Horno	2
		2886	Computador	2
		2886	Batidora	1
5	Taller eléctrico y corredor	1749	Nevera	1
		1749	Horno Digital PINZUAR	1
		1749	Computador	1
6	Atrio	256.1	Ninguno	0

Fuente: Autores.

Tabla 21. Equipos en el segundo piso.

ZONA	NOMBRE	AREA	EQUIPOS	CANT
1	Oficinas Maestría	1957	Computador	20
2	Salón de presentaciones	715	Proyector de video	1
		715	Computador	2
3	Puesto de trabajo profesores	739.6	Computador	6
4	Baños – corredor	1108		0
5	Atrio	256.1		0
6	Corredor Norte	1178		0

Fuente: Autores.

Tabla 22. Equipos en el primer piso.

ZONA	NOMBRE	AREA	EQUIPOS	CANT
1	Laboratorio Topografía y Fotogrametría	1207	Computador	4
2	Laboratorio de estructuras y sísmica	1056	Computador	4
3	Oficina Laboratorio de estructuras	229.3	Computador	1
		229.3	Impresora	1
4	Administración	221.2	Computador	1
		221.2	Computador	1
		221.2	Impresora	1
5	Cuarto Acústica	231.2	Computador	1
6	Corredor – Baños	1724	0	0
7	Laboratorio ensayos y prototipos	3418	Computador	9
8	Atrio	256.1		0

Fuente: Autores.

Los equipos encontrados son de tres tipos, equipos electrodomésticos, equipos de laboratorio y equipos de potencia (motores), para los cuales según la

recomendación [6]; se presentan expresiones diferentes para su respectivo cálculo de carga térmica. Estas se describen a continuación:

6.2.1 Carga térmica dada por equipos de laboratorio [6]

$$q_s = C * q_r * CLF \quad (15)$$

Dónde:

$q_s =$ carga térmica. [W]

$C =$ Coeficiente de calor sensible para equipos de laboratorio.

$q_r =$ Potencia nominal del equipo. [W]

$CLF =$ Coeficiente de carga de enfriamiento.

6.2.1.1 Coeficiente de calor sensible. El coeficiente C se seleccionó mediante la Tabla 23, teniendo en cuenta que los equipos no tienen campana extractora y todos son eléctricos. El valor de C_L corresponde al coeficiente de calor latente, pero no se especifica porque para este caso tiene valor de cero.

Tabla 23. Coeficiente de calor sensible.

	C	C_L
Campana extractora-Eléctrico o vapor.	0.16	0.0
Campana extractora-Gas.	0.10	0.0
Sin campana extractora-Eléctrico o vapor.	0.33	0.17
Sin campana extractora-Gas	0.33	0.17

Tomada y editada: Cooling and heating load calculation manual. Chapter 4, Internal loads.

6.2.1.2 Potencia del equipo. Los valores de la potencia de cada equipo se pueden observar en la Tabla 24. Estos fueron tomados de la ASHRAE [6] y de los catálogos de cada uno de los equipos.

Tabla 24. Potencia de equipos.

Equipo	Potencia [W]
Horno Digital PINZUAR.	2500
Batidora Industrial.	3390
Computador de escritorio.	1200
Computador portátil.	130
Impresora.	600
Proyector de video.	225

Fuente: Autores.

6.2.1.3 Coeficiente de carga de enfriamiento. El coeficiente de carga de enfriamiento CLF²⁹ se seleccionó teniendo en cuenta las horas de uso y la hora a la cual la carga fue máxima. Estos valores varían para cada uno de los equipos, y se pueden observar en la Tabla 25 junto con los resultados de los cálculos de la carga térmica dada por equipos de laboratorio [6].

²⁹ Método CLF es considerado como una aproximación bastante exacta de las ganancias totales de calor a través de una envolvente del edificio a efectos de dimensionamiento de equipos de climatización.

Tabla 25. Resultados de carga térmica de equipos de laboratorio

PISO	ZONA	EQUIPOS	q _r [w]	Cs	CLF	q _s /A [W/ft ²]	Factor q _s
SOTANO	1	Computador	1200	0.33	0.87	0.74	0.73
		Horno Digital PINZUAR	2500	0.33	0.82		
	2	Horno	2500	0.33	0.82	0.55	0.61
	3	Computador	1200	0.33	0.87	3.74	0.6
		Impresora	600	0.33	0.64		
	4	Horno	1000	0.33	0.75	1.21	0.81
		Computador	130	0.33	0.87		
		Batidora	3390	1.15	0.75		
		Horno Digital PINZUAR	2500	0.33	0.82		
	4	Computador	130	0.33	0.87		
6	No hay equipo	0	0	0	0	0	
PRIMER PISO	1	Computador	130	0.33	0.87	0.12	0.87
	2	Computador	130	0.33	0.87	0.14	0.87
	3	Computador	130	0.33	0.87	0.71	0.56
		Impresora	600	0.33	0.64		
	4	Computador	130	0.33	0.87	2.29	0.6
		Computador	1200	0.33	0.87		
		Impresora	600	0.33	0.64		
	5	Computador	1200	0.33	0.87	1.49	0.62
6	No hay equipo	0	0	0	0	0	
7	Computador	1200	0.33	0.87	0.9	0.93	
8	No hay equipo	0	0	0	0	0	
SEGUNDO PISO	1	Computador	130	0.33	0.87	0.38	0.97
	2	Proyector de video	225	0.33	0.64	0.17	0.669
		Computador	130	0.33	0.87		
	3	Computador	1200	0.33	0.87	2.79	0.9
	4	No hay equipos	0	0	0	0	0
	5	No hay equipos	0	0	0	0	0
6	No hay equipos	0	0	0	0	0	

Fuente. Autores.

6.2.2 Carga térmica por equipos de potencia

La siguiente expresión representa la carga térmica generada por un equipo con motor [6].

$$q_s = A * F_L * CLF \quad (16)$$

Dónde:

A = Coeficiente de locación de motor y equipo [W].

F_L = Factor de limite de sobrecarga.

6.2.2.1 Coeficiente de locación de motor y equipo. El coeficiente A es la ganancia de calor del motor eléctrico. Fue seleccionado de acuerdo a la ubicación y la potencia del motor y del equipo. Para este caso en especial, los dos elementos se encontraban dentro del local y se pueden seleccionar de la Tabla 26.

Tabla 26. Coeficiente de locación de motor y equipo.

Potencia del motor [HP]	Rpm	A[w]
0,125	1500	263.9
0.25	1750	346.04
0.33	1750	439.8
1	1750	994.1
1.5	1750	1454.5
5	1750	4545.4

Tomada y editada: Cooling and heating load calculation manual. Chapter 4, Internal loads. 2009.

6.2.2.2 Factor de límite de sobrecarga. El coeficiente F_L representa la relación entre la potencia de uso y la potencia nominal del equipo. Se determinó teniendo en cuenta si el motor es AC o DC o si es cerrado o abierto y la potencia del mismo. Para este caso se presentan las dos opciones de motores en la Tabla 27.

Tabla 27. Factor de límite de sobrecarga.

<i>Horsepower</i>	F_L			
	0.05-0.25	0.16-0.33	0.67-0.75	1 +
<i>AC open</i>	1.4	1.35	1.25	1.15
<i>AC TEFC y DC</i>	---	1.0	1.0	1.0

Tomada y editada: Cooling and heating load calculation manual. Chapter 4, Internal loads.

Tabla 28 Resultados.

PISO	ZONA	EQUIPOS	A [W]	FL	Fr	$[q_s/A]$ [W/ft ²]
SOTANO	1	Unidad de carga MTS 318,5	4545.45	1	0.64	3.88
		Unidad de Carga MTS 318,5 (Sistema de Control)	1454.54	1	0.64	
		Prensa NO SE TIENE FABRICANTE	439.88	1.35	0.75	
		INSTRON serie 1125	994.13	1.15	0.75	
		SRI MODELO S280	263.92	1.4	0.64	
	2	Esmeril	346.04	1.4	0.64	0.95
		Batidora	994.13	1.15	0.75	

Fuente: Autores.

6.2.3 Carga térmica por equipos electrodomésticos

$$q_s = q_{input} * F_U * F_r \quad (17)$$

Dónde:

q_{input} = Tasa de ganancia de calor.

F_U = Factor de uso.

F_r = Factor de radiación.

Para este caso sólo se presentó un elemento perteneciente a esta categoría de cálculo, observada en la Tabla 29. Por tanto los valores [5] correspondientes a los factores mencionados anteriormente se presentan a continuación.

Tabla 29. Resultados equipos electrodomésticos.

Elemento	q_{input} [w]	F_U	F_r	q_s/A [w/ft ²]
Nevera	322	0.41	0.45	0.025

Fuente: ASHRAE. Ashrae Handbook Fundamentals. Chapter 18. Nonresidential cooling and heating load calculations. 2009.

Ahora para introducir en el programa los resultados de la carga por equipos misceláneos, de oficina y motores, se dirige a la ventana “*Miscellaneous Loads and Profiles*” del asistente de creación del edificio y en cada uno de los espacios designados para la respectiva zona, previamente especificadas, se colocan los valores de la carga por equipos en watts por área total de la zona. La fracción de calor sensible se halla con una simple relación del calor sensible con respecto al

calor total (calor sensible más calor latente). La Figura 34 se muestra la ventana de la carga por equipos.

Figura 34. Cargas de equipos misceláneos y de oficinas.

Area Type	Percent Area (%)	----- Electric -----		---- Natural Gas ----	
		Load (W/SqFt)	Sensible Ht (frac)	Load (Btuh/SF)	Sensible Ht (frac)
1: Mechanical/Electrical Room	27.5	0.10	1.00	0.00	1.00
2: Unknown	14.2	0.55	0.61	0.00	0.00
3: Office (Executive/Private)	1.5	3.74	0.60	0.00	0.00
4: Corridor	33.5	1.21	0.81	0.00	0.00
5: Storage (Unconditioned)	20.3	0.44	0.63	0.00	0.00
6: Mall, Arcade and Atrium	3.0	0.00	0.00	0.00	0.00

Miscellaneous Equipment Hourly Profiles by Season
Entire Year
ABP0AirComp Profile (S1) ...

Fuente: Autores.

6.3 CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS POR ILUMINACIÓN

Para el cálculo de la carga térmica por iluminación se tuvo en cuenta la siguiente expresión matemática obtenida del manual de cálculo de cargas térmicas de la ASRHAE [6].

$$q_s = q_i * F_u * F_s * CLF \quad (18)$$

Dónde:

$q_s =$ Es la carga de enfriamiento sensible en[W]

$q_i =$ Potencia total de la lampara

$F_u =$ Factor de q_i en uso

$F_s =$ Factor de asignación de balastro

$CLF =$ Factor de carga de enfriamiento tabla

Nota: $CLF = 1$. El sistema de enfriamiento es operado solo cuando las luces están encendidas o cuando la iluminación lleva encendida más de 16 horas [6].

Con base en esta ecuación se realiza el procedimiento para encontrar el valor de la carga producida por iluminación por área de la zona, previamente definidas, con el fin de introducirlas en el software. Se efectúa el cálculo para cada zona designada y se explica el procedimiento paso a paso. Los demás datos serán anexados.





6.3.1 Recopilación de los dispositivos de iluminación

Para hallar el valor de la potencia total de las lámparas se realizó el respectivo conteo de la luminaria del edificio, los resultados se compararon con los planos eléctricos facilitados por la División de Mantenimiento tecnológico. En la Tabla 30 se aprecia las características de los dispositivos de iluminación instalados en la edificación.

Para entender mejor el proceso para calcular la ganancia térmica por iluminación, a continuación se describe un ejemplo aplicado a la zona número 1 del primer nivel denominada caracterización de materiales, que se encuentra en el sótano. Esta dispone de once dispositivos fluorescentes de 2X54[W], por lo tanto se puede hallar la potencia total de las lámparas como:

$$q_i = 11 * 2 * 54[w] = 1188[w]$$

Tabla 30. Potencia de los dispositivos de iluminación.

Dispositivo	N° de Luminarias	Potencia [W]	Imagen
Fluorescente	4	17	
Fluorescente	2	54	
Fluorescente	4	54	
Lámpara MH	1	400	
Incandescente	1	30	

Fuente Autores.

6.3.2 Factor de uso (F_u)

Ahora se definen los factores que acompañan al valor de la potencia. El factor de uso el cual se define como:

$$F_u = \frac{\text{número de lámparas encendidas}}{\text{número total de lámparas}} \quad (19)$$

Para este caso se supone que todas las lámparas se encuentran en constante funcionamiento. Se hace esta suposición con base en el seguimiento realizado al edificio, por lo tanto el $F_u = 1$.

6.3.3 Factor de Balastro (F_s)

Para definir este factor se utiliza la Tabla 31 del manual de ASHRAE [6]. Este determina el aumento en la potencia del dispositivo fluorescente al estar acompañado de balastro. El usuario debe poner atención a las especificaciones del fabricante, debido a que en el mercado se pueden encontrar equipos especiales de balastro los cuales ahorran energía u otros sistemas de luces que generan significativas diferencias en los resultados de este apartado.

En este caso son dos luces fluorescentes de 54[w], luego se escoge el de 60[W] con dos fluorescentes, el cual es el valor más aproximado al real. Para estas condiciones el factor de balastro $F_s = 1.2$.

Tabla 31. Factor de asignación de balastro para luces fluorescentes.

Potencia de la lámpara [W]	N° de lámparas por dispositivo	F _s .
35	1	1.30
40		
35	2	1.20
40		
60	1	1.30
75		
60	2	1.20
75		
110	1	1.25
110	2	1.07
160	1	1.15
160	2	1.08
185	1	1.08
215		
185	2	1.06
215		

Tomada y editada: Cooling and heating load calculation manual. Chapter 4, Internal loads. 2009.

6.3.4 Factor de carga de enfriamiento (CLF)

Para hallar el factor de carga por enfriamiento se utiliza la Tabla 32 y 33, de las cuales se obtiene el valor de “a” y “b” respectivamente. Para ingresar a estas tablas se debe conocer algunas características de la zona tales como el arreglo de los dispositivos de iluminación y ventilación, construcción del piso y flujo de suministro de aire. Para este ejemplo se observó que el edificio tiene:

- Luces colgantes ventiladas libres. Aire de suministro a través de techos o paredes.
- Tasa de ventilación media. Difusores de suministro a través del piso, pared o techo. Espacio de techo no ventilado y 8 [in] piso concreto $75 \frac{Lbf}{ft^2}$.

Tabla 32. “a” Clasificación de las luminarias según el dispositivo de iluminación y ventilación.

"a"	ARREGLO DE LOS DISPOSITIVOS DE ILUMINACIÓN Y VENTILACIÓN.
0.45	Luces empotradas las cuales no están ventiladas. Tasa baja de suministro de aire cfm/ft ² el área del piso. Difusores de suministro y retorno de aire se encuentran bajo techo.
0.55	Luces empotradas las cuales no están ventiladas. Tasa media a alta de suministro de aire más de cfm/ft ² del área del piso. Difusores de suministro y retorno de aire se encuentran bajo techo.
0.65	Los dispositivos de luces ventiladas. Tasa media a alta de suministro de aire más de cfm/ft ² del área del piso. Aire de suministro a través de techos o pared pero el flujo de aire retorna alrededor de los dispositivos de luces y a través de los ductos de retorno.
0.75	Luces colgantes ventiladas libres. Aire de suministro a través de techos o paredes pero el flujo de aire retorno alrededor de los dispositivos de luces a través de los ductos de retorno.

Tomada y editada: Cooling and heating load calculation manual. Chapter 4, Internal loads. 2009.

Tabla 33. “b” Clasificación de las luces según la ventilación y el tipo de piso.

Construcción de piso y peso del piso en libras por pie cuadrado del área del piso.					
Circulación del aire en el salón, tipo de suministro y retorno del aire.	2 in piso de madera de 10 [lb/ft ²]	3 in piso concreto 40 [lb/ft ²]	6 in piso concreto 75 [lb/ft ²]	8 in piso concreto 120 [lb/ft ²]	12 in piso concreto 160 [lb/ft ²]
Tasa de ventilación baja-mínima requerida para manejar la carga de enfriamiento. Difusores de suministro a través del piso, pared o techo. Espacio de techo no ventilado.	B	B	C	D	D
Tasa de ventilación media. Difusores de suministro a través del piso, pared o techo. Espacio de techo no ventilado.	A	B	C	D	D
Alta circulación inducida del aire del cuarto por aire primario ya sea por unidad de inducción o por unidad de ventilador.	A	B	C	C	D
Muy alta circulación inducida del aire del cuarto usado para minimizar los gradientes de temperatura del cuarto. Retorna a través del espacio de techo.	A	A	B	C	D

Tomada y editada: Cooling and heating load calculation manual. Chapter 4, Internal loads. 2009.

Según lo anterior y utilizando las tablas se definió el valor del factor “a”= 0.75 y “b”=C. Conociendo estos valores se obtuvo el valor del CLF [6] de la Tabla 4.4^a del ASHRAE [6], donde además de lo anterior se debe conocer el número de horas que estará encendida la lámpara y la hora específica en la cual se desea la carga de enfriamiento; esto se determinó de acuerdo al seguimiento del comportamiento

realizado al edificio, el cual concluyó en 8 horas de encendido diarias y la hora de carga de enfriamiento igual a la cantidad de horas encendida.

Obteniendo como resultado CLF=0.87. Ahora es posible calcular el valor de la carga por iluminación:

$$q_s = 1188[W] * 1 * 1.2 * 0.87 = 1240[W]$$

El ejemplo anterior se utilizó para determinar la carga de enfriamiento por iluminación para la zona térmica 1 (caracterización de materiales). En las Tablas 34, 35 y 36, esta especificada la información necesaria para cada zona.

Tabla 34. Potencia lumínica para cada una de las zonas del sótano.

PISO	ZONA TÉRMICA	q _i	F _u	F _s	CLF	q _s [W]	A _{zona} [ft ²]	q _s /A _{zona} [W/ft ²]
Sótano	Caracterización de materiales	1188	1	1.2	0.87	1240.272	2371	0.523
	Acondicionamiento y fabricación de probetas.	648	1	1.2	0.87	676.512	1222	0.554
	Oficina Acondicionamiento de probetas.	108	1	1.2	0.87	112.752	125.9	0.896
	Acondicionamiento de probetas, corredor.	1296	1	1.2	0.87	1353.024	2886	0.469
	Sub-estación, tableros eléctricos.	972	1	1.2	0.87	1014.768	1749	0.580
	Atrio (escaleras)	0	1	1.2	0.87	0	256.1	0.000

Fuente. Autores.

Tabla 35. Potencia lumínica para cada una de las zonas del primer piso.

PISO	ZONA TÉRMICA	q _i	F _u	F _s	CLF	q _s [W]	A _{zona} [ft ²]	q _s /A _{zona} [W/ft ²]
Uno	Laboratorio de topografía y fotogrametría.	648	1	1.2	0.85	660.96	1207	0.548
	Acústica, laboratorio de estructuras.	432	1	1.2	0.85	440.64	1056	0.417
	Oficina laboratorio de estructuras.	108	1	1.2	0.85	110.16	229.3	0.480
	Oficina administración.	108	1	1.2	0.85	110.16	221.2	0.498
	Cuarto de Acústica.	216	1	1.2	0.85	220.32	231.2	0.953
	Corredor y baños.	1080	1	1.2	0.85	1101.6	1724	0.639
	Laboratorio ensayos probeta.	1404	1	1.2	0.85	1432.08	3418	0.419
Atrio (escaleras)	0	1	1.2	0.85	0	256.1	0.000	

Fuente. Autores.

Tabla 36. Potencia lumínica para cada zona de las zonas del segundo piso y laboratorio de estructuras.

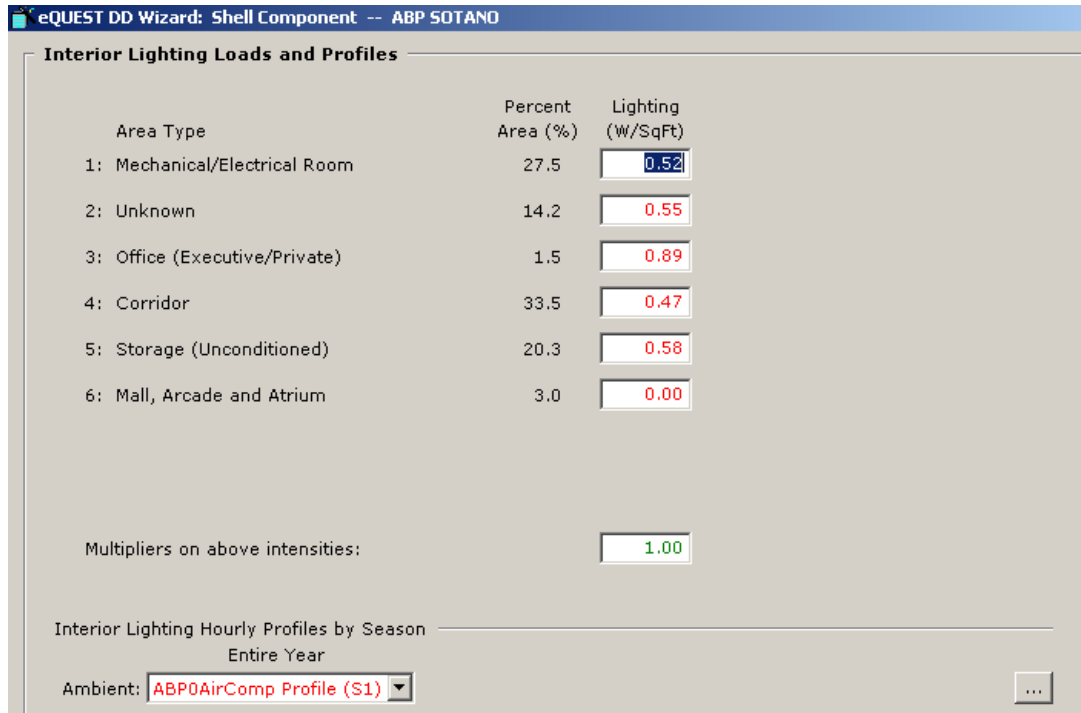
PISO	ZONA TÉRMICA	q _i	F _u	F _s	CLF	q _s [W]	A _{zona} [ft ²]	q _s /A _{zona} [W/ft ²]
Dos	Grupo de Investigación.	2336	1	1.2	0.72	1897	1957	0.969
	Salón presentación Investigación.	408	1	1.2	0.72	352.512	715	0.493
	Sala de profesores.	528	1	1.2	0.72	438.91	739.6	0.593
	Corredor, Baños.	828	1	1.2	0.72	689.47	1108	0.622
	Atrio (escaleras)	400	1	1	0.72	288	256.1	1.125
	Corredor	432	1	1.2	0.72	373.248	1178	0.317
"Tres"	Laboratorio de Estructuras.	1600	1	1	0.85	1360	2559	0.5315

Fuente. Autores.

Para introducir estos valores al programa, se realiza de la misma manera que para la carga por equipos, esta vez se debe ir a la ventana "Interior Lighting Loads and

Profiles” y para cada zona se especifica su respectiva potencia lumínica en watts por área total de la zona, calculados en la Tabla 36. En la Figura 35 se presenta la ventana donde se ingresa los valores de carga por iluminación.

Figura 35. Carga por iluminación.



Area Type	Percent Area (%)	Lighting (W/SqFt)
1: Mechanical/Electrical Room	27.5	0.52
2: Unknown	14.2	0.55
3: Office (Executive/Private)	1.5	0.89
4: Corridor	33.5	0.47
5: Storage (Unconditioned)	20.3	0.58
6: Mall, Arcade and Atrium	3.0	0.00

Multipliers on above intensities: 1.00

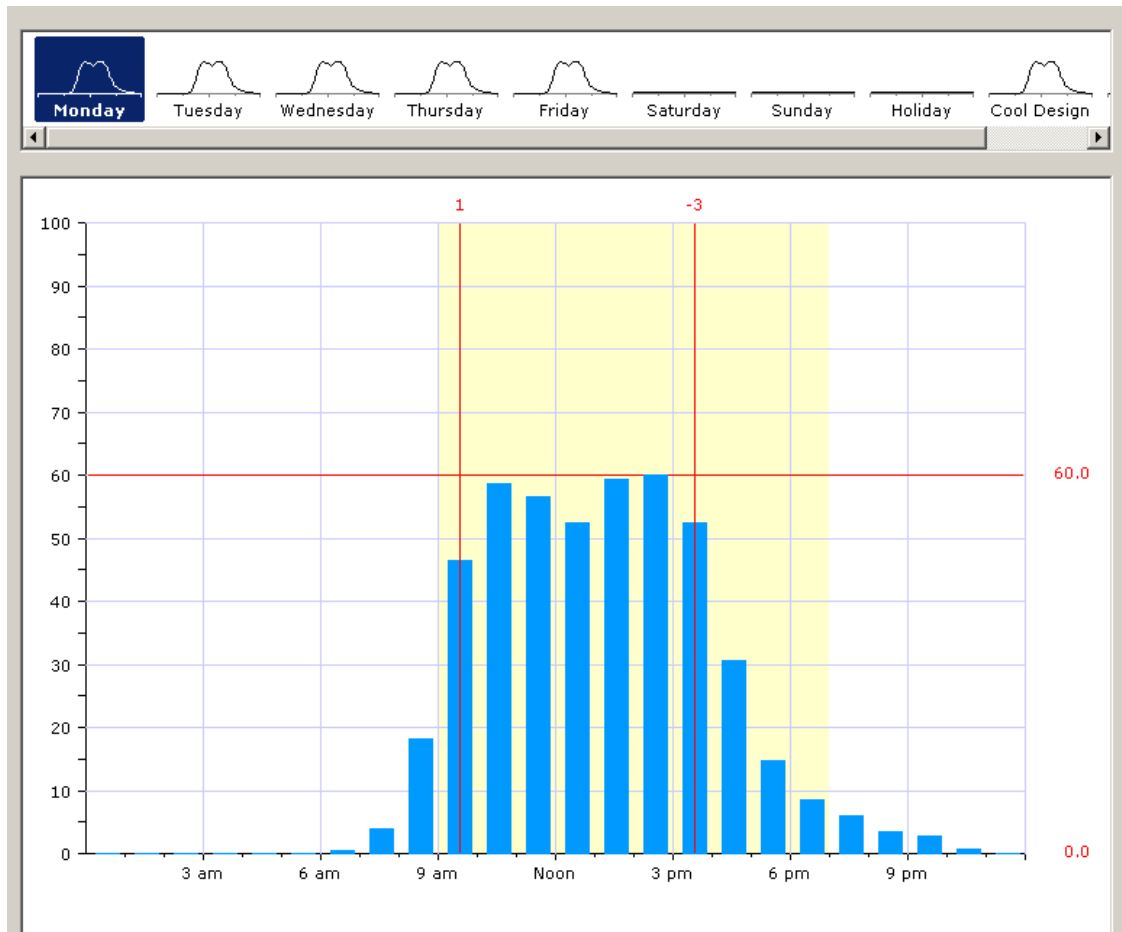
Interior Lighting Hourly Profiles by Season: Entire Year

Ambient: ABP0AirComp Profile (S1)

Fuente: Autores.

Se debe tener en cuenta que para las diferentes cargas térmicas estudiadas en este capítulo el eQUEST permite establecer un perfil de uso, el cual se puede modificar dependiendo de la necesidad que se tenga. En este proyecto se estableció un perfil de uso, representativo de las condiciones a las que está sometida la edificación. En la Figura 36 se muestra la caracterización del perfil para los tres tipos de carga y también para cada nivel de edificio.

Figura 36. Perfil de uso y cargas de luces y equipos.



Fuente: Autores.

Este perfil se estableció igual para todos los días de la semana, excepto para los fines de semana, donde el edificio se encuentra cerrado. Para las horas de inicio de jornada la actividad es poca, por tanto entre las 7-9 am el nivel es del 15% en promedio. En las horas cercanas al medio día alcanza un nivel de ocupación de aproximadamente un 60% del máximo para el edificio y vuelve a descender en las horas de la noche.

6.4 DEFINICIÓN DE LOS SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE.

Según la información suministrada por la División de Mantenimiento de la Universidad, en el edificio Álvaro Beltrán Pinzón se encuentran instalados once sistemas de acondicionamiento de aire. En la Tabla 37 se enlistan cada tipo de sistema con su correspondiente ubicación.

Tabla 37. Sistemas de acondicionamiento de aire.

SISTEMA	UBICACIÓN
Split	Acondicionamiento de probetas.
Unidad de paquete	Caracterización de materiales.
Unidad de paquete	Acondicionamiento y fabricación de probetas.
Unidad de paquete	Laboratorio de topografía y fotograma
Unidad de paquete	Laboratorio de estructuras.
Split	Oficina de Administración.
Split	Oficina de laboratorio de estructuras.
Split	Salón grupo de investigación.
Unidad de paquete	Sala de profesores.
Split cassette	Salón presentación maestría.
Split	Cuarto de acústica.

Fuente: Autores.

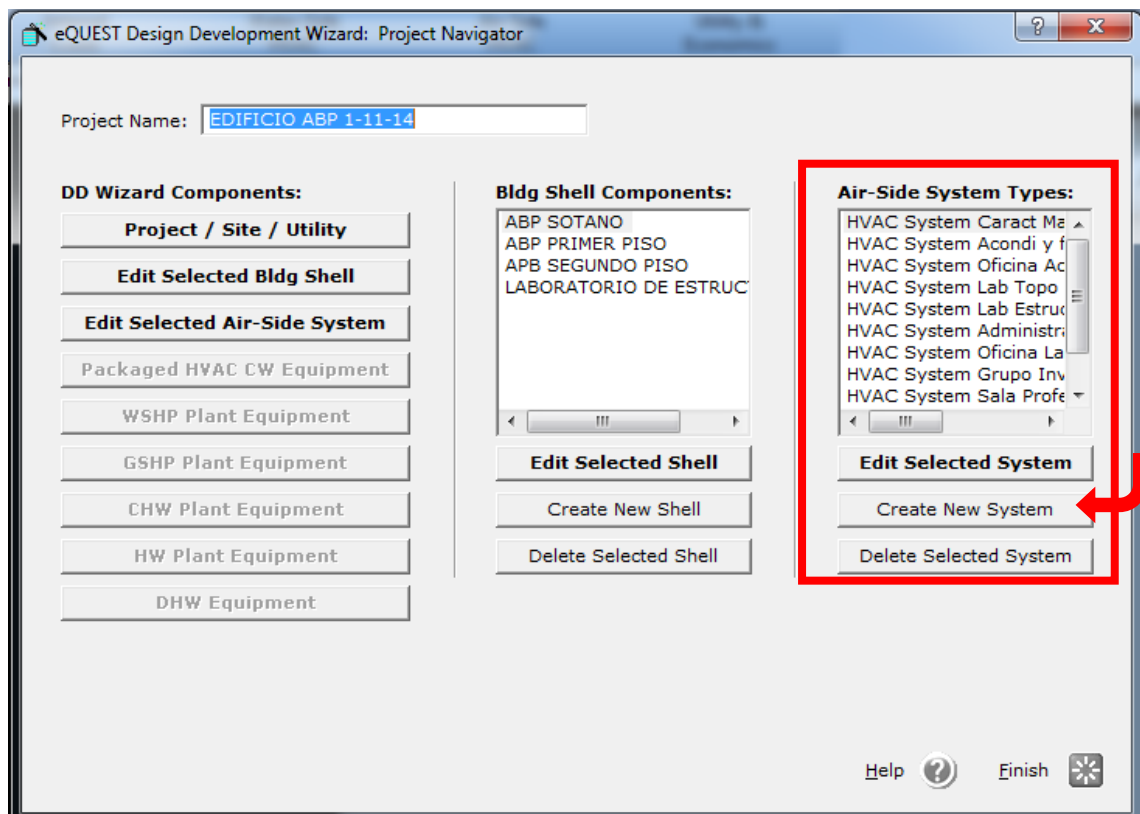
Estos sistemas fueron ingresados al programa mediante el asistente mostrado en la Figura 37, del cual se despliegan cinco ventanas más que presentan como requisitos los siguientes datos:

- Definición del sistema (Fuente de enfriamiento, forma de retorno de aire).

- Puntos de ajuste de temperaturas y flujos de aire.
- Definición de capacidad de enfriamiento, tipo de condensador y eficiencia.
- Potencia de los ventiladores.
- Horario de funcionamiento y programación de los ventiladores.

Los valores correspondientes a los datos sugeridos anteriormente se presentan en las fichas técnicas mostradas en el anexo B y la forma de ingreso de los datos al programa se explica en el manual de usuario del anexo F.

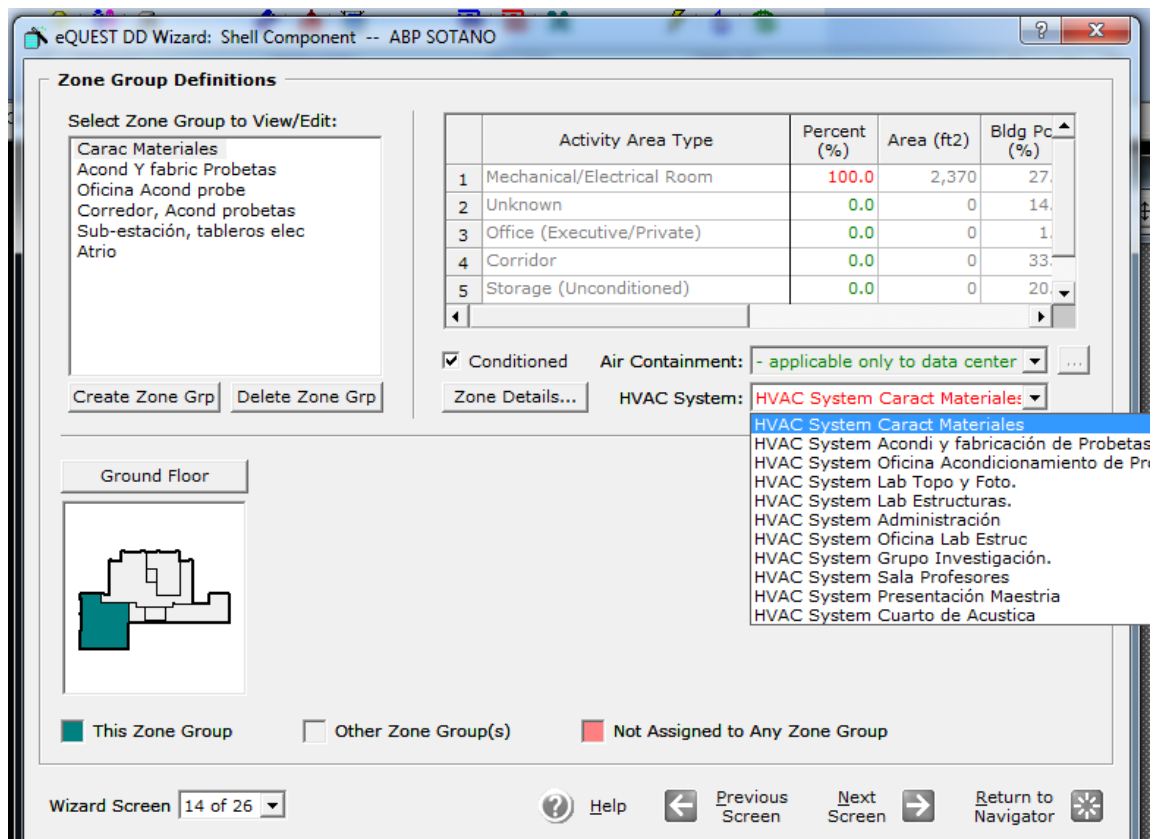
Figura 37. Asistente para ingreso de sistemas de acondicionamiento de aire.



Fuente: Autores.

Para seleccionar la ubicación del sistema de acondicionamiento de aire, se utiliza la ventana “Zone Group Definitions” en la cual a medida que se establece la zona térmica es posible determinar el sistema de HVAC correspondiente como se observa en la Figura 38.

Figura 38. Selección de la ubicación del sistema HVAC.



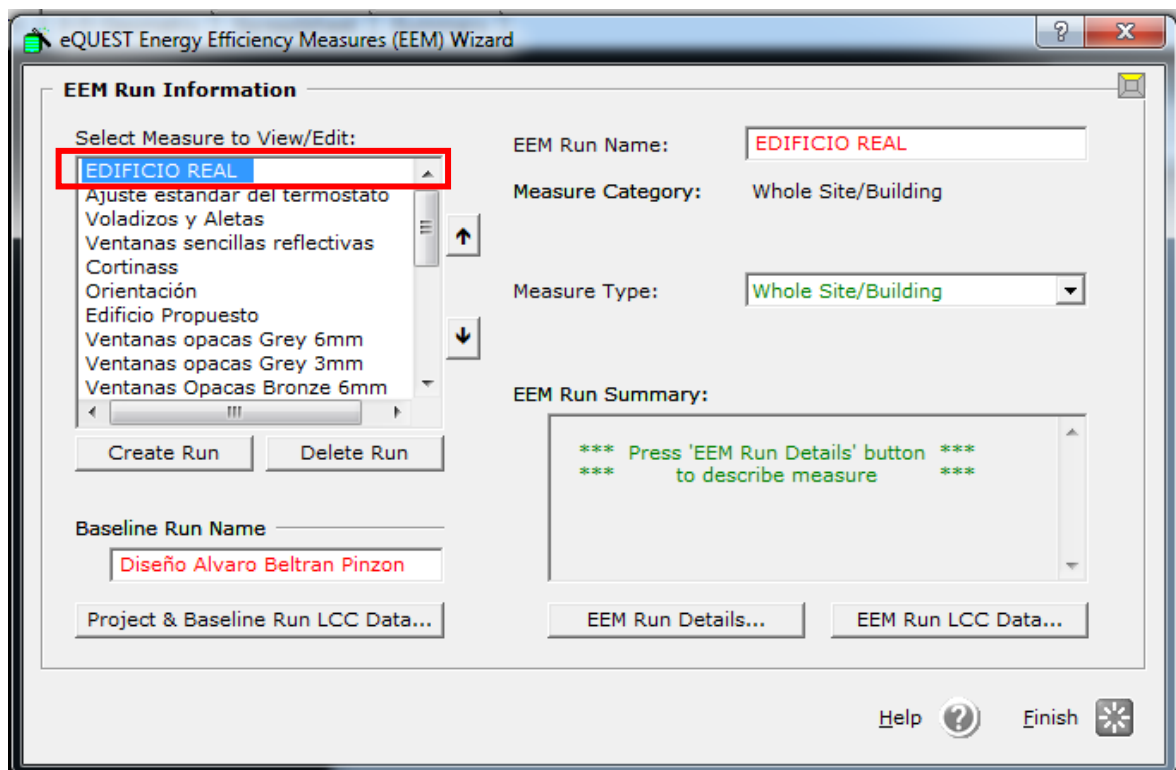
Fuente: Autores.

Para realizar esta selección es necesario que los sistemas HVAC se encuentren previamente definidos con sus respectivas características.

6.5 SIMULACIÓN DE RESULTADOS

El asistente de medición de eficiencia energética es el encargado de calcular el consumo energético del edificio y de realizar cambios estructurales, arquitectónicos, de horarios, cargas térmicas y equipos HVAC de la edificación real, con el fin de comparar la variación en el consumo energético y decidir si es viable o no realizar una remodelación.

Figura 39. Asistente de medición de eficiencia energética EEM.



Fuente: Autores.

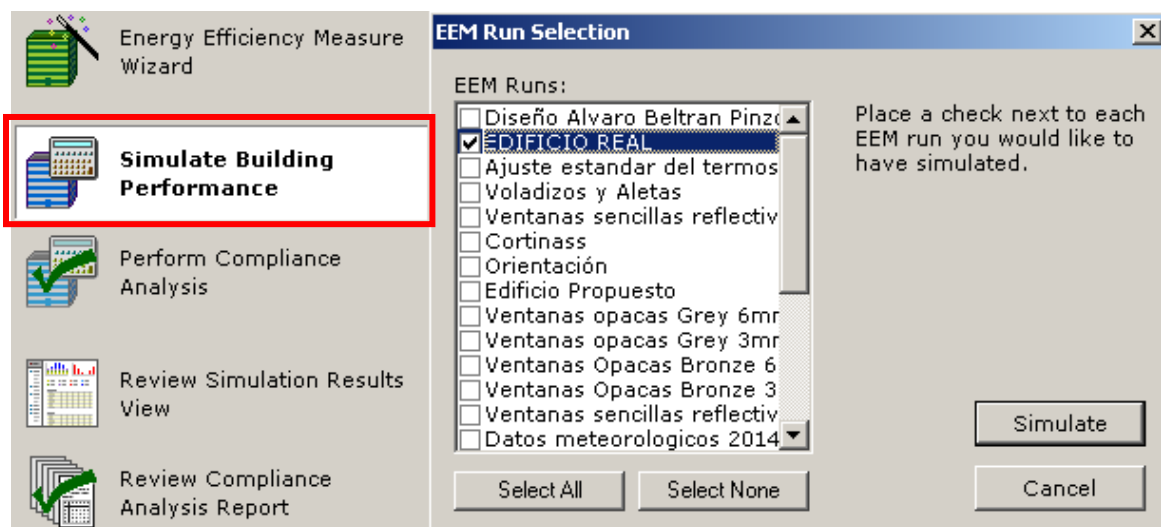
Básicamente en el asistente se selecciona la categoría a la cual se desea hacer la medición de energía para después escoger de una lista el componente a ajustar y

por último el tipo de medición. Es posible aplicar la medición a una categoría previamente definida o al edificio base según desee el usuario. En la Figura 39 se puede apreciar la interfaz del asistente EEM.

Este asistente es usado principalmente para definir las características del edificio, que se pueden variar, y realiza una simulación que determina el consumo energético real. Para este capítulo se utiliza únicamente con el objetivo de simular los resultados del consumo energético presentado por el edificio real, es decir, no se realiza ningún cambio a las características del edificio y la categoría seleccionada corresponde a “*whole site/Building*”. Para una mayor información acerca de este asistente referirse al manual de usuario en el Anexo F.

Al momento de imprimir los resultados de las simulaciones configuradas en el asistente de medición de la eficiencia energética, se debe ingresar en el asistente llamado “*Simulate Building Performance*” el cual inmediatamente abre una ventana que permite visualizar todas las categorías establecidas en el asistente anterior y se selecciona la requerida para obtener los resultados. La Figura 40 representa esta acción.

Figura 40. Asistente de simulación del rendimiento del edificio.



Fuente: Autores.

6.6 RESULTADOS DEL EDIFICIO REAL

Para mostrar los valores obtenidos en la simulación, el software utiliza un sistema de gráficas y tablas donde representa el consumo energético mensual correspondiente a los siguientes campos:

- Espacio refrigerado.
- Iluminación.
- Equipos misceláneos.
- Ventiladores.

Tabla 38. Consumo eléctrico del edificio real

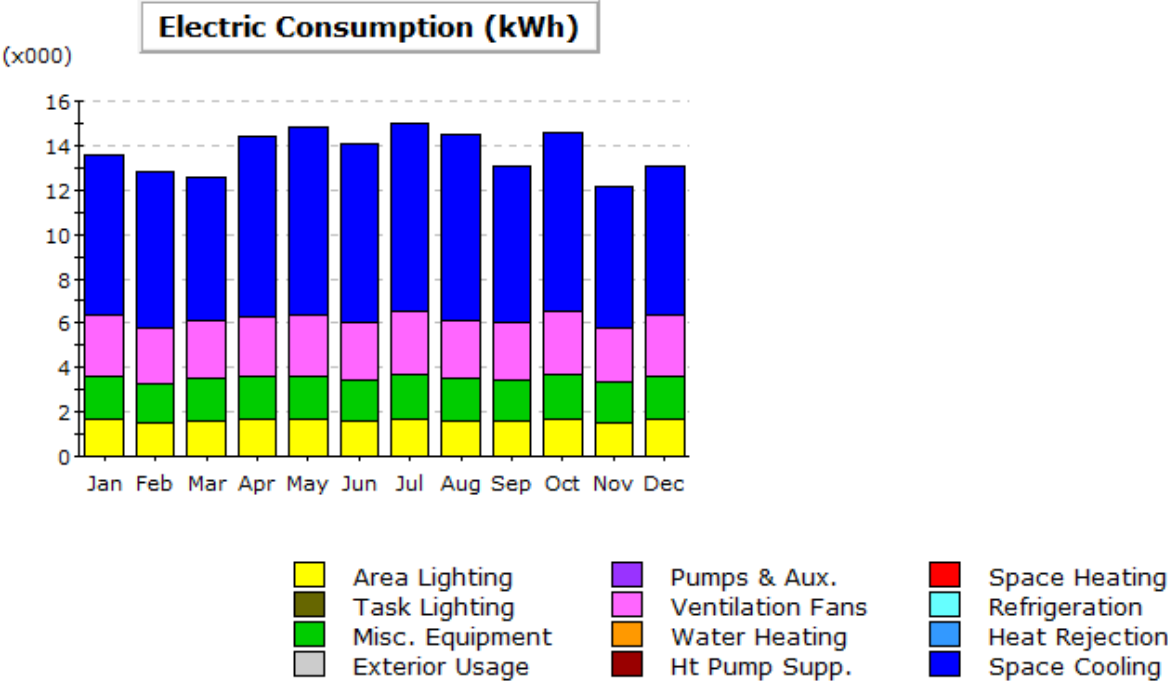
MES	Espacio refrigerado [MW-h]	Iluminación [MW-h]	Equipos misceláneos [MW-h]	Ventiladores [MW-h]
Enero	7.24	1.65	1.95	2.72
Febrero	7.11	1.5	1.77	2.47
Marzo	6.5	1.59	1.89	2.60
Abril	8.09	1.64	1.94	2.72
Mayo	8.51	1.65	1.95	2.72
Junio	8.03	1.58	1.87	2.60
Julio	8.43	1.71	2.02	2.85
Agosto	8.43	1.59	1.89	2.60
Septiembre	7.01	1.58	1.87	2.60
Octubre	7.97	1.71	2.02	2.84
Noviembre	6.37	1.52	1.81	2.47
Diciembre	6.74	1.65	1.95	2.72
Total	90.44	19.37	22.93	31.92
Consumo total anual			164.65	

Fuente: Autores.

En la Tabla 38 se registra el valor del consumo de energía total anual del edificio construido actualmente, junto a los valores mensuales correspondientes a cada una de las categorías mencionadas anteriormente.

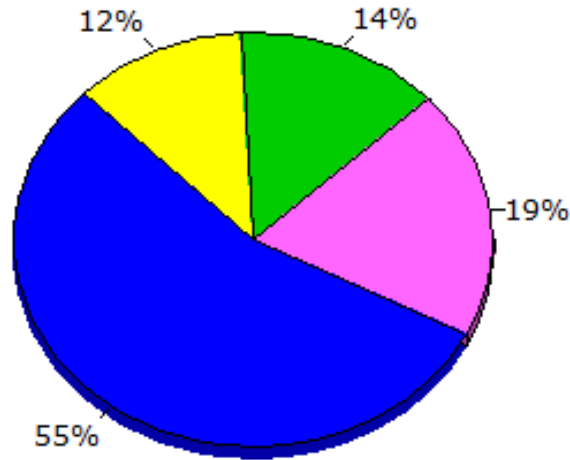
Los valores consignados en la Tabla 38 se ven representados por la Figura 41 y el porcentaje de consumo anual para cada categoría se observa en la Figura 42, en la cual es posible apreciar que el espacio refrigerado presenta el mayor consumo.

Figura 41. Consumo energético mensual del edificio real.



Fuente: Autores.

Figura 42. Porcentaje de consumo energético anual del edificio real³⁰.

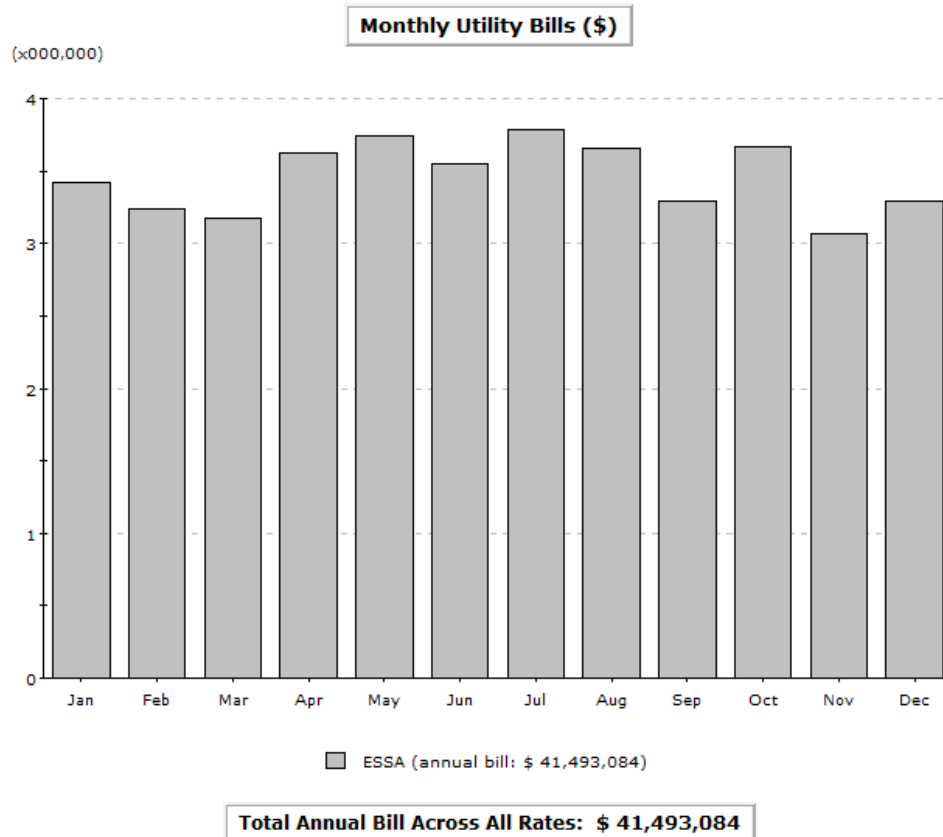


Fuente: Autores.

Se sabe que todo consumo energético representa un costo que está determinado por la empresa que suministra el servicio. En este caso la División de Planta Física de la Universidad suministró la tarifa de cobro del servicio, la cual corresponde a 252 \$/kW-h, como se menciona en el capítulo 5. Teniendo en cuenta esto, el programa genera resultados del costo del consumo energético del edificio real mes a mes y el costo del consumo anual que corresponde a un valor de \$41.493.084 pesos. Estos valores se pueden visualizar en la Figura 43.

³⁰ La convención de colores es igual que la de la Figura 41

Figura 43. Costo del consumo de energía mensual y anual.



Fuente: Autores.

Para validar los resultados obtenidos en la simulación del edificio Álvaro Beltrán Pinzón, la división de planta física de la universidad suministró un balance del consumo de energía del edificio durante un mes, el cual se promedió para un año teniendo como resultado un consumo de energía anual de 144144 [kW-h]. Estos valores se pueden observar en la Tabla 39.

Tabla 39. Consumo de energía real del edificio Álvaro Beltrán Pinzón.

Álvaro Beltrán Pinzón						
Medidor General						
Fecha	Mes de consumo	Hora	Lectura Medidor [kW-h]	Lectura Medidor [kVARh]	Consumo [kW-h]	Consumo [kVARh]
01/02/2014		09:30 a. m.	88.30	69.00	31.40	15.20
03/03/2014	feb-14	10:30 a. m.	188.40	121.20	100.10	52.20
Factor de multiplicación			600/5=120	Promedio mensual	12012 [kW-h]	
				Promedio anual	144144 [kW-h]	

Fuente: Tomada y editada de la división de planta física de la Universidad Industrial de Santander.

La simulación del edificio real arroja un consumo de 164650 [kWh] anuales, el cual difiere del consumo real en 20506 [kWh] manteniendo un margen de error del 14% aproximadamente, siendo este considerado aceptable debido a que a la hora de realizar simulaciones térmicas es posible acercarse al comportamiento real pero nunca se podrá llegar a modelar exactamente, además se debe resaltar que el consumo calculado se dio para la carga máxima generada en este; por lo tanto se puede decir que la simulación realizada del edificio representa el comportamiento actual del edificio Álvaro Beltrán Pinzón y puede ser utilizada para realizar el análisis energético.

7. ANÁLISIS LEED.

Se desea que el edificio Álvaro Beltrán Pinzón pueda ser evaluado según los lineamientos *LEED*³¹, luego es obligación cumplir con unos prerrequisitos y obtener unos puntos mínimos para alcanzar la certificación [12]. En el desarrollo de este proyecto se utilizó la versión *LEED* 3.0-2009 elaborada para nuevas construcciones y grandes remodelaciones, aplicando lo estipulado en la categoría de energía y atmósfera, debido a que se desea reducir el consumo energético del edificio y esta es una de las secciones que más otorga puntos a la hora de obtener una certificación.

En la Tabla 40 se pueden observar los prerrequisitos que se deben cumplir y el objetivo de cada uno de ellos.

El prerrequisito número uno se cumple a cabalidad debido a que en el artículo 33, se crean unas delegaciones o reglamentaciones necesarias para garantizar la construcción, montaje, instalación, mejoras, adiciones, conservación, mantenimiento y restauración de los bienes muebles e inmuebles de la Universidad [16].

Para cumplir con el prerrequisito de mínima eficiencia energética se debe demostrar una mejora del 5% del edificio propuesto en comparación al edificio baseline³² para grandes remodelaciones [2], el cual determina los estándares energéticos para edificaciones (con excepción de edificios residenciales pequeños), usando un modelo de simulación por ordenador para el proyecto completo del edificio.

³¹ USGBC. «Leadership in Energy & Environmental Design LEED.» En *ENERGÍA Y ATMOSFERA*, de USGBC, 55-75. 2009.

³² El baseline es el modelo virtual recomendado por la norma ASHRAE 90.1

Tabla 40. Prerrequisitos para la categoría energía y atmósfera

N°	Prerrequisito	Propósito
1	Recepción fundamental de los sistemas de energía del edificio	Verificar que los sistemas del edificio sean instalados, calibrados y cumplan con la eficiencia adecuada según los requisitos del propietario para el edificio.
2	Mínima eficiencia energética	Establecer el mínimo de eficiencia energética para los sistemas y el edificio propuesto con el fin de reducir los impactos medio ambientales y económicos asociados con el consumo excesivo de energía.
3	Reducir la emisión de gases que afectan la capa de ozono	No utilizar refrigerantes con CFC ³³ en los nuevos sistemas HVAC del edificio. Cuando se utilicen equipos HVAC que utilicen refrigerantes CFC; <i>LEED</i> recomienda un cambio gradual del fluido de trabajo.

Tomada y editada de la norma *LEED*, Versión 3.0. 2009

A continuación se resumen las secciones del apéndice G de la ASHRAE 90.1 [2] que se tuvieron en cuenta para cumplir con los requerimientos básicos de la norma.

7.1 CONSIDERACIONES GENERALES DE LA ASHRAE 90.1

7.1.1 Alcance del método de evaluación del rendimiento

Este método está diseñado para la calificación de la eficiencia energética de los edificios que exceden los requisitos de esta norma. Puede ser útil para evaluar el rendimiento de todo el diseño propuesto, incluyendo alteraciones y adiciones al edificio existente, salvo diseños sin sistemas mecánicos [2].

³³ Los clorofluorocarbonos (CFC o CIFC) son derivados de los hidrocarburos saturados

7.1.2 Evaluación del desempeño

Este método requiere del cumplimiento de las siguientes secciones 5.4, 6.4, 7.4, 8.4, 9.4, y 10.4 [2]. Estas secciones contienen las disposiciones obligatorias del estándar y son requisitos previos para este método de calificación. El rendimiento del diseño del edificio propuesto es calculado de acuerdo con las disposiciones de este apéndice y utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de mejora} = \frac{\text{Rendimiento del edificio Baseline} - \text{Rendimiento del edificio propuesto}}{\text{Rendimiento del edificio Baseline}} \quad (20)$$

Se debe tener en cuenta que tanto el rendimiento del baseline como el rendimiento del edificio real (diferente al baseline) corresponden a los valores del consumo energético de cada uno de los edificios. La experiencia real diferirá con respecto de estos cálculos debido a las variaciones tales como la ocupación, operación y mantenimiento de los edificios, el clima, los cambios en las tarifas de la energía en el momento del diseño del edificio y en el momento de adquisición de datos, y por último la precisión de la herramienta de cálculo [2].

7.1.3 Requerimientos generales de la simulación

El rendimiento del edificio propuesto y el baseline deberá ser calculado con los siguientes requerimientos:

- El mismo programa de simulación.
- Los mismos datos climáticos.
- Las mismas tasas de energía.

7.1.4 Programa de simulación

El programa de simulación deberá ser un programa basado en computadora para el análisis del consumo de energía en edificios (programa tales como DOE-2, BLAST o EnergyPlus). El programa debe incluir una metodología del procedimiento de cálculo para los componentes que serán modelados. El programa debe cumplir los siguientes requisitos mínimos aprobados por una autoridad calificada, en este caso el USGBC [1].

- 8760 horas por año.
- Variación hora-hora de la ocupación, potencia lumínica, potencia de equipos misceláneos, ajuste del termostato y operación de los sistemas HVAC, definidos para cada uno de los días de la semana y días festivos.
- Efectos de la masa térmica.
- Modelar diez o más zonas térmicas.
- Curvas de rendimiento para carga parcial de los equipos mecánicos.
- El programa debe ser capaz de determinar el rendimiento del edificio propuesto y baseline o crear un reporte del consumo de energía.

7.1.5 Datos climáticos

Las variables climáticas utilizadas en el software ya se explicaron en el capítulo 3 creación de archivo de datos meteorológicos, por lo tanto no se nombran en este apartado, pero si se puede decir que para ciudades o locaciones donde es difícil disponer de datos climáticos el diseñador deberá obtener datos de locaciones que mejor representen las condiciones donde se encuentra el edificio.

7.2 CÁLCULO DEL RENDIMIENTO DEL EDIFICIO REAL Y BASELINE

El modelo de simulación para calcular el rendimiento del edificio real y baseline se describe en la Tabla 41 y es tomado de [2].

Tabla 41. Modelo de simulación para el diseño Baseline.

Parámetro	Diseño Real	Diseño Baseline
Diseño del modelo	El diseño del modelo se basó en la contratación que hizo la universidad, donde aparece una detallada explicación de materiales de construcción, ventanaje, puertas, acabados y los respectivos planos arquitectónicos, eléctricos, hídricos, sanitarios y demás.	A) Debe ser consistente con los documentos de diseño, incluido la contabilidad apropiada de ventanaje, puertas, luces interiores y control, tipos de sistemas HVAC, tamaños y controles.
Clasificación del uso del espacio	La clasificación del espacio de uso se realizó con base a las actividades que se presentan en el edificio, por ejemplo, a un espacio donde se lleva a cabo pruebas con materiales se clasifico como laboratorio.	Se debe especificar el tipo de edificio o la clasificación de las luces según el tipo de espacio acorde a la sección 9.5.1 y 9.6.1. El usuario debe especificar la clasificación del uso del espacio usando alguno de los dos métodos anteriores.
Horarios	Los perfiles de uso hora a hora para iluminación, equipos misceláneos, motores, equipos HVAC, ajuste de temperaturas y personas fue determinado por un registro de dicha actividad realizado durante los días de la semana, cuando el edificio se encuentra en funcionamiento.	Se deben usar horarios capaces de simular todas las variaciones del edificio hora a hora en ocupación, luces, equipos misceláneos y operación del sistema HVAC. El horario debe ser típico del tipo de edificio o determinado por el diseñador del proyecto.

Envolvente del edificio	La descripción de todo el componente de la envolvente del edificio fue realizada a partir de los materiales especificados en la contratación del edificio y fueron modelados como aparece en los planos arquitectónicos.	Se debe asumir dimensiones equivalentes para cada uno de los componentes de la envolvente exterior y deberán ser iguales tanto para el edificio base como el propuesto. A) Orientación: se debe simular el edificio baseline con la actual orientación y de nuevo rotándolo 90, 180 y 270 grados, luego se debe promediar los resultados. B) Montajes opacos: estos deberán ser como lo especifica la norma en la tabla 5.5-1 a 5.5-8. C) Ventanaje vertical: Deberán ser igual al diseño del edificio propuesto o 40% del porcentaje de área bruta, la menor de las dos opciones. Exactamente se realiza lo mismo para las claraboyas en una cantidad del 5%.
Luces	Los dispositivos de iluminación se obtienen prácticamente de los planos eléctricos del proyecto, los cuales especifican el diseño de luminarias para el edificio.	La potencia lumínica en el diseño del baseline debe ser utilizado usando el mismo método de categorización usado en el apartado de clasificación del uso de espacio (tipo de edificio o la clasificación de las luces) y con el ajuste de la potencia lumínica máxima permisible correspondiente a la sección 9.3
Bloques térmicos- Diseño de zonas HVAC	Las zonas que contengan equipos HVAC deben ser simuladas como bloques independientes	Igual al edificio real.
Bloques térmicos- Diseño de zonas no HVAC	Los espacios que no cuentan con termostato se juntaron con lugares similares en uso, actividad e intensidad de carga por iluminación para formar una zona térmica independiente.	Igual al edificio real.
Sistemas HVAC	Los sistemas HVAC en el edificio real son diseñados previamente a partir de un estudio de la carga térmica del sitio para encontrar la capacidad de dicho sistema.	Los sistemas HVAC en el diseño del baseline deben ser del tipo y descripción especificada en la sección G3.1.1 G3.1.2 y G3.1.3.

Tomada y editada de: AHSRAE 90.1, Apéndice G.

El tercer prerrequisito que habla de la gestión de refrigerantes no dañinos a la capa de ozono, por el momento no se cumple, debido a que los sistemas de

refrigeración manejan refrigerante R-22 el cual contiene CFC, pero el prerrequisito sugiere también de una gestión de cambio gradual de los sistemas con refrigerantes contaminantes a otros que no contengan CFC [2], luego en la Tabla 42 se realizan las propuestas, a modo de resumen, del resultado obtenido en la evaluación de los anteriores prerrequisitos.

Tabla 42. Evaluación de los prerrequisitos de la sección energía y atmósfera.

Prerrequisito	Evaluación	Resultado
Recepción fundamental de los sistemas de energía del edificio	Esto se puede verificar con el documento de la licitación, del que se habló anteriormente, el cual expone específicamente, que todos los sistemas principales del edificio deben ser entregados en óptimas condiciones.	Realizado
Mínima eficiencia energética	Se realizaron las especificaciones requeridas y se obtuvieron los resultados esperados.	Por realizar
Reducir las emisión de gases que afectan la capa de ozono	El sistema de A.A trabaja con R-22 por lo tanto este prerrequisito se réproba o en su defecto se debe elaborar un cambio graduar de los refrigerantes.	En proceso

Fuente: Autores.

Una vez cumplidos los prerrequisitos, lo que se debe hacer es proceder a analizar los requisitos y decidir qué tan viable puede ser su implementación en el edificio. La Tabla 43 muestra los diferentes créditos propuestos por la *LEED* para esta sección junto con el rango de puntos posibles, el objetivo y su respectivo requisito.

Tabla 43. Requisitos norma *LEED*.

Crédito	puntos	Objetivo	Requisito
Optimización de la eficiencia energética.	1 a 19	Obtener un incremento en los niveles de eficiencia energética por encima de la norma, con el fin de reducir el impacto económico y medioambiental.	Simulación energética del edificio completo. Demostrar un porcentaje de mejora en el índice de eficiencia propuesto para el edificio en comparación con el índice de eficiencia del edificio de referencia.
Energía renovable in situ	1 a 7	Favorecer y reconocer el incremento de niveles de auto-suministro de energía renovable in situ para reducir los impactos medioambientales y económicos.	Usar sistemas de energía renovable in-situ para compensar el coste energético del edificio.
Recepción adicional de obras.	2	Verificar y asegurar que el edificio entero sea diseñado, construido y calibrado como se pretende.	Implantar un contrato in-situ para realizar actividades adicionales.
Gestión mejorada de los refrigerantes.	2	Reducir emisiones que afecten la capa de ozono.	Seleccionar refrigerantes y sistemas HVAC que minimicen o eliminen la emisión de componente que contribuyan a la disminución de la capa de ozono.
Medición y verificación	3	Proporcionar medios para la continua contabilidad del consumo de energía del edificio en el tiempo.	Desarrollar e implantar un plan de medición y verificación.
Energía verde	2	Favorecer el desarrollo y el uso de tecnologías de energía renovable.	Proporcionar al menos el 35% de la electricidad del edificio a partir de fuentes renovables.

Tomado y editado de la norma *LEED*, Versión 3.0, 2009.

7.4 RESULTADOS BASELINE

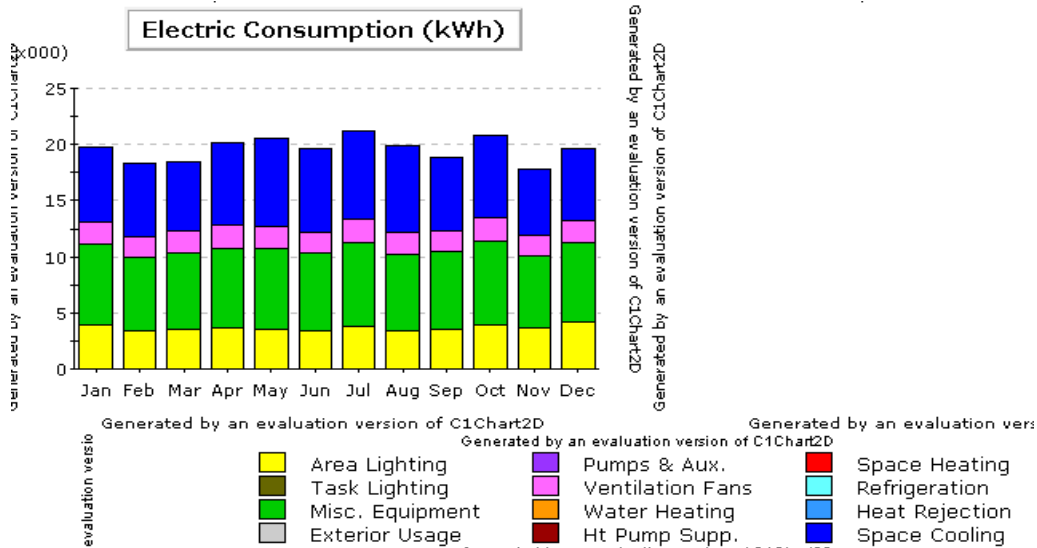
En la Tabla 44 se registra el valor del consumo de energía total anual del edificio baseline, junto a los valores mensuales correspondientes a cada una de las categorías que presentan un gasto de energía.

Tabla 44. Consumo energético del edificio baseline (kW-hx1000).

MES	Espacio refrigerado [kW-h]	Iluminación [kW-h]	Equipos misceláneos [kW-h]	Ventiladores [kW-h]
Enero	6.67	2.00	7.14	3.92
Febrero	6.52	1.82	6.49	3.46
Marzo	6.23	1.91	6.82	3.53
Abril	7.45	2.00	7.14	3.63
Mayo	7.87	2.00	7.14	3.59
Junio	7.44	1.91	6.82	3.46
Julio	7.81	2.09	7.47	3.80
Agosto	7.76	1.91	6.82	3.41
Septiembre	6.56	1.91	6.82	3.59
Octubre	7.37	2.09	7.47	3.89
Noviembre	5.90	1.82	6.49	3.62
Diciembre	6.30	2.00	7.14	4.13
Total	83.89	23.43	83.78	44.02
Consumo total anual			253.13 [kW-h]	

Fuente: Autores.

Figura 44. Consumo energético mensual del edificio Baseline.

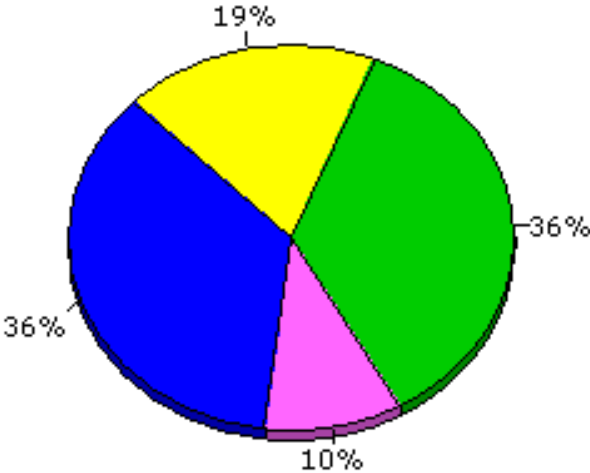


Fuente: Autores.

Después de realizar las especificaciones dadas por la norma, se simula el modelo baseline generado. Los valores consignados en la Tabla 44 se ven representados por la Figura 44 y el porcentaje de consumo anual para cada categoría se

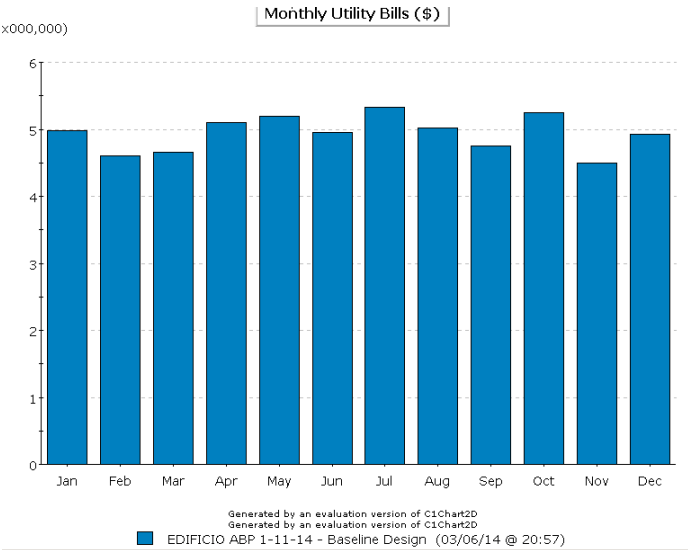
observa en la Figura 45, en la cual es posible apreciar que el espacio refrigerado y la carga por equipos misceláneos presentan ambos un consumo igual a 36%.

Figura 45. Porcentaje de consumo energético anual del edificio Baseline.



Fuente: Autores.

Figura 46. Costo del consumo de energía mensual y anual del edificio Baseline.



Fuente: Autores.

Los resultados del costo del consumo energético del edificio baseline mes a mes y el costo del consumo anual que corresponde a un valor de \$59.251.769 pesos. Estos valores se pueden visualizar en la Figura 46.

Con el objetivo de mostrar de una mejor forma los resultados, la Tabla 45 realiza una comparación en términos del consumo energético del edificio real con el baseline y finalmente se calcula el porcentaje de mejora requerido desde el inicio del proyecto para así poder calificar el edificio.

Tabla 45. Consumo de energía edificio real y baseline.

Categoría	Consumo de energía en [MW-h] por año para el edificio real.	Consumo de energía en [MW-h] por año para el Baseline.
Espacio acondicionado	90.67	83.89
Fans de ventilación	31.85	23.43
Equipos Misceláneos	22.93	83.78
Iluminación.	19.37	44.02
Total	164.82	235.12
Porcentaje de mejora		29.98 %

Fuente: Autores.

7.3 ANÁLISIS *LEED* DEL ABP

El objetivo principal de realizar el análisis *LEED* es lograr que la edificación sea sostenible energéticamente, con el fin de lograr una reducción de energía y emisiones contaminantes a la capa de ozono. Por supuesto una certificación de

estas es bastante costosa y demorada, además el edificio no fue planificado, diseñado y mucho menos construido para obtener tal certificación, por lo tanto el interés real de evaluar el edificio es solo para determinar cualitativamente por medio de un software dicho nivel de sostenibilidad.

El diseño de referencia (baseline) fue creado a partir de las condiciones ambientales, operación y aspectos geométricos que recomienda la ASHRAE 90.1-2007, por lo tanto se puede considerar que solo hace falta diseñar el modelo propuesto con base a los parámetros de la norma, lo cual se desarrolla en el siguiente capítulo. Basados en los resultados obtenidos por el software se puede considerar una optimización en los niveles de energía del edificio propuesto, por tal motivo solo falta obtener el número de puntos otorgados.

De antemano los ítems que hablan de energías renovables quedan descartados para la implementación y evaluación en el edificio debido a que su análisis costo-beneficio no es aceptable. La gestión mejorada de los refrigerantes está en proceso de implementación y se puede a futuro ganar puntos con este crédito. De los demás requisitos se puede observar su evaluación en la Tabla 46; se espera la mayor cantidad de puntos posibles pues se ha cumplido con lo establecido en la norma.

Tabla 46. Evaluación de los créditos *LEED* de Energía y atmósfera.

Crédito	Descripción	Evaluación	Puntos Obtenidos
Optimización de la eficiencia Energética.	Este ítem se realizó aplicando la norma ASHRAE según la sección G	Aprobado	Para edificios nuevos con un porcentaje de mejora del 30% se obtienen 10 puntos
Energía renovable in situ	La implementación de equipos que produzcan energía limpia no es viable para este proyecto.	Reprobado	No se obtienen puntos.
Recepción mejorada	Este ítem es evaluado solo para nuevas edificaciones donde hay chance de realizar un contrato de actividades adicionales.	No aplica	2
Gestión mejorada de los refrigerantes.	Como se había explicado anteriormente los sistemas HVAC cuenta con refrigerante R-22 por lo tanto se debe realizar una gestión de cambio gradual de estos por uno más amigable con el ambiente.	Reprobado	No se obtienen puntos hasta el momento.
Medición y verificación	El edificio cuenta actualmente con un sistema de medición del consumo de energía.	Aprobado	3
Energía verde	No hay manera económica de implementar energía verde.	Reprobado	No se obtienen puntos.

Fuente: Autores.

El total de puntos obtenidos, para los créditos analizados, fue de quince. Se obtiene un resultado negativo si se considera que para la mínima certificación LEED se requiere de 40 puntos, teniendo en cuenta todas las categorías de evaluación [12]. Sin embargo cabe resaltar que solamente se evaluó la categoría de Energía y Atmósfera.

8. ESTUDIOS PARAMÉTRICOS

Este capítulo tiene como objetivo proponer cambios en la envolvente del edificio y calcular su consumo energético para evaluar la viabilidad de su implementación. Se inicia explicando acerca de la simulación de variables hipotéticas y factibles, seguido de sus resultados y evaluación económica para finalmente establecer un edificio propuesto con todas las opciones viables para su implementación.

Para cumplir con los objetivos anteriores, es necesario el uso del asistente de medición de eficiencia energética el cual es el encargado de simular el consumo de los cambios propuestos con respecto a la simulación del edificio real.

8.1 VARIABLES FACTIBLES

Estas variables representan los cambios que se pueden realizar al edificio de forma física, para conocer posteriormente su consumo y determinar la posibilidad de aplicación. El criterio para ser definidos se debe a las opciones que presenta el programa para ser simuladas, llegando a la conclusión de variar las siguientes características:

- Aplicación de un control automático de iluminación.
- Modificación del ajuste del termostato.
- Cambio total de los vidrios de las ventanas y tipo de puertas.
- Adicionar aletas³⁴ y voladizos en las ventanas.
- Montaje de una capa de aislamiento a las paredes exteriores.

³⁴ Saliente vertical de concreto u otro material en una ventana, muy parecido a un voladizo, ver la fila 3 en figura 11.

En las Tablas 47 a 53 se presentan las especificaciones de las consideraciones utilizadas para los cambios realizados al edificio.

Tabla 47. Consideraciones para el control de iluminación.

Control iluminación.		
No hay ningún control de iluminación actualmente en el edificio.	Método de área de luz natural	Simplificado
	N° de foto sensores por zona	1
	% de control de luz	100
	Nivel de luz de diseño	50 [Lumen/ft ²]
	Localización foto sensor:	2.5 [ft] arriba del suelo
	Foto sensor:	Fluorescente: Alto/Bajo Balastro (completo - 60% potencia); salida de potencia por fase= 0.6; salida de luz por fase= 0.55
	Método de área de luz natural	Simplificado
	N° de foto sensores por zona	1
	% de control de luz	50
	Nivel de luz de diseño	40 [Lumen/ft ²]
	Localización foto sensor:	2.5 [ft] arriba del suelo
	Foto sensor:	Fluorescente: Disminución de la intensidad: Baja 20% las luces (36% potencia)
	Método de área de luz natural	Simplificado
	N° de foto sensores por zona	1
	% de control de luz	100
	Nivel de luz de diseño	50 [Lumen/ft ²]
	Localización foto sensor:	2.5 [ft] arriba del suelo
	Foto sensor:	Encendido/Apagado
	Método de área de luz natural	CA title-24 2008
	Nivel de luz de diseño	50 [Lumen/ft ²]
Foto sensor:	Full-2/3-1/3-apagado	

Fuente: Autores.

Tabla 48. Consideraciones para el ajuste del termostato.

Edificio Real				Edificio propuesto			
Reajuste del termostato							
Ocupado °F		Desocupado °F		Ocupado °F		Desocupado °F	
<i>Cool</i>	<i>Heat</i>	<i>Cool</i>	<i>Heat</i>	<i>Cool</i>	<i>Heat</i>	<i>Cool</i>	<i>Heat</i>
71.6	70	82.4	64	75.2	63	83	60

Fuente. Autores.

El tipo de vidrio se determinó de acuerdo al coeficiente de ganancia de calor solar el cual debía cumplir con la condición de un bajo SHGC y U con el objetivo de disminuir la ganancia de calor solar y la transferencia de calor con el entorno respectivamente. Para cumplir con estas condiciones se tomaron en cuenta las siguientes características.

Tabla 49. Consideraciones para el ventanaje.

Cambio del vidrio de fenestración					
Edificio real			Edificio propuesto		
Categoría Vidrio	Tipo de vidrio	Marco	Categoría Vidrio	Tipo de vidrio	Marco
Vidrio sencillo claro	Claro 3[mm] (5000: U=1.04; SHGC=0.86; VT=0.9)	Aluminio	Vidrio sencillo reflectante	Vidrio ¼ [pul] (1408: U=0.87; SHGC=0.23; VT=0.05)	Aluminio
			Vidrio doble claro reflectante	Vidrio/capa fina de aire/Vidrio 6[mm] (2400: U=0.49; SHGC=0.14; VT=0.07)	
			Vidrio gris	Vidrio 3[mm] (2400: U=1.04; SHGC=0.7; VT=0.62)	
			Vidrio gris	Vidrio 6[mm] (5021: U=1.03; SHGC=0.6; VT=0.47)	
			Vidrio bronce	Vidrio 3[mm] (2400: U=1.04; SHGC=0.73; VT=0.68)	
			Vidrio bronce	Vidrio 6[mm] (2400: U=1.02; SHGC=0.62; VT=0.53)	

Fuente: Autores.

Tabla 50. Consideraciones para las puertas.

Puertas					
Edificio real			Edificio Propuesto.		
Tipo	Categoría de vidrio y tipo de vidrio	Marco	Tipo	Categoría de vidrio y tipo de vidrio	Marco
Opaca	Acero, forrada con un núcleo sólido.	aluminio	Vidrio	Vidrio 6[mm] (5021: U=1.03; SHGC=0.6; VT=0.47)	Aluminio
			Opaca	Madera, forrada con un núcleo sólido	Madera

Fuente: Autores

Tabla 51. Consideraciones para aletas y voladizos.

Aletas y voladizos					
Edificio real		Edificio propuesto			
Voladizos	Aletas	Voladizos		Aletas	
No se encuentran en ninguna ventana del edificio		Profundidad de sombra en todas las ventanas del edificio			
		Norte	2, 3, 5 [ft]	Norte	2, 3, 5 [ft]
		Sur	2, 3, 5 [ft]	Sur	2, 3, 5 [ft]
		Oriente	2, 3, 5 [ft]	Oriente	2, 3, 5 [ft]
		Occidente	2, 3, 5 [ft]	Occidente	2, 3, 5 [ft]

Fuente: Autores.

Tabla 52. Consideraciones para la pared exterior.

Pared vertical exterior			
Edificio real			
Categoría	Material	Espesor (ft)	Conductividad (Btu/h-ft-°F)
Ladrillo	Ladrillo a la vista , 4 Pulgadas (BK05)	0.333	0.7576
Mortero de cemento	Cemento plástico con agregado de arena, 1 pulgadas (CM03)	0.083	0.022
			0.4167
Edificio propuesto			
Categoría	Material	Espesor (ft)	Conductividad (Btu/h-ft-°F)
Ladrillo	Ladrillo a la vista , 4 Pulgadas (BK05)	0.333	0.7576

Panel de aislamiento	Fibra de vidrio, 1/4 Pulgadas (GL01)	0.021	0.022
Mortero de cemento	Cemento plástico con agregado de arena, 1 pulgadas (CM03)	0.083	0.4167

Fuente: Autores.

Tabla 53. Consideraciones para las cortinas.

Cortinas			
No hay cortinas en la mayoría de los recintos.	Persianas enrollables opaca color oscuro y color claro.		
	orientación	% Ocupadas	% Desocupadas
	Norte	100	100
	sur	100	100
	Oriente	100	100
	Occidente	100	100
	Persianas enrollables opaca color oscuro		
	orientación	% Ocupadas	% Desocupadas
	Norte	70	100
	sur	70	100
	Oriente	70	100
	Occidente	70	100
	Cortina de tela color oscura		
	orientación	% Ocupadas	% Desocupadas
	Norte	100	100
	sur	100	100
	Oriente	100	100
Occidente	100	100	

Fuente: Autores

Los parámetros reales fueron seleccionados según el funcionamiento del edificio mientras que las temperaturas para acondicionamiento y calefacción están basadas en los estándares designados por la norma [2]. -Se realizaron estos cambios para todos los sistemas de aire acondicionado presentes en la edificación-.

8.2 VARIABLES HIPOTÉTICAS

Se consideran variables hipotéticas a aquellos cambios que de forma física son imposibles de realizar pero que se hace interesante analizar de una manera netamente académica.

Para este proyecto se tiene en cuenta como variable hipotética la variación de la orientación del edificio, ya que según el diseño arquitectónico que este presenta, existe la posibilidad que el consumo de energía varíe al estar ubicado en otra dirección. Se realizó la simulación del edificio variando su orientación cada 22.5° para el cual en los resultados presentados a continuación solo se visualiza la orientación en la cual se da el menor consumo de energía.

Es importante resaltar que esta variable debe tenerse en cuenta a la hora de comenzar a diseñar un proyecto de construcción, puesto que puede generar un gran impacto en el ahorro de energía.

Todas las variables tanto hipotéticas como factibles, se simularon mediante el asistente de medición de la eficiencia energética comentado en el capítulo seis; de igual manera en el Anexo F se presenta el manual de usuario del programa como soporte.

8.3 RESULTADOS DE LAS VARIACIONES

Finalmente en la Tabla 54 se puede apreciar el consumo energético anual dado por cada uno de los cambios expresados en los puntos anteriores, comparados con el consumo del edificio real; siendo de esta manera posible determinar cuáles cambios representan una reducción considerable en el consumo de energía para posteriormente ser evaluadas económicamente.

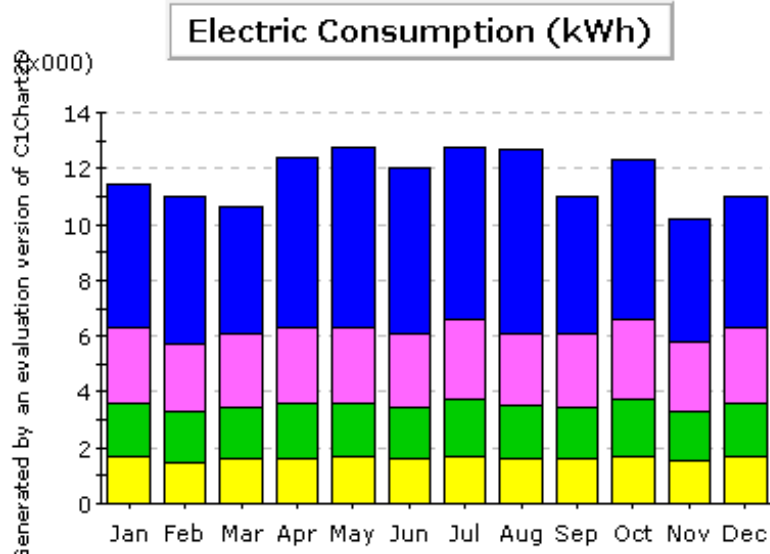
Tabla 54. Consumo energético de los diferentes edificios propuestos.

Componente.	Total Anual [MW-h]	Medición de energía Aplicado a.	Ahorro de energía por año en [MW-h]
Edificio Álvaro Beltrán Pinzón	164.65	-----	0
Datos meteorológicos 2013	172.38	Edificio Álvaro Beltrán Pinzón	-7.73
Ajuste del termostato	140.15		24.5
Aletas 2 [feet]	164.31		0.34
Aletas 3 [feet]	164.24		0.41
Aletas 5 [feet]	163.93		0.72
Voladizo 2 [feet]	165.43		-0.78
Voladizo 3 [feet]	165.28		-0.63
Voladizo 5 [feet]	164.37		0.28
Voladizo y aleta 5 [feet]	162.79		1.86
Ventana sencilla reflectante	162.08		2.57
Ventana doble reflectante	162.01		2.64
Ventana sencilla gris 3[mm]	163.59		1.06
Ventana sencilla gris 6[mm]	162.92		1.73
Ventana sencilla bronce 3[mm]	163.76		0.89
Ventana sencilla bronce 6[mm]	163.07		1.58
Puerta de vidrio gris 6[mm]	164.47		0.18
Puerta madera	164.48		0.17
Persiana enrollable opaca color oscura	159.83		4.82
Persiana enrollable opaca color clara	164.73		-0.08
Cortina de tela color oscura	162.34		2.31
Pared Aislamiento	138.53		-1.07
Control Iluminación (Disminución de la Intensidad) 40%	178.38		-13.73
Control Iluminación (Disminución de la Intensidad) ON-OFF	178.07		-13.42
Orientado al Occidente (Oeste-West)	171.77		-7.12
Orientado al Sur	177.19		-6.54
Orientado al Oriente (Este-East)	169.58		-4.93
Noreste al norte	163.34		1.31
Noreste	163.76		0.89

Fuente: Autores.

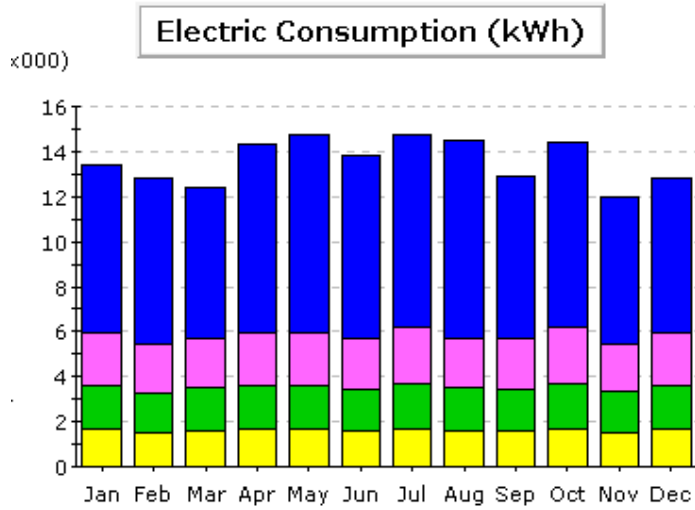
Los valores apreciados con un signo negativo, representan un aumento en el consumo de energía, por lo tanto no es necesario visualizar su comportamiento mensualmente. Las Figuras 47 a la 51 representan el consumo de energía mensual para todo un año de los cambios realizados al edificio real que presentan un ahorro de energía.

Figura 47. Consumo energético del edificio con el ajuste del termostato.



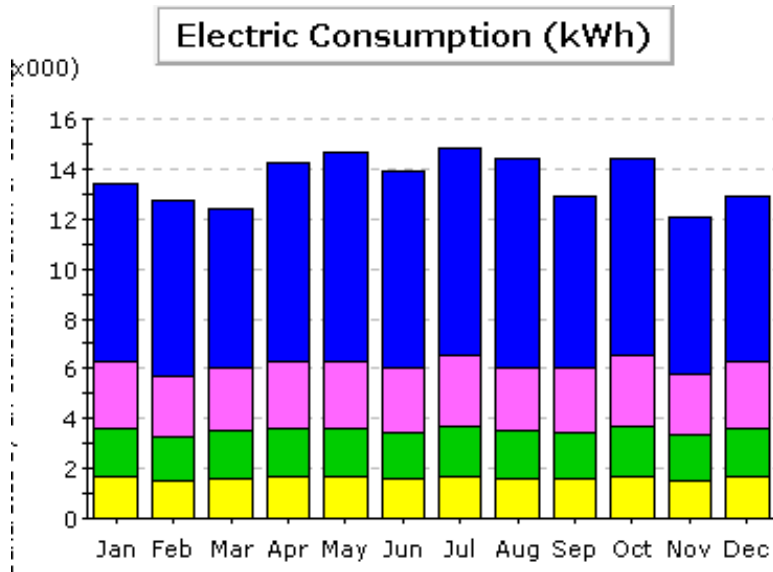
Fuente: Autores.

Figura 48. Consumo energético del edificio con aletas y voladizos.



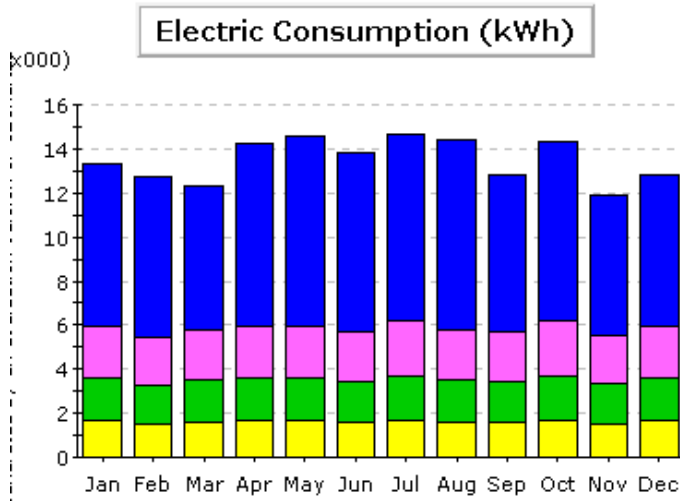
Fuente: Autores.

Figura 49. Consumo energético del edificio con ventanas opacas gris 6mm.



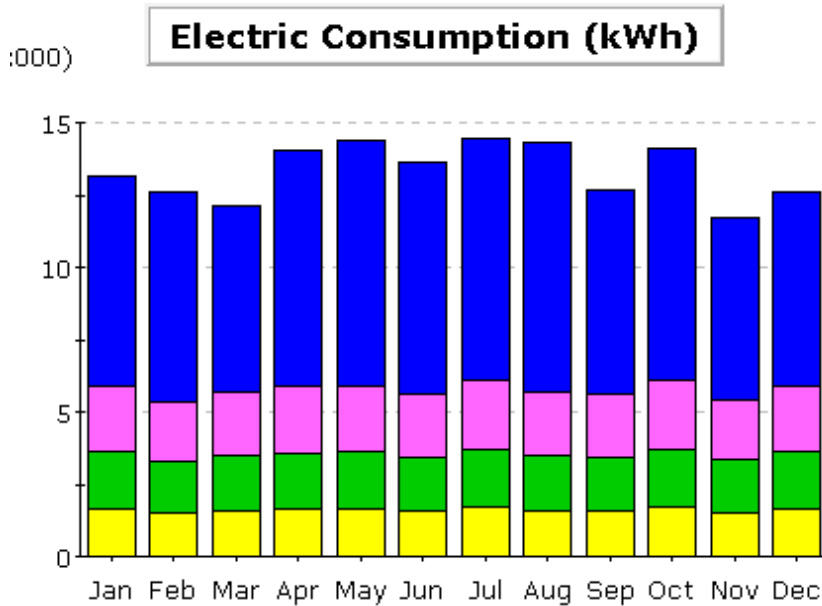
Fuente: Autores.

Figura 50. Consumo energético del edificio con ventanas dobles reflectantes.



Fuente: Autores.

Figura 51. Consumo energético del edificio con persianas opacas.



Fuente: Autores.

Estas gráficas permiten ver el comportamiento energético del edificio mes a mes durante un año, dando la posibilidad de realizar un análisis más detallado y llegar a las siguientes conclusiones:

- El perfil que muestran todas las gráficas es básicamente el mismo ya que este depende del valor de los datos meteorológicos del sitio donde está ubicado el edificio. Se puede llegar a la conclusión que los meses de abril, mayo, julio, agosto y octubre, son aquellos donde la temperatura del aire es mayor lo cual conlleva a un consumo de energía más alto.
- Al ubicar el termostato a una temperatura de 24 °C, la cual hace parte del confort humano, es posible observar una disminución notoria en el consumo de energía, especialmente en la categoría de espacio refrigerado, llegando a tener un ahorro anual de energía de 24.5 [MW-h] con respecto al consumo del edificio real.
- El cambio de las ventanas sencillas claras por ventanas sencillas color gris de 3mm, presentan una reducción de 1.06 [MW-h] con respecto al edificio real, lo cual refleja que el ahorro de energía no es lo suficientemente grande como para justificar el costo del cambio del ventanaje.
- Según los datos obtenidos en los cambios de tipo de ventana, se observa que al colocar vidrios reflexivos se presenta la mayor reducción en el consumo de energía por parte del edificio con respecto al edificio real. La viabilidad de la implementación de este tipo de vidrios se analiza por el costo de implementación.
- Aplicarle algún tipo de aislamiento a las paredes, no resulta ser muy conveniente, ya que el análisis arroja un aumento en el consumo de energía de 1.07 [MW-h]. Esto se puede dar debido a que el edificio se encuentra ubicado en el trópico.
- La implementación de persianas enrollables oscuras se puede considerar como una opción viable, porque reducen el consumo de energía del edificio en 4.82 [MW-h] anuales y su inversión no resulta ser muy alta.

Una de las recomendaciones de la norma ASHRAE 90.1 a la hora de realizar análisis energéticos a edificaciones correspondió en girar el edificio de tal manera que con la ayuda del software se pueda simular el consumo energético del mismo para cada caso. Este ejercicio se logró hacer para cada 22.5°, permitiendo llegar a la conclusión, que este debería cambiar su orientación al noreste del norte y de esta manera su consumo bajaría en 1.31[MW-h] anuales, pero como se mencionó anteriormente, este caso simplemente puede hacer parte de un análisis teórico, ya que en la realidad es imposible mover el edificio; por este motivo se recomienda emplear este tipo de análisis en la etapa de planeación y diseño del proyecto con el objetivo de tener un conocimiento previo de un consumo de energía aproximado del mismo.

8.4 EVALUACIÓN ECONOMICA DE LA RECOMENDACIÓN

En este apartado se realiza un análisis económico de los diferentes cambios, previamente realizados al edificio con el programa, con el fin de observar que tan viables pueden llegar a ser. Para realizar dicho análisis fue necesario recurrir a los métodos de evaluación de proyectos vistos en ingeniería económica, descritos a modo de resumen a continuación.

8.4.1 Valor presente neto.

El valor presente neto es importante, para decidir qué tan rentable puede llegar ser un proyecto. Representa la equivalencia actual de los ingresos netos futuros y presentes de un proyecto. Es importante aclarar el concepto específico de equivalencia: la conversión de sumas futuras a sumas presentes permite sumar costos y beneficios de diferentes años como si hubieran ocurrido todos en el mismo periodo [13].

8.4.2 Cálculo del valor presente neto.

Primeramente se determina los beneficios netos anuales de cada uno de los años de vida útil del proyecto, restando los costos del proyecto.

$$BN_t = B_t - C_t \quad (14)$$

Dónde:

BN_t = Beneficio neto en el periodo t

B_t = Beneficios (brutos) en el período.

C_t = Costos en el período t

$t = 1, 2, 3, \dots, T$

T = Ultimo período de la vida útil del proyecto.

i_{op} = Representa la tasa de interes de oportunidad.

Luego, cada uno de estos beneficios netos se convierte a su equivalencia en el período de referencia, por lo tanto se define el valor presente neto como:

$$VPN = \sum_{t=0}^T \frac{BN_t}{(1 + i_{op})^t} \quad (21)$$

$VPN > 0$ El proyecto es atractivo desde el punto de vista financiero.

$VPN < 0$ El proyecto no vale la pena desde el punto de vista financiero.

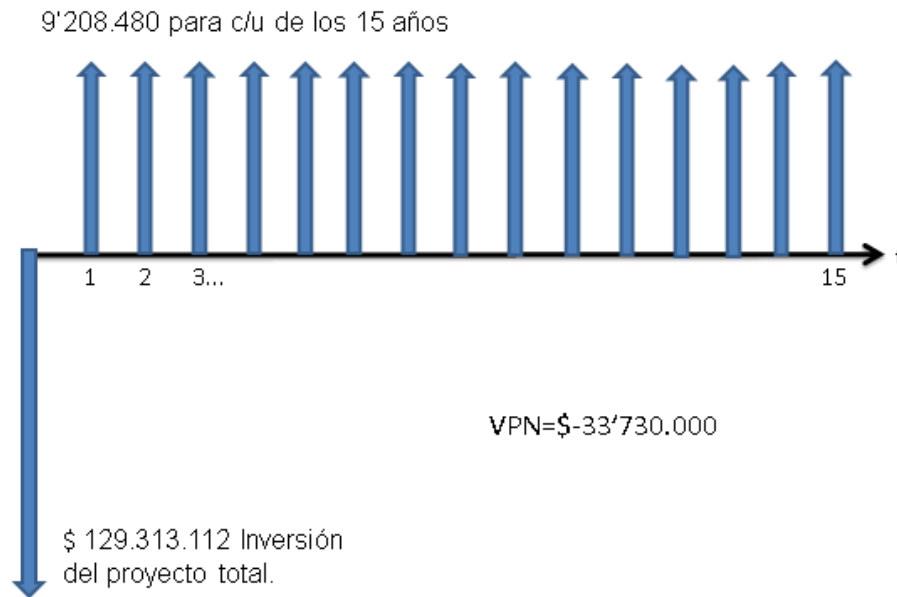
$VPN = 0$ Es indiferente realizar el proyecto.

Se realizó un pequeño programa en EES³⁵ para obtener el valor presente neto de cada una de las recomendaciones que ahorran energía, para dar un criterio de que tan conveniente resulta invertir en el proyecto. La tasa de interés de oportunidad para el proyecto es de 5% [8] –al invertir en el proyecto, el inversionista sacrifica la oportunidad de ganar la tasa de interés i en el mercado financiero. Por tal motivo, esta tasa podría representar el costo de oportunidad del dinero invertido en el proyecto [13]- y el número de años de estudio es el equivalente a los años de depreciación del proyecto, siendo 15 años para bienes muebles como: las ventanas, puertas, entre otros.

En el análisis no se tuvieron en cuenta los costos de mantenimiento, tampoco el valor de depreciación anual para el proyecto, es decir, este estudio solo se contabiliza el ahorro energético en pesos anuales. La Figura 52 muestra los flujos de caja anuales para el conjunto de las diferentes recomendaciones realizadas para remodelar el edificio. Cabe resaltar que solo se presenta el costo de las opciones que reducen el consumo de energía, en la Figura 52 se excluyó del análisis el edificio con voladizos y aletas debido a su alto costo de implementación y su bajo ahorro de energía en comparación con otras recomendaciones.

³⁵ Engineering Equation Solver

Figura 52. Flujos de caja y VPN para el edificio propuesto con aletas y voladizos.



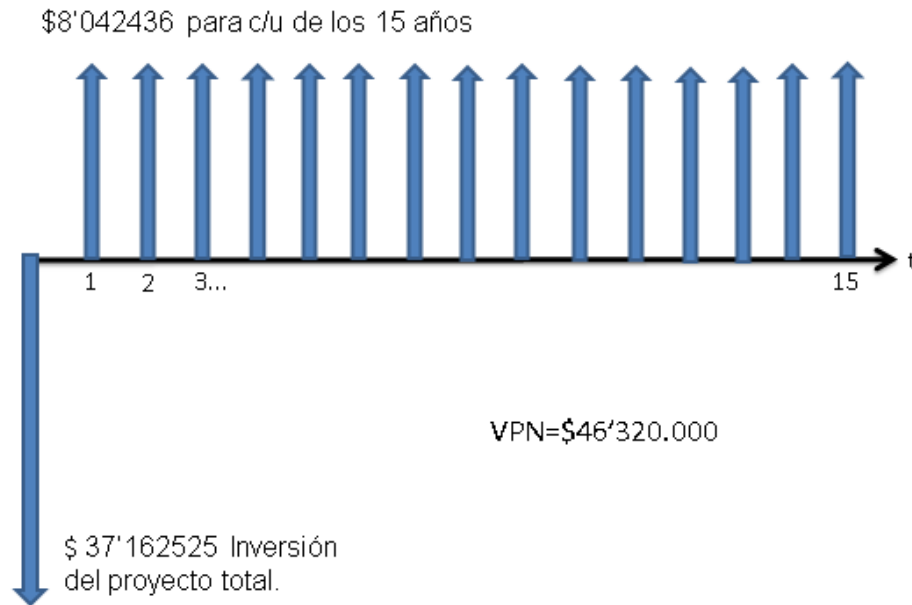
Fuente: Autores.

Utilizando el programa EES obtuvimos el valor presente neto para un tiempo de 15 años, el resultado fue un valor negativo, lo que quiere decir que no es viable invertir en el proyecto ya que con la tasa de interés propuesta no se recupera la inversión hecha.

Se presenta una excepción para el caso de la implementación de las persianas enrollables, las cuales son viables instalar, ya que el retorno de su inversión corresponde a un periodo entre cuatro y cinco años, teniendo en cuenta el costo del ahorro de energía. Su inversión está dada por un valor aproximado de \$13.000.000.

Finalmente se realizó un estudio con las recomendaciones más efectivas, tales como: ventanas sencillas reflectantes, persianas oscuras, ajuste del termostato, orientación del edificio y eliminación del domo el resultado se puede apreciar en la Figura 53.

Figura 53. Flujos de caja y VPN para el edificio propuesto sin aletas y voladizos.



Fuente: Autores.

Este último análisis económico arroja un valor presente neto positivo, luego significa que es viable invertir en el proyecto para dicha tasa de interés, porque entre cinco y seis años el dinero invertido es recuperado.

8.5 EDIFICIO PROPUESTO

Después de realizar los anteriores análisis y de observar cual o cuales de las variables logran ser realmente viables para implementar, ya sea por su ahorro de energía o porque resulta atractivo invertir, en la Tabla 55 se presentan las variables seleccionadas con sus respectivas condiciones.

Tabla 55. Consideraciones finales para el edificio propuesto.

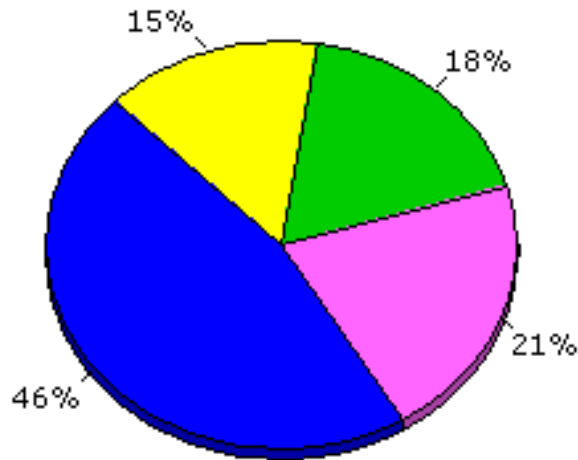
Edificio Real				Edificio propuesto			
Reajuste del termostato							
Ocupado °F		Desocupado °F		Ocupado °F		Desocupado °F	
<i>Cool</i>	<i>Heat</i>	<i>Cool</i>	<i>Heat</i>	<i>Cool</i>	<i>Heat</i>	<i>Cool</i>	<i>Heat</i>
71.6	70	82.4	64	75.2	63	83	60
Se colocan cortinas opacas oscuras en todas las ventanas con el fin de reducir la ganancia de calor solar.							
Se elimina el domo que se encuentra en la parte superior debido a la ganancia de radiación que permite.							
Persianas enrollables opaca color oscuro y color claro.							
No hay cortinas en la mayoría de los recintos.		orientación		% Ocupadas		% Desocupadas	
		Norte		100		100	
		sur		100		100	
		Oriente		100		100	
		Occidente		100		100	
POSICIÓN REAL DEL EDIFICIO AL NORTE.				POSICIÓN TEÓRICA DEL EDIFICIO NORESTE AL NORTE.			
Categoría Vidrio	Tipo de vidrio	Marco		Categoría Vidrio	Tipo de vidrio	Marco	
Vidrio sencillo claro	Claro 3[mm] (5000: U=1.04; SHGC=0.86; VT=0.9)	Aluminio		Vidrio sencillo reflectante	Vidrio ¼ [pul] (1408: U=0.87; SHGC=0.23; VT=0.05)	Aluminio	

Fuente: Autores.

8.6 RESULTADOS DEL EDIFICIO PROPUESTO.

Por medio del asistente de medición de energía se realizó la simulación de la implementación de todas las variables seleccionadas para el edificio propuesto y en las Figura 54 a la 56 se muestran los respectivos valores. En la Tabla 56 se presenta el consumo de energía total anual y el total anual para cada uno de

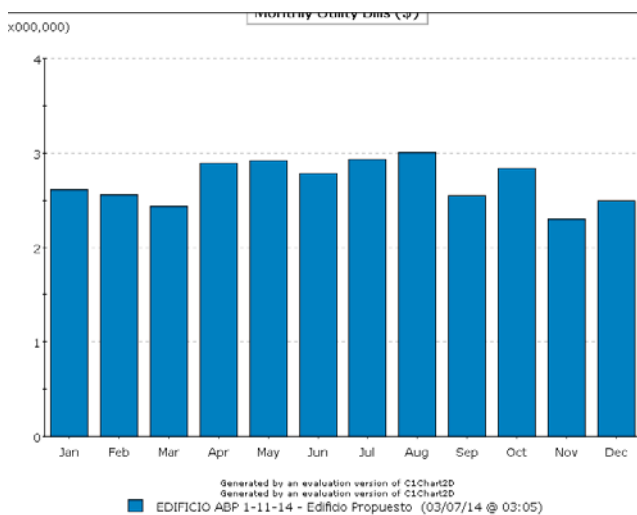
Figura 55. Porcentaje de consumo energético anual del edificio propuesto.



Fuente: Autores.

El programa genera resultados del costo del consumo energético del edificio propuesto mes a mes y el costo del consumo anual que corresponde a un valor de \$32.342.314 pesos. Estos valores se pueden visualizar en la Figura 56.

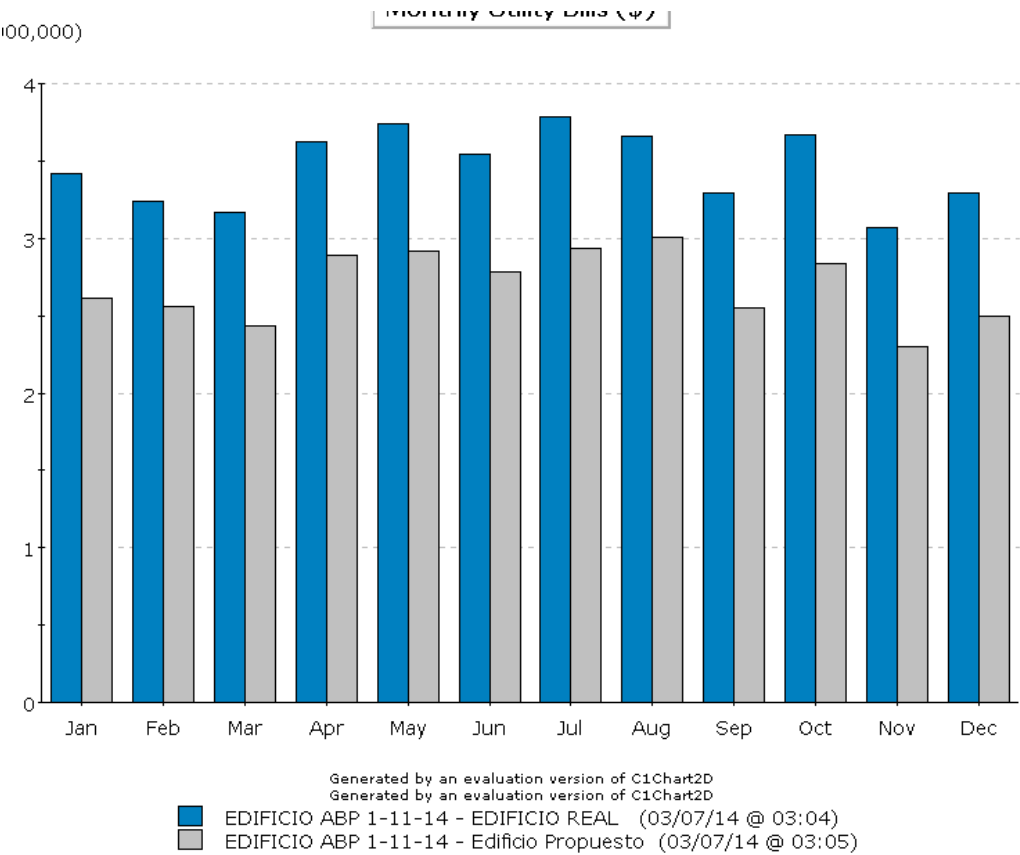
Figura 56. Costo del consumo de energía mensual y anual.



Fuente: Autores.

El programa también puede generar gráficas comparativas entre las opciones que el usuario dese personalizar, para este caso se compararon el edificio propuesto versus el edificio real como se puede apreciar en la Figura 57. Donde se aprecia la reducción considerable en el consumo de energía para cada uno de los meses del año.

Figura 57. Comparación del costo de energía entre el edificio propuesto y real.



Fuente: Autores.

Comparando el edificio propuesto versus el edificio baseline el rendimiento energético del edificio es mayor con respecto a la comparación que se hizo anteriormente del edificio real. El consumo energético del edificio propuesto es de 128.34 [MW-h] anuales y para el baseline fue de 235.12 [MW-h] anuales, lo cual genera un rendimiento del 45.4%, representando un considerable ahorro de energía y justifica la implementación de las recomendaciones propuestas en este capítulo. Es importante resaltar que si se desea participar en una certificación LEED, este rendimiento otorgaría una cantidad de 19 de puntos.

Finalmente se puede llegar a las siguientes conclusiones con el edificio propuesto al ser comparado con el edificio real:

- El ajuste del termostato a un valor de 24°C muestra un consumo menor de energía y es el más representativo de los cambios que se pueden hacer, debido a que no se requiere realizar una inversión, por lo tanto si la carga térmica instantánea no es considerablemente grande, se puede regular el termostato a esta temperatura, la cual cumple con las condiciones de confort estándar [1] y podría ayudar a reducir aproximadamente 24.5 [MW-h] anuales, los cuales corresponderían aproximadamente a un ahorro del 15% de energía anual.
- Una de las recomendaciones de la norma ASHRAE, cuando se desea realizar análisis energéticos a edificaciones, correspondió en girar el edificio de tal manera que con la ayuda del software se pudiera simular el consumo energético del mismo para cada caso. En este ejercicio se presentó la oportunidad de hacerlo para cada 22.5°, permitiendo llegar a la conclusión, que este debería cambiar su orientación al noreste del norte y de esta manera su consumo bajaría en 1.31[MW-h] anuales, pero como se mencionó anteriormente, este caso simplemente puede hacer parte de un análisis hipotético, porque en la realidad es imposible mover el edificio; por este motivo se recomienda emplear este tipo de análisis en la etapa de planeación y diseño

del proyecto con el objetivo de tener un conocimiento previo de un consumo de energía aproximado del mismo.

- Debido a que en Colombia no se presentan estaciones, la variación del clima es poca o no es tan drástica a lo largo del año como en otros lugares del mundo; por lo tanto es posible recomendar según los resultados obtenidos en el análisis, que el tipo de ventanas dobles o triples, con un bajo coeficiente de transmisión de calor, no es necesario implementar, puesto que este cambio presenta un ahorro energético aproximado de 2.64[MW-h] que representa un ahorro de \$665280 pesos, mientras que el costo de la remodelación sería de \$36293787 pesos, siendo considerable respecto al ahorro de energía.
- Aplicar un tipo de aislamiento a las paredes, no tiene gran relevancia a la hora de buscar un consumo energético menor en una edificación como se observó en el análisis realizado en este proyecto lo cual conlleva a ser una opción no recomendable para ejecutarse, además se observó que para los edificios el clima tropical es innecesario aislar el edificio del exterior esto debido a que produce un aumento en la carga del local produciendo un mayor consumo del aire.

CONCLUSIONES

- Se realizó la simulación energética del edificio Álvaro Beltrán Pinzón mediante el software libre eQUEST teniendo en cuenta los detalles arquitectónicos y perfiles de uso que describían el comportamiento del mismo, llegando a resultados satisfactorios que permitieron mirar desde diferentes perspectivas el consumo energético del edificio
- Se creó un modelo virtual de la estructura del edificio teniendo en cuenta los detalles de orientación, tipo de ventanas y puertas, configuración de techos y paredes y materiales de construcción, para el cual fue necesario recopilar la información por medio de la División de Planeación, División de Planta Física y División de Mantenimiento de la Universidad Industrial de Santander.
- Se determinó el consumo energético del edificio teniendo en cuenta las cargas internas por iluminación, equipos misceláneos, ventiladores y materiales de construcción de la envolvente. Los resultados del consumo energético obtenidos durante la simulación fueron justificados mediante el consumo real del edificio (datos suministrados por la división de planta física de la Universidad Industrial de Santander). Este actualmente se encuentra en un promedio de 12.012 [KW-h] mensuales, para un total 144.144 [KW-h] anuales, y la simulación arrojó un valor de 164.650 [KW-h] anuales para un margen de error del 14% aproximadamente, el cual se puede considerar aceptable ya que se debe tener en cuenta que a la hora de realizar simulaciones térmicas es posible acercarse al comportamiento real pero nunca se podrá llegar a modelar exactamente.
- Se realizó la implementación de los lineamientos LEED para evaluar el rendimiento térmico de la edificación. Debido a esto es posible considerar el

edificio Álvaro Beltrán Pinzón energéticamente bueno al ser comparado con el edificio llamado baseline propuesto por la norma ASHRAE 90.1, el cual tiene la funcionalidad de ser diseñado con un consumo energético estándar. Durante la simulación se presentó un porcentaje de mejora de aproximadamente 30%, valor que confirma lo dicho anteriormente. También se calculó el rendimiento del edificio propuesto donde obtuvo un valor de 45.4% con respecto al baseline.

- Según el análisis realizado en este proyecto es posible llegar a la conclusión que el edificio Álvaro Beltrán Pinzón presentaría un ahorro de energía aproximado del 22% siempre y cuando el termostato del sistema HVAC se ajuste en 24 °C, que las ventanas tengan persianas enrollables opacas, eliminar el domo interno e instalar ventana sencillas reflectantes. Las demás opciones que reducen el consumo de energía no se recomiendan debido al alto costo de su implementación.
- Debido a que no existe un formato .BIN correspondiente a los datos meteorológicos de la zona de Bucaramanga, se creó dicho archivo mediante la herramienta eQUEST Weather Format Converter, para ser usado en la simulación. Este archivo también hace parte de un aporte a la comunidad que requiere realizar simulaciones para dicha zona mediante el software eQUEST.
- El software eQUEST, utilizado para la realización del proyecto presenta un gran potencial para ser usado como instrumento en la simulación energética de una edificación, pues permite ingresar datos correspondientes a la ubicación del edificio y materiales empleados en su construcción, los cuales hacen parte fundamental a la hora de definir la estructura del mismo y tiene la característica de ser un *software libre*.
- El análisis energético realizado en este proyecto demuestra que es posible llegar a simular casi de forma real un edificio, lo cual permite predecir su

comportamiento antes de ser edificado, buscando de esta manera tomar decisiones acerca de la orientación, materiales, equipos de acondicionamiento de aire, entre otros, que cumplan con el objetivo de reducir el consumo energético y ayudar con la conservación del medio ambiente.

- Teniendo en cuenta que Colombia se encuentra ubicada en el ecuador y que el fenómeno de las estaciones no se presenta en esta latitud, existen alternativas de remodelación para el edificio que no son recomendadas, debido a que presentan un alto costo de instalación y una disminución mínima de energía como es el caso de las ventanas con doble vidrio y espacio interno de aire, o un aumento en el consumo como es el caso del aislamiento en las paredes externas de la edificación debido a que estas no permiten fácilmente la transferencia de calor hacia el exterior aumentando la carga térmica interna del recinto.

- La realización de este proyecto de grado permitió explorar el campo del análisis térmico en edificaciones, el cual es poco estudiado en este país. Su desarrollo mostró que es de vital importancia implementar este tipo de análisis gracias al aporte que brinda respecto al ahorro de energía que se puede llegar a obtener, teniendo en cuenta que de esta manera es posible contribuir con la conservación del medio ambiente.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que a la hora de seleccionar el software a utilizar para realizar simulaciones energéticas de edificaciones se tenga en cuenta que este permita ingresar los datos meteorológicos correspondientes al sitio donde se encuentra ubicado el inmueble con el fin de obtener resultados óptimos.
- Es importante realizar simulaciones del consumo energético que presenta una edificación en la etapa de la planeación y diseño, debido que de esta manera es posible identificar, las variables que más afectan el consumo de energía en forma negativa, permitiendo ser corregidas antes de la construcción del edificio.
- Para edificaciones que se encuentran ubicadas en climas tropicales se recomienda evitar el uso de componentes que aíslen el edificio con el ambiente exterior tales como ventanas de doble o triple vidrio, aislantes en paredes, entre otros.
- Se recomienda que el software utilizado para simular la estructura de la edificación tenga la capacidad de modelar todos los detalles arquitectónicos presentados por esta.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] AHSRAE 55. Confort y Calidad del Aire. Atlanta, 2004.
- [2] AHSRAE 90.1. Energy Standard for Buildings except Low-Rise Residential Buildings. Section G, 169-179. Atlanta, 2007.
- [3] AHSRAE. Ashrae Handbook Fundamentals. Cap. 1. Psychrometrics. 2009.
- [4] ASHRAE. Ashrae Handbook Fundamentals. Cap. 16. Ventilation and Infiltration. 2009.
- [5] ASHRAE. Ashrae Handbook Fundamentals. Cap. 18. Nonresidential Cooling and Heating. 2009.
- [6] ASHRAE. Cooling and Heating Load Calculation Manual. Cap. 4 de Internal Loads.
- [7] CENGEL, Yonus A. Termodinámica. Mc Graw Hill.
- [8] DUSSAN, K. Gerencia Financiera. Noviembre de 2011. <http://karlosdussan.blogspot.com> (último acceso: 27 de Febrero de 2014).
- [9] eQWthProc, Convert EnergyPlus EPW Files into eQUEST and DOE-2. s.f. <http://www.doe2.com> (último acceso: 13 de Noviembre de 2013).
- [10] FERNÁNDEZ SALGADO, José María. Definición de eficiencia energética en eficiencia energética en los edificios.,198. Madrid: VICENTE, 2011.
- [11] GRIFFIN, María Eugenia Sosa. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. s.f. <http://www.fau.ucv.ve/> (último acceso: 19 de febrero de 2014).
- [12] LEED.<http://www.usgbc.org/leed>.
- [13] MOKATE, Karen Marie. Evaluación Financiera de proyectos de inversión. 55-119. Bogotá: Alfaomega, 2004.
- [14] PITA, Edward G. Acondicionamiento de aire. Compañía editorial continental, S.A de C.V, 1994.
- [15] Tutorial, Equest Introductory. Vers. 3.65. www.doe2.com/equest/ (último acceso: 7 de Diciembre de 2013).
- [16] UIS. Universidad Industrial de Santander. Agosto de 2004. <http://www.uis.edu.co> (último acceso: 19 de Enero de 2014).

[17] USGBC. Leadership in Energy & Environmental Design LEED. En energía y atmosfera, de USGBC, 55-75. 2009.

[18] VALENZUELA, Marcelo. Arquitectura sostenible. 2010. www.slideshare.net/LuisMarceloValenzuela/arquitectura-sostenible (último acceso: 24 de Agosto de 2013).

ANEXOS

**ANEXO A. CREACIÓN DEL ARCHIVO EXCEL DELIMITADO POR COMAS
(.CSV).**

ANEXO A

El archivo delimitado por comas (.csv) se realiza por medio del software Excel a partir de los datos meteorológicos suministrados por la estación E3T, los cuales deben ser importados al eQWthProc.

En esta sección se explica el procedimiento seguido para organizar los datos de tal manera que puedan ser leídos sin problema alguno por el programa eQUEST. También nombra las consideraciones a tener presentes para la interpretación de los datos meteorológicos en el archivo Excel.

Creación del archivo *.bin* por medio de eQUEST Weather Format Convertor.

Debido a que el software eQUEST no contiene los datos correspondientes a la zona climática de Bucaramanga (lugar donde se realizó el análisis energético), este permite ingresar un archivo con dichos datos en formato .BIN, por tal motivo se explica a continuación los pasos a seguir para cumplir con el requerimiento.

Para crear el archivo *.bin* se utilizó el convertidor eQWthProc (eQUEST Weather Format Convertor), el cual se obtuvo de la página oficial del software DOE2. Este convertidor permite obtener archivos *.bin* a partir de un archivo separado por comas (.csv) y finalmente presenta una interfaz gráfica del comportamiento de los datos ingresados.

El primer paso a seguir es identificar que los datos mínimos suministrados por la estación meteorológica sean los mostrados en la siguiente tabla y que contenga la cantidad designada para cada uno.

DATO	CANTIDADES
Mes	12
Día	20, 30 o 31 según el mes
Hora	24 por día
Temperatura de bulbo seco.	8760
Humedad relativa.	8760
Radiación global horizontal.	8760
Velocidad del viento	8760
Dirección del viento.	8760

El programa eQWthProc solicita que el archivo importado se encuentre en un formato delimitado por comas (.csv) y que los datos presenten el orden especificado en la tabla anterior.

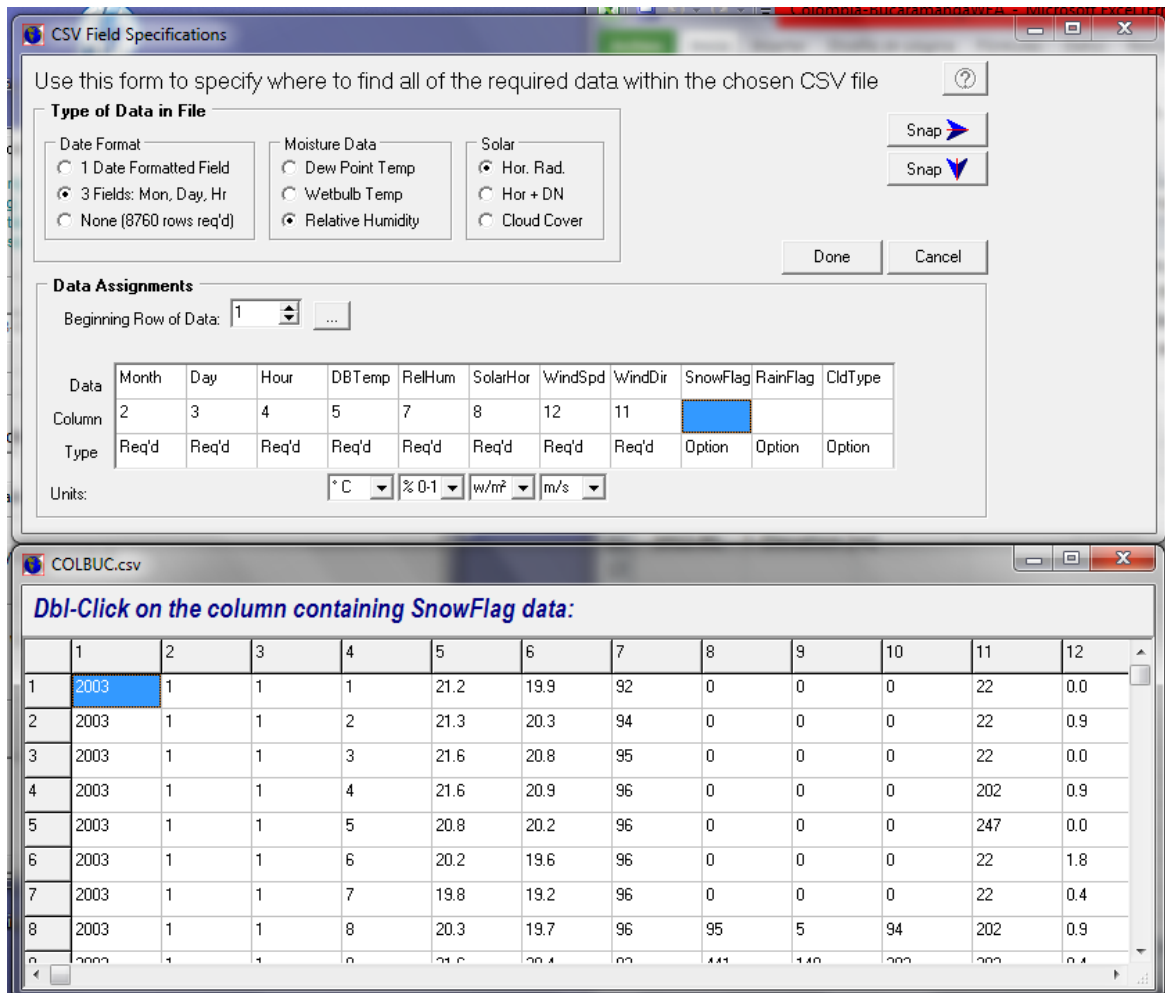
La base de datos suministrada por la estación E3T contiene todos los requerimientos pero difiere en la presentación de la fecha y hora, ya que están dadas en formato de DD/MM/AA y las horas como HH:MM A.M. /P.M por lo tanto se hizo un arreglo para cuadrar las fechas, el cual consistió en representar el mes 1-12, el día con los números del 1-31 y las horas del día con un número entre 0-23.

La siguiente imagen muestra la organización creada de los datos en el formato .csv

	A	B	C	D
1	2003,1,1,1,21.2,19.9,92,0,0,0,22,0.0			
2	2003,1,1,2,21.3,20.3,94,0,0,0,22,0.9			
3	2003,1,1,3,21.6,20.8,95,0,0,0,22,0.0			
4	2003,1,1,4,21.6,20.9,96,0,0,0,202,0.9			
5	2003,1,1,5,20.8,20.2,96,0,0,0,247,0.0			
6	2003,1,1,6,20.2,19.6,96,0,0,0,22,1.8			
7	2003,1,1,7,19.8,19.2,96,0,0,0,22,0.4			
8	2003,1,1,8,20.3,19.7,96,95,5,94,202,0.9			
9	2003,1,1,9,21.6,20.4,93,441,140,382,292,0.4			
10	2003,1,1,10,23.4,20.7,85,737,571,389,247,1.3			
11	2003,1,1,11,26.1,20.7,72,994,1016,232,270,0.9			
12	2003,1,1,12,25.1,20.4,75,414,57,366,22,0.9			
13	2003,1,1,13,24.9,19.7,73,288,15,275,22,1.3			
14	2003,1,1,14,24.6,21.3,82,287,16,274,90,0.9			
15	2003,1,1,15,25.6,20.4,73,371,45,338,22,0.9			

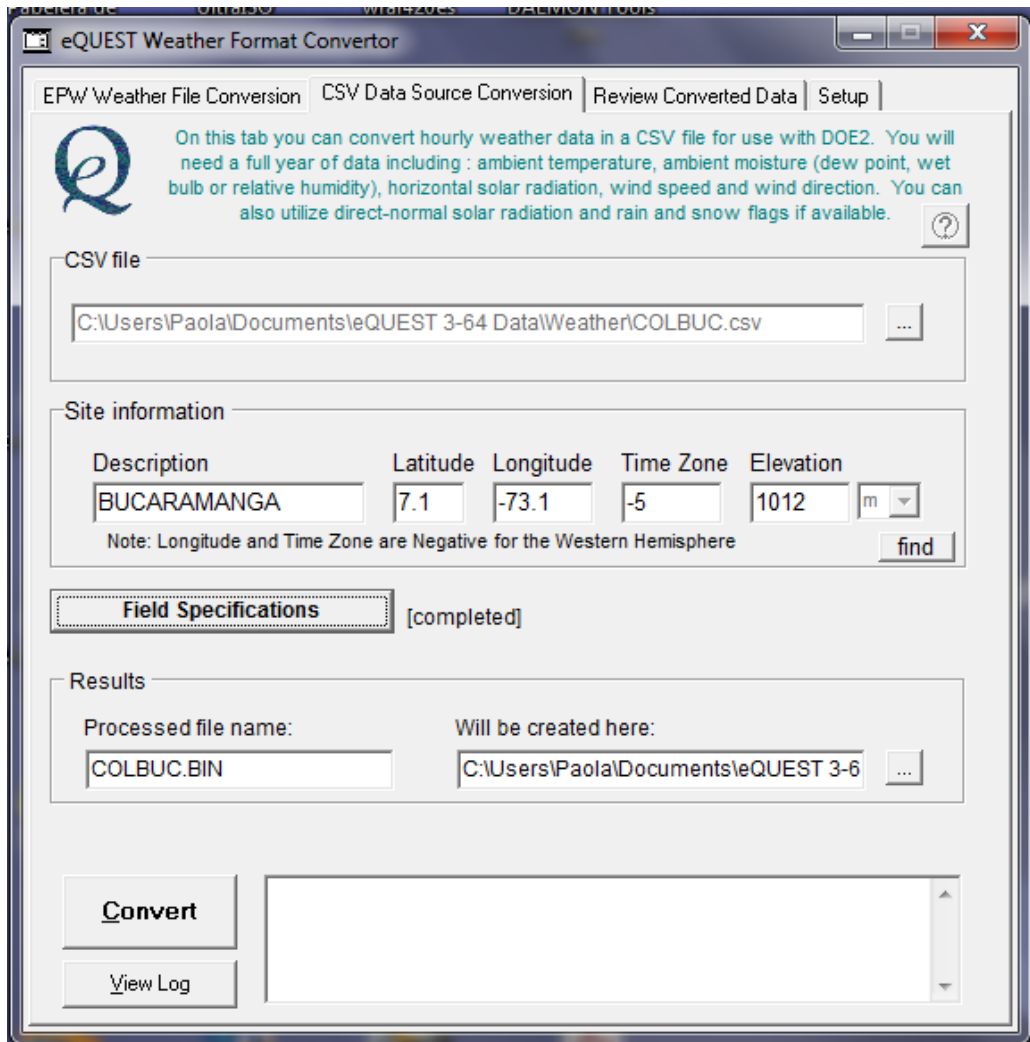
Luego en el eQUEST Weather Format Convertor se importó el archivo .csv y se ingresaron los datos correspondientes a la latitud, longitud, zona horaria y elevación de Bucaramanga (sus valores se encuentran especificados en el libro). Seguido a esto se seleccionaron las unidades y datos correspondientes para realizar la conversión de estos como se muestra en la siguiente tabla y figura.

Propiedad	Unidad
Temperatura de bulbo seco.	°C
Humedad relativa.	% 0-100
Radiación global horizontal.	W/m^2
Velocidad del viento	m/s



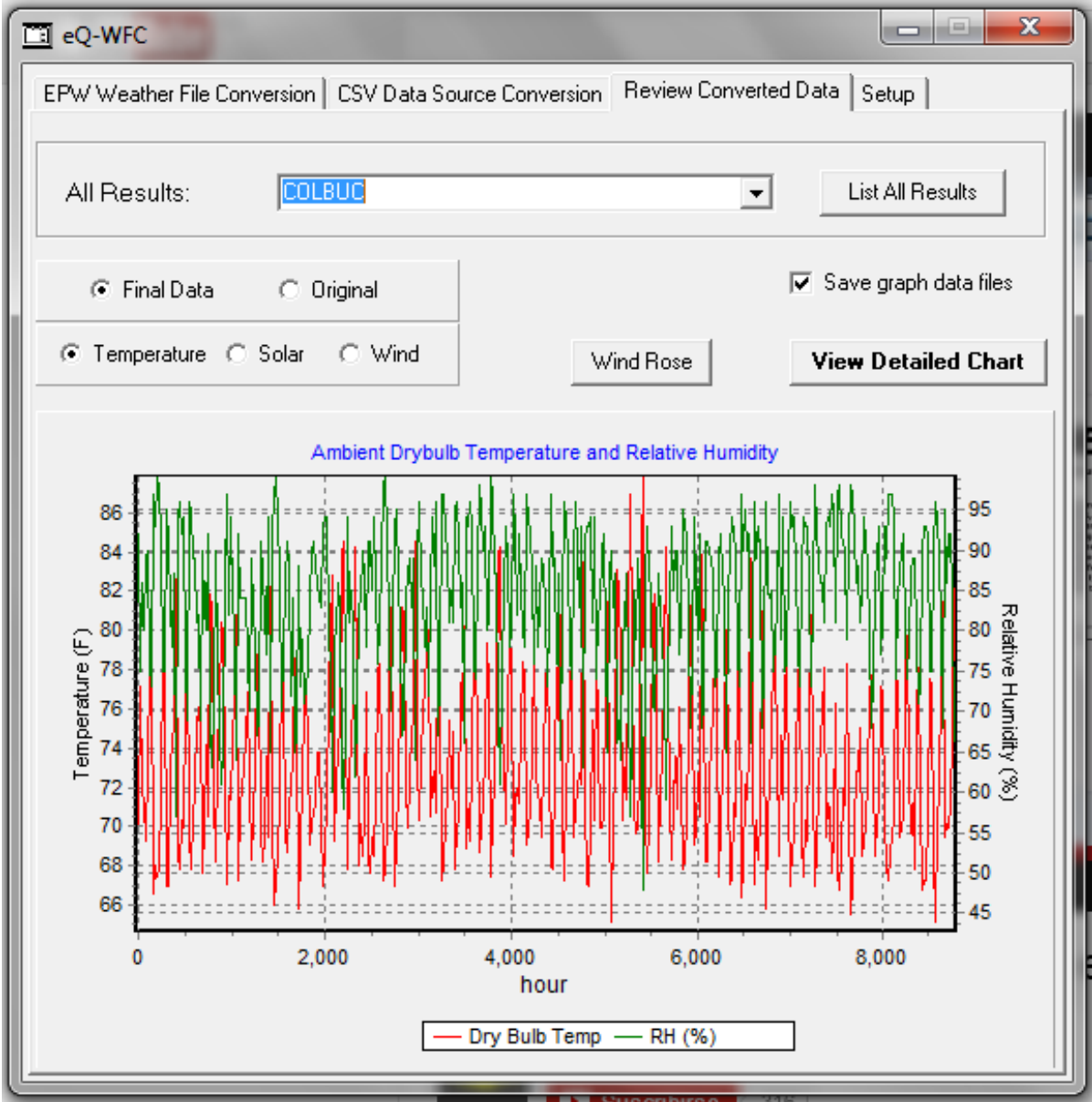
Finalmente se realizó la conversión teniendo como resultado el archivo COLBUC.BIN, el cual fue utilizado como base de datos para la simulación del edificio ABP.

La figura muestra la interfaz del eQWthProc con la configuración final de los datos requeridos para realizar la conversión.

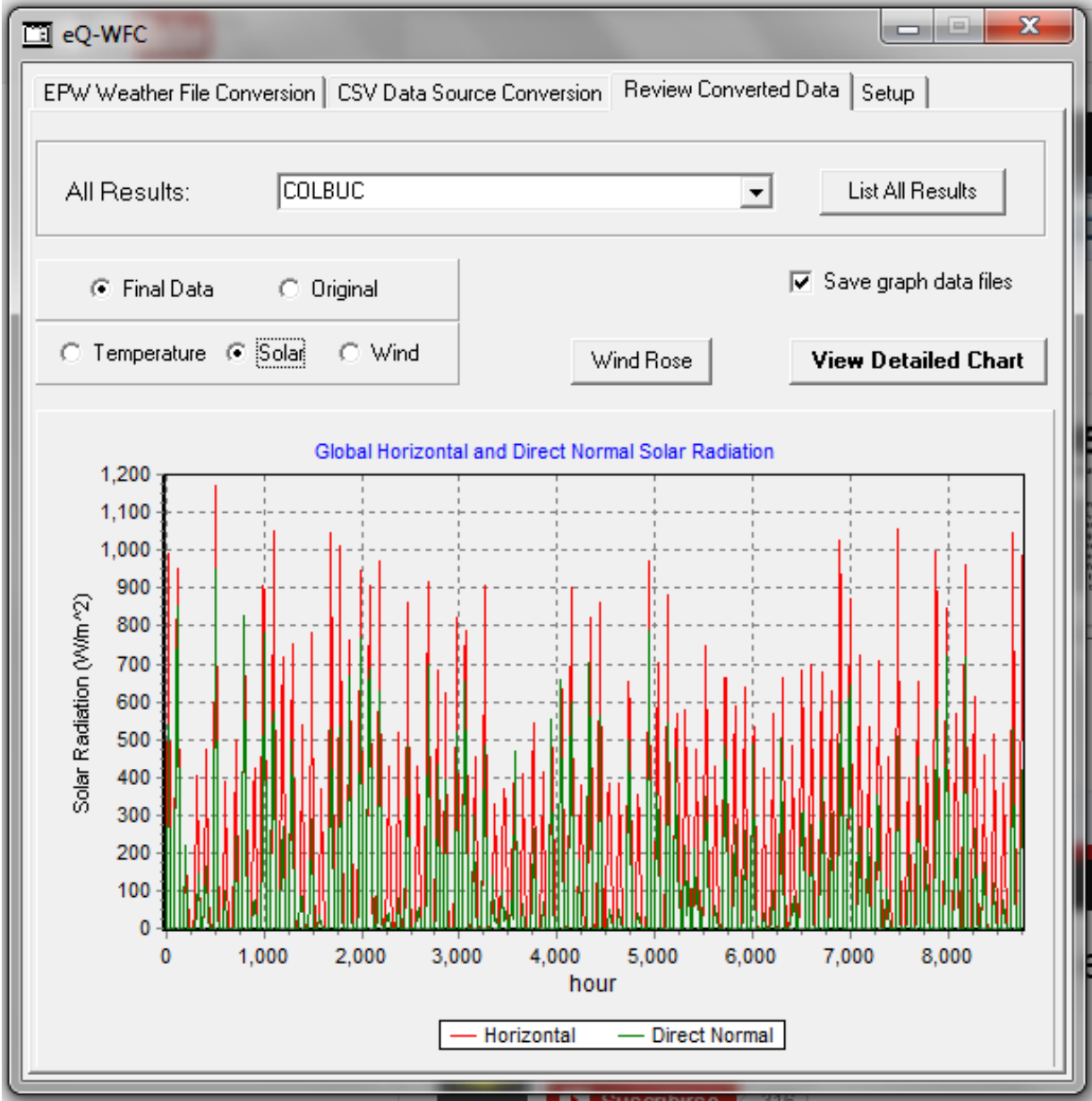


Después de procesar los datos, el programa genera funciones gráficas que permiten observar el comportamiento de dichos datos a lo largo del año. En las siguientes figuras se puede visualizar la interfaz correspondiente a temperatura de bulbo seco, humedad relativa, radiación global horizontal, velocidad del viento y dirección del viento respectivamente.

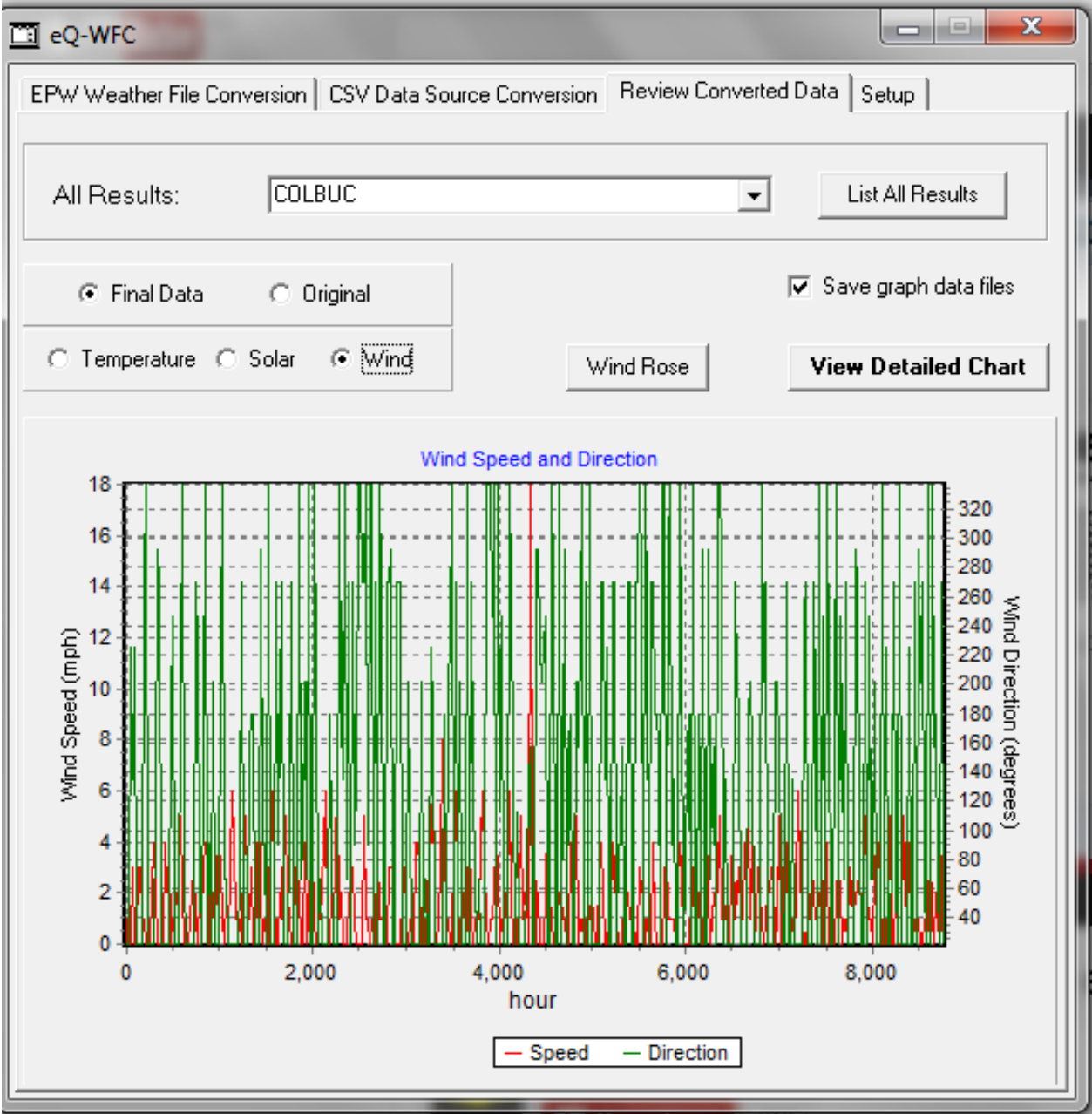
Temperatura de bulbo seco Vs Hora, Humedad Relativa Vs Hora.



Radiación solar Vs Hora



Velocidad del viento Vs Hora, Dirección del Viento Vs Hora



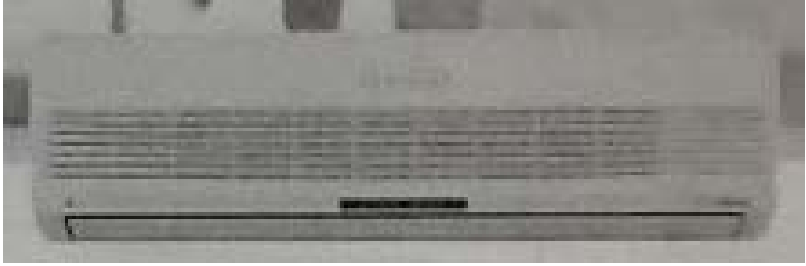
ANEXO B. FICHA TÉCNICA DE SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO.

ANEXO B.

EQUIPOS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE

Este anexo permite conocer los valores técnicos requeridos por el software eQUEST correspondientes a los equipos de acondicionamiento de aire instalados en el edificio.

Actualmente se encuentran instalados los siguientes equipos:

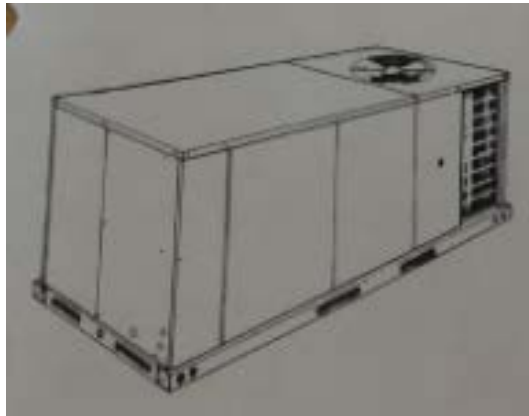
HVAC SYSTEM OFICINA ACONDICIONAMIENTO DE PROBETAS				
				
Piso:	Sótano	Zona:	3	
DEFINICION				
Fuente de refrigeración:	Expansión directa			
Tipo de sistema:	Sistema Split			
Retorno de aire:	Directo			
Prefijo:	AC	Sufijo:	01	
TEMPERATURA Y FLUJO DE AIRE				
Termostatos Set Point:	Con ocupación		Sin ocupación	
	Enfriamiento	Calefacción	Enfriamiento	Calefacción
	71.6 [°F]	70 [°F]	82.4 [°F]	64 [°F]
Temperatura de diseño de enfriamiento	Interior		Suministro	
	71.6 [°F]		55 [°F]	
Flujo de diseño mínimo:	2.38 CFM/FT2			
EQUIPO				
Capacidad del sistema	1 Ton	SEER	10	
Tipo de Condensador	Enfriado por aire			
VENTILADORES				
Horario	8 am - 6 pm, de lunes a viernes.			
Potencia	0.03 [HP]	Modo de encendido:	Continuo.	

HVAC SYSTEM CARACT MATERIALES



Piso:	Sótano	Zona:	1	
DEFINICION				
Fuente de refrigeración:	Expansión directa			
Tipo de sistema:	Unidad de paquete			
Retorno de aire:	Ductos			
Prefijo:	PA	Sufijo:	04	
TEMPERATURA Y FLUJO DE AIRE				
Termostatos Set Point:	Con ocupación		Sin ocupación	
	Enfriamiento	Calefacción	Enfriamiento	Calefacción
	71.6 [°F]	70 [°F]	82.4 [°F]	64 [°F]
Temperatura de diseño de enfriamiento	Interior		Suministro	
	71.6 [°F]		52.6 [°F]	
Flujo de diseño mínimo:	1.05 CFM/FT2			
EQUIPO				
Capacidad del sistema	8.5 Ton	EER	9	
Tipo de Condensador	Enfriado por aire			
VENTILADORES				
Horario	8 am - 6 pm, de lunes a viernes.			
Potencia	3 [HP]	Modo de encendido:	Continuo.	

HVAC SYSTEM ACONDI. Y FABRICACIÓN DE PROBETAS



Piso:	Sótano	Zona:	2	
DEFINICION				
Fuente de refrigeración:	Expansión directa			
Tipo de sistema:	Unidad de paquete			
Retorno de aire:	Ductos			
Prefijo:	PA	Sufijo:	01	
TEMPERATURA Y FLUJO DE AIRE				
Termostatos Set Point:	Con ocupación		Sin ocupación	
	Enfriamiento	Calefacción	Enfriamiento	Calefacción
	76 [°F]	70 [°F]	82.4 [°F]	64 [°F]
Temperatura de diseño de enfriamiento	Interior		Suministro	
	71.6 [°F]		52.9 [°F]	
Flujo de diseño mínimo:	1.34 CFM/FT2			
EQUIPO				
Capacidad del sistema	6.7 Ton	EER	9	
Tipo de Condensador	Enfriado por aire			
VENTILADORES				
Horario	8 am - 6 pm, de lunes a viernes.			
Potencia	1 [HP]	Modo de encendido:	Continuo.	

HVAC SYSTEM LAB TOPOGRAFÍA Y FOTOGRAMA.



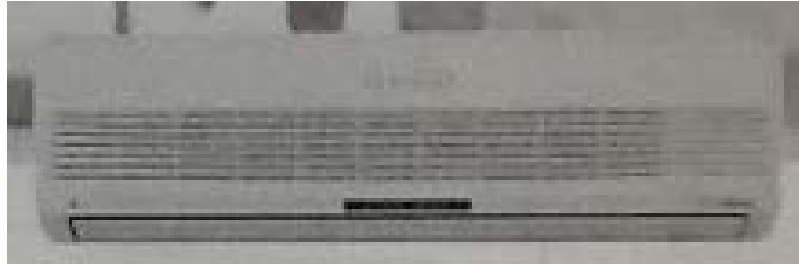
Piso:	PRIMERO	Zona:	1	
DEFINICION				
Fuente de refrigeración:	Expansión directa			
Tipo de sistema:	Unidad de paquete			
Retorno de aire:	Ducto			
Prefijo:	PA	Sufijo:	03	
TEMPERATURA Y FLUJO DE AIRE				
Termostatos Set Point:	Con ocupación		Sin ocupación	
	Enfriamiento	Calefacción	Enfriamiento	Calefacción
	71.6 [°F]	70 [°F]	82.4 [°F]	64 [°F]
Temperatura de diseño de enfriamiento	Interior		Suministro	
	71.6 [°F]		53.6 [°F]	
Flujo de diseño mínimo:	1.46 CFM/FT2			
EQUIPO				
Capacidad del sistema	7.9 Ton		EER	9
Tipo de Condensador	Enfriado por aire			
VENTILADORES				
Horario	8 am - 6 pm, de lunes a viernes.			
Potencia	1.5 [HP]	Modo de encendido:	Continuo.	

HVAC SYSTEM LAB ESTRUCTURAS.



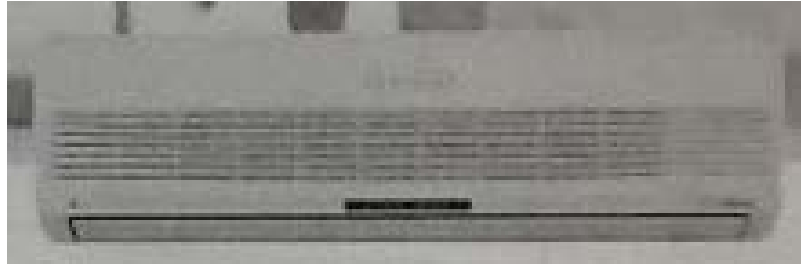
Piso:	PRIMERO	Zona:	2	
DEFINICION				
Fuente de refrigeración:	Expansión directa			
Tipo de sistema:	Unidad de paquete			
Retorno de aire:	Ducto			
Prefijo:	PA	Sufijo:	02	
TEMPERATURA Y FLUJO DE AIRE				
Termostatos Set Point:	Con ocupación		Sin ocupación	
	Enfriamiento	Calefacción	Enfriamiento	Calefacción
	71.6 [°F]	70 [°F]	82.4 [°F]	64 [°F]
Temperatura de diseño de enfriamiento	Interior		Suministro	
	71.6 [°F]		52 [°F]	
Flujo de diseño mínimo:	2.2 CFM/FT2			
EQUIPO				
Capacidad del sistema	10.7 Ton	EER	9	
Tipo de Condensador	Enfriado por aire			
VENTILADORES				
Horario	8 am - 6 pm, de lunes a viernes.			
Potencia	2 [HP]	Modo de encendido:	Continuo.	

HVAC SYSTEM ADMINISTRACIÓN.



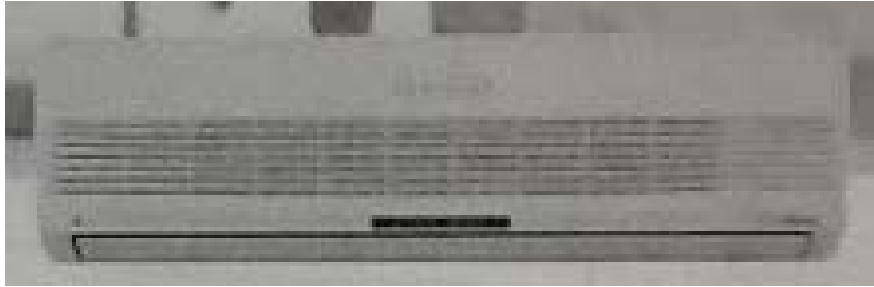
Piso:	PRIMERO	Zona:	4	
DEFINICION				
Fuente de refrigeración:	Expansión directa			
Tipo de sistema:	Sistema Split			
Retorno de aire:	Directo			
Prefijo:	AC	Sufijo:	03	
TEMPERATURA Y FLUJO DE AIRE				
Termostatos Set Point:	Con ocupación		Sin ocupación	
	Enfriamiento	Calefacción	Enfriamiento	Calefacción
	71.6 [°F]	70 [°F]	82.4 [°F]	64 [°F]
Temperatura de diseño de enfriamiento	Interior		Suministro	
	71.6 [°F]		55 [°F]	
Flujo de diseño mínimo:	1.35 CFM/FT2			
EQUIPO				
Capacidad del sistema	1 Ton	SEER	10	
Tipo de Condensador	Enfriado por aire			
VENTILADORES				
Horario	8 am - 6 pm, de lunes a viernes.			
Potencia	0.03 [HP]	Modo de encendido:	Continuo.	

HVAC SYSTEM OFICINA LAB ESTRUCTURAS



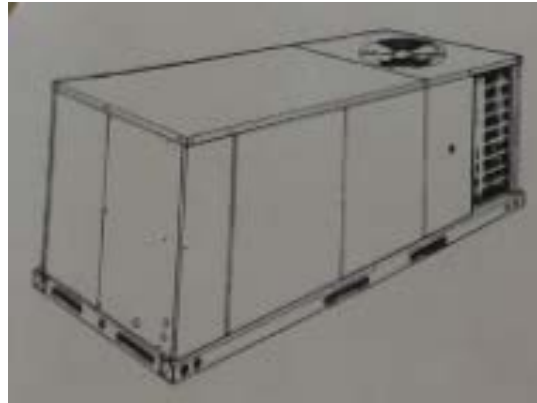
Piso:	PRIMERO	Zona:	3	
DEFINICION				
Fuente de refrigeración:	Expansión directa			
Tipo de sistema:	Sistema Split			
Retorno de aire:	Directo			
Prefijo:	AC	Sufijo:	04	
TEMPERATURA Y FLUJO DE AIRE				
Termostatos Set Point:	Con ocupación		Sin ocupación	
	Enfriamiento	Calefacción	Enfriamiento	Calefacción
	71.6 [°F]	70 [°F]	82.4 [°F]	64 [°F]
Temperatura de diseño de enfriamiento	Interior		Suministro	
	71.6 [°F]		55 [°F]	
Flujo de diseño mínimo:	1.30 CFM/FT2			
EQUIPO				
Capacidad del sistema	1 Ton	SEER	10	
Tipo de Condensador	Enfriado por aire			
VENTILADORES				
Horario	8 am - 6 pm, de lunes a viernes.			
Potencia	0.03 [HP]	Modo de encendido:	Continuo.	

HVAC SYSTEM GRUPO INVESTIGACIÓN



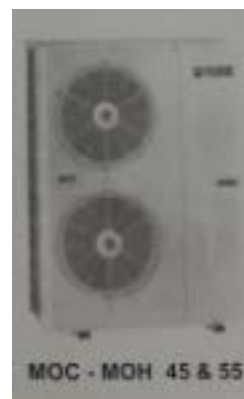
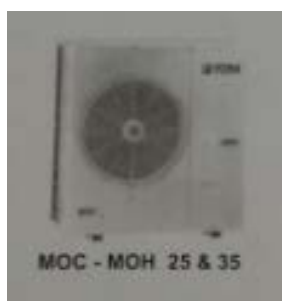
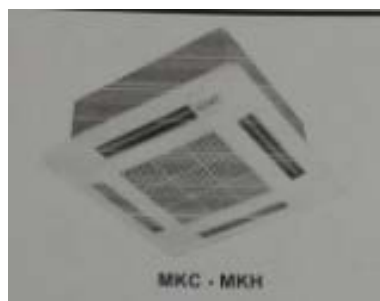
Piso:	SEGUNDO	Zona:	1	
DEFINICION				
Fuente de refrigeración:	Expansión directa			
Tipo de sistema:	Sistema Split			
Retorno de aire:	Directo			
Prefijo:	PA	Sufijo:	05	
TEMPERATURA Y FLUJO DE AIRE				
Termostatos Set Point:	Con ocupación		Sin ocupación	
	Enfriamiento	Calefacción	Enfriamiento	Calefacción
	71.6 [°F]	70 [°F]	82.4 [°F]	64 [°F]
Temperatura de diseño de enfriamiento	Interior		Suministro	
	71.6 [°F]		53.1 [°F]	
Flujo de diseño mínimo:	1.47 CFM/FT2			
EQUIPO				
Capacidad del sistema	10.6 Ton	EER	9	
Tipo de Condensador	Enfriado por aire			
VENTILADORES				
Horario	8 am - 6 pm, de lunes a viernes.			
Potencia	3 [HP]	Modo de encendido:	Continuo.	

HVAC SYSTEM SALA PROFESORES

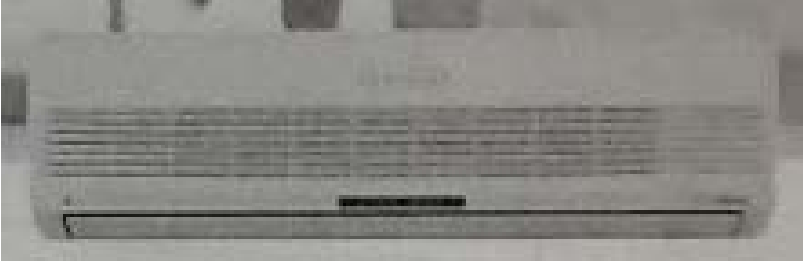


Piso:	SEGUNDO	Zona:	3	
DEFINICION				
Fuente de refrigeración:	Expansión directa			
Tipo de sistema:	Unidad de paquete			
Retorno de aire:	Ducto			
Prefijo:	PA	Sufijo:	06	
TEMPERATURA Y FLUJO DE AIRE				
Termostatos Set Point:	Con ocupación		Sin ocupación	
	Enfriamiento	Calefacción	Enfriamiento	Calefacción
	71.6 [°F]	70 [°F]	82.4 [°F]	64 [°F]
Temperatura de diseño de enfriamiento	Interior		Suministro	
	71.6 [°F]		54.6 [°F]	
Flujo de diseño mínimo:	2.36 CFM/FT2			
EQUIPO				
Capacidad del sistema	5.8 Ton	EER	9	
Tipo de Condensador	Enfriado por aire			
VENTILADORES				
Horario	8 am - 6 pm, de lunes a viernes.			
Potencia	1.5 [HP]	Modo de encendido:	Continuo.	

HVAC SYSTEM PRESENTACIÓN MAESTRIA



Piso:	SEGUNDO	Zona:	2	
DEFINICION				
Fuente de refrigeración:	Expansión directa			
Tipo de sistema:	Sistema Split			
Retorno de aire:	Directo			
Prefijo:	AC	Sufijo:	05	
TEMPERATURA Y FLUJO DE AIRE				
Termostatos Set Point:	Con ocupación		Sin ocupación	
	Enfriamiento	Calefacción	Enfriamiento	Calefacción
	71.6 [°F]	70 [°F]	82.4 [°F]	64 [°F]
Temperatura de diseño de enfriamiento	Interior		Suministro	
	71.6 [°F]		55 [°F]	
Flujo de diseño mínimo:	0.59 CFM/FT2			
EQUIPO				
Capacidad del sistema	2.4 Ton	SEER	10	
Tipo de Condensador	Enfriado por aire			
VENTILADORES				
Horario	8 am - 6 pm, de lunes a viernes.			
Potencia	0.06 [HP]	Modo de encendido:	Continuo.	

HVAC SYSTEM CUARTO DE ACUSTICA				
				
Piso:	PRIMERO	Zona:	5	
DEFINICION				
Fuente de refrigeración:	Expansión directa			
Tipo de sistema:	Sistema Split			
Retorno de aire:	Directo			
Prefijo:	AC	Sufijo:	02	
TEMPERATURA Y FLUJO DE AIRE				
Termostatos Set Point:	Con ocupación		Sin ocupación	
	Enfriamiento	Calefacción	Enfriamiento	Calefacción
	76 [°F]	70 [°F]	82.4 [°F]	64 [°F]
Temperatura de diseño de enfriamiento	Interior		Suministro	
	71.6 [°F]		55 [°F]	
Flujo de diseño mínimo:	1.3 CFM/FT2			
EQUIPO				
Capacidad del sistema	1 Ton	SEER	10	
Tipo de Condensador	Enfriado por aire			
VENTILADORES				
Horario	8 am - 6 pm, de lunes a viernes.			
Potencia	0.25 [HP]	Modo de encendido:	Continuo.	

ANEXO C. CÁLCULOS DE CARGA TÉRMICA POR EQUIPOS.

PISO	ZONA	NOMBRE	AREA	EQUIPOS	U N D	Q [W] A,B,C	CS o Fu o FL	CLF o Fr	q_s [w]	q_l [w]	q_s/A	q_s/A Mot	q_s/A misc	q_{Ltotal} [W]	Factor q_s
S O T A N O	1	Caracterización de materiales	2371	Computador	3	1200	0.33	0.87	1033.56	204	0.43	3.88	0.74	629	0.73
			2371	Unidad de carga MTS 318,5	2	4545.45	1	0.64	5818.18	0	2.45				
			2371	Unidad de Carga MTS 318,5 (Sis. Control)	2	1454.54	1	0.64	1861.81	0	0.78				
			2371	Nevera	1	322	0.41	0.45	59.409	0	0.02				
			2371	Horno Digital PINZUAR	1	2500	0.33	0.82	676.5	425	0.28				
			2371	Prensa	1	439.88	1.35	0.75	445.38	0	0.18				
			2371	INSTRON serie 1125	1	994.13	1.15	0.75	857.44	0	0.36				
			2371	SRI MODELO S280	1	263.92	1.4	0.64	236.48	0	0.09				
	2	Acondicionamiento y fabricación de probetas	1222	Horno	1	2500	0.33	0.82	676.5	425	0.55	0.95	0.55	425	0.61
			1222	Esmeril	1	346.04	1.4	0.64	310.05	0	0.25				
			1222	Batidora	1	994.13	1.15	0.75	857.44	0	0.7				
	3	Oficina	125.9	Computador	1	1200	0.33	0.87	344.52	204	2.73	0	3.74	306	0.606
			125.9	Impresora	1	600	0.33	0.64	126.72	102	1				
	4	Acondicionamiento de probetas y corredor	2886	Horno	2	1000	0.33	0.75	495	170	0.17	0	1.21	768.4	0.81
			2886	Computador	2	130	0.33	0.87	74.646	22.1	0.025				
			2886	Batidora	1	3390	1.15	0.75	2923.87	576.3	1.01				
	5	Taller eléctrico y corredor	1749	Nevera	1	322	0.41	0.45	59.409	0	0.033	0	0.44	447.1	0.63
			1749	Horno Digital PINZUAR	1	2500	0.33	0.82	676.5	425	0.386				
			1749	Computador	1	130	0.33	0.87	37.323	22.1	0.021				
	6	Atrio	256.1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

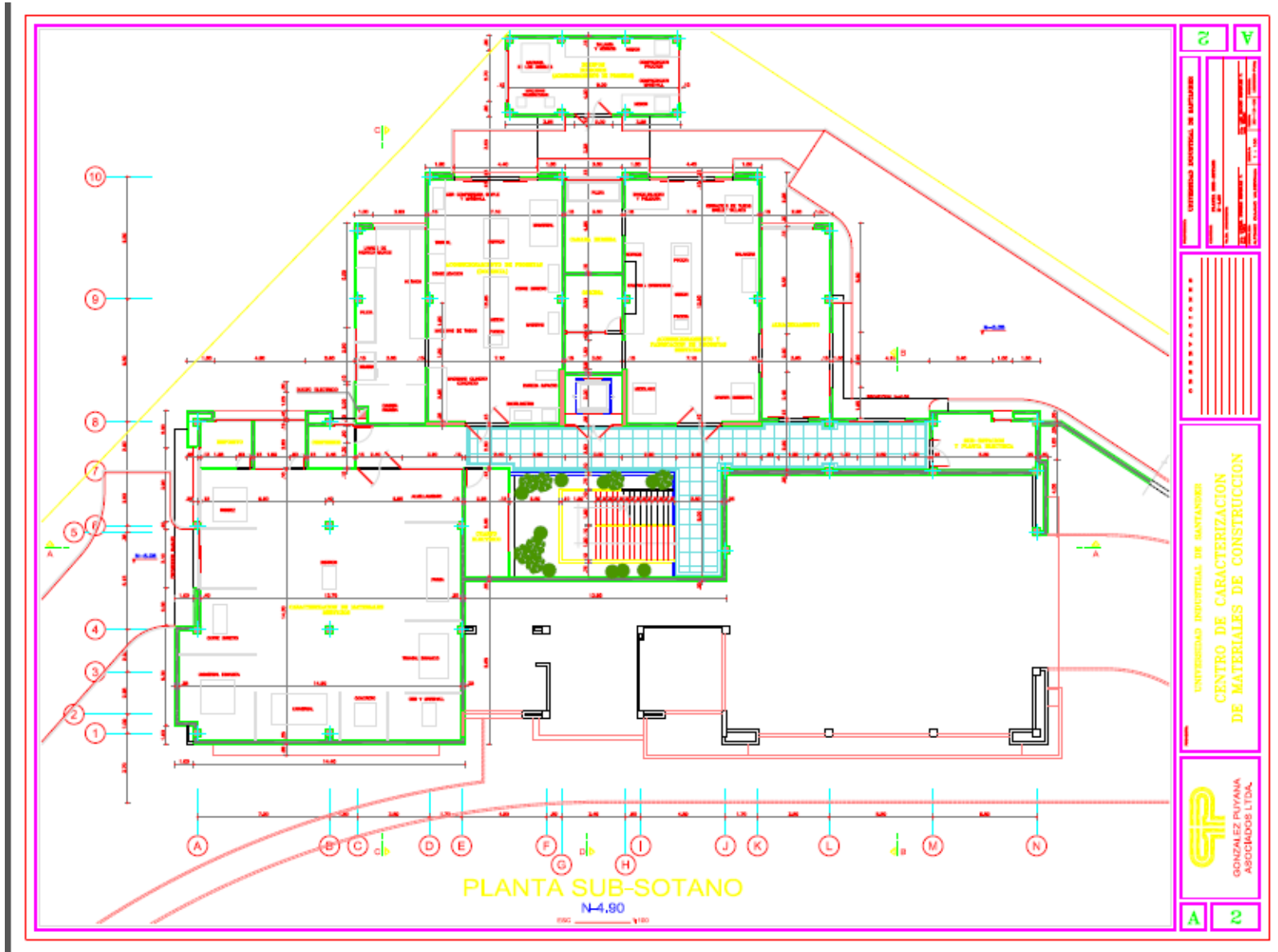
PISO	ZONA	NOMBRE	AREA	EQUIPOS	U N D	Q [W] A,B,C	CS o Fu o FL	CLF o Fr	q_s [w]	q_l [w]	q_s/A	q_s/A Mot	q_s/A misc.	q_{Ltotal} [W]	Factor q_s	
P R I M E R P I S O	1	Laboratorio Topografía y Fotogrametría	1207	Computador	4	130	0.33	0.87	149.29	22.1	0.12	0	0.12	22.1	0.87	
	2	Laboratorio de estructuras y sísmica	1056	Computador	4	130	0.33	0.87	149.29	22.1	0.14		0.14	22.1	0.87	
	3	Oficina Laboratorio de estructuras	229.3	Computador	1	130	0.33	0.87	37.32	22.1	0.16		0.71	124.1	0.56	
			229.3	Impresora	1	600	0.33	0.64	126.72	102	0.55					
	4	Administración	221.2	Computador	1	130	0.33	0.87	37.32	22.1	0.16		2.29	328.1	0.60	
			221.2	Computador	1	1200	0.33	0.87	344.52	204	1.55					
			221.2	Impresora	1	600	0.33	0.64	126.72	102	0.57					
	5	Cuarto Acústica	231.2	Computador	1	1200	0.33	0.87	344.52	204	1.49		1.49	204	0.62	
6	Corredor - Baños	1724	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
7	Laboratorio ensayos y prototipos	3418	Computador	9	1200	0.33	0.87	3100.6	204	0.90	0.90	204	0.93			
8	Atrio	256.1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
S E G U N D O	1	Oficinas Maestría	1957	Computador	20	130	0.33	0.87	746.46	22.1	0.38	0	0.38	22.1	0.97	
	2	Salón de presentaciones	715	Proyector	1	225	0.33	0.64	47.52	38.25	0.06		0.17	60.35	0.66	
			715	Computador	2	130	0.33	0.87	74.646	22.1	0.10					
	3	Puesto de trabajo profesores	739.6	Computador	6	1200	0.33	0.87	2067.1	204	2.79		2.79	204	0.91	
	4	Baños - corredor	1108		0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0
	5	Atrio	256.1		0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0
6	Corredor Norte	1178		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

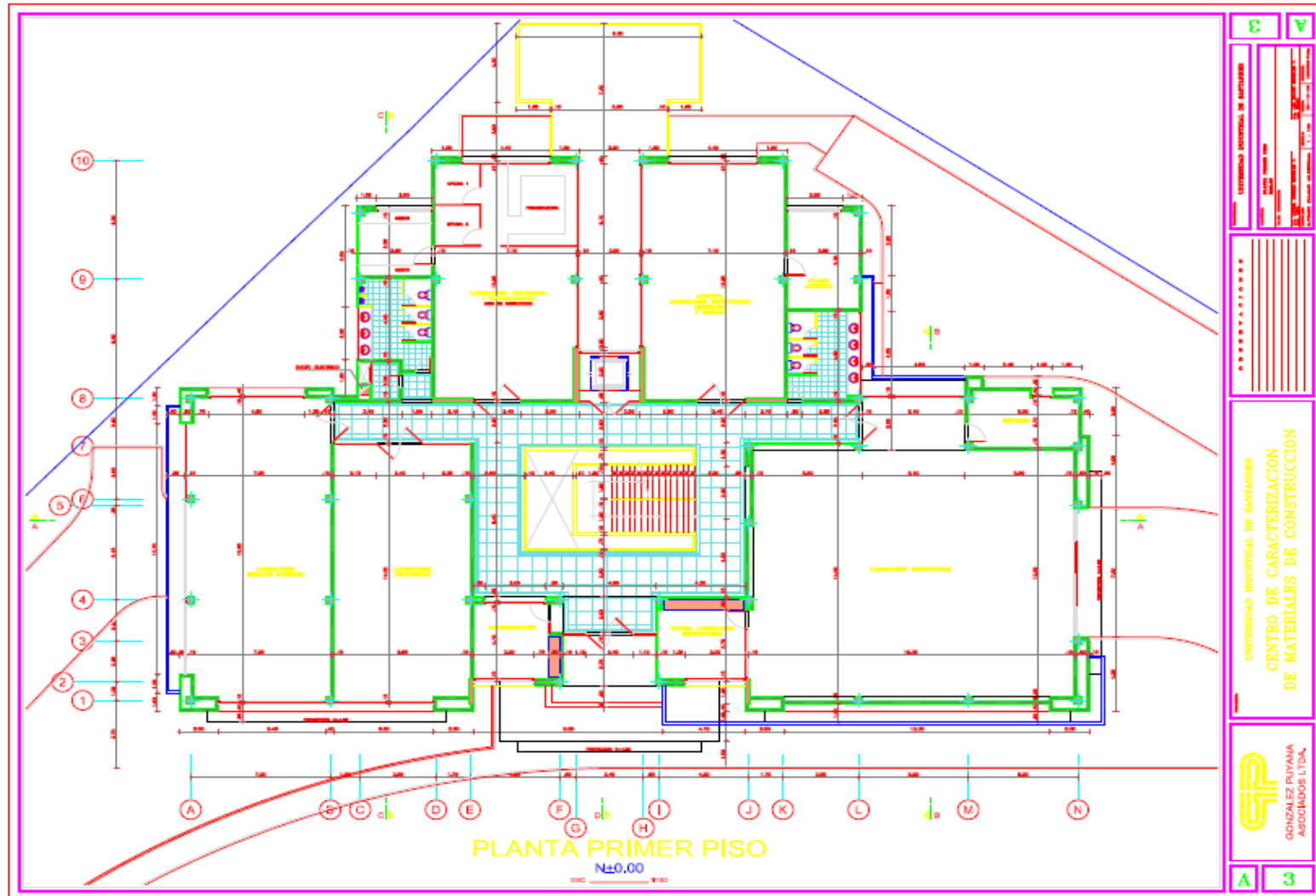
ANEXO D. INFILTRACIONES POR ABERTURAS.

SOTANO	área [ft2]		8610							
	H [cm]	H real [cm]	E[cm]	AREA [cm^2]	V PROM	DT	CS	CW	CAUDAL	INFILTRACIÓN
NORTE										
V-2	200	40	140	5600	0.79	4	0.000145	0.000174	0.14	
V-3	200	40	140	5600	0.79	4	0.000145	0.000174	0.15	1.80
V-3	200	40	140	5600	0.79	4	0.000145	0.000174	0.15	M3/S
V-5	190	38	100	3800	0.79	4	0.000145	0.000174	0.10	
V-9	100	20	140	2800	0.79	4	0.000145	0.000174	0.07	3813.95
V-9	100	20	140	2800	0.79	4	0.000145	0.000174	0.07	CFM
V-8	100	20	140	2800	0.79	4	0.000145	0.000174	0.07	
VENT P-1	100	20	440	8800	0.79	4	0.000145	0.000174	0.24	0.44
VENT P-1	100	20	440	8800	0.79	4	0.000145	0.000174	0.24	CFM/ft2
ESTE										
VENT P-2	100	20	610	12200	0.79	4	0.000145	0.000174	0.33	
OESTE										
v-1	100	20	140	2800	0.79	4	0.000145	0.000174	0.07	
V-4A	200	40	140	5600	0.79	4	0.000145	0.000174	0.15	

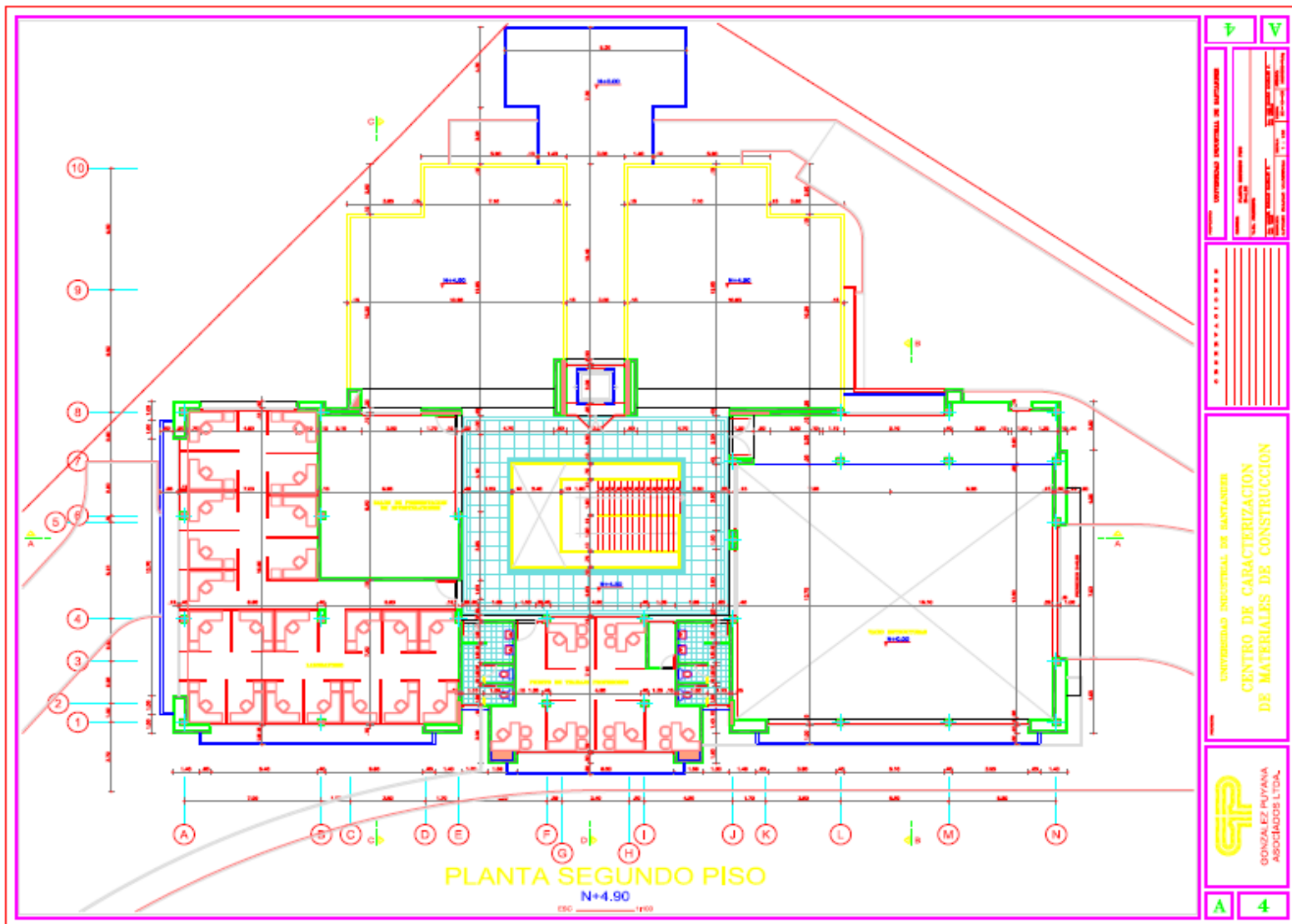
PISO 1	área [ft2]		8342							INFILTRACIÓN
	H [cm]	H real [cm]	E[cm]	AREA [cm^2]	V PROM	DT	CS	CW	CAUDAL	
NORTE										2.64 [M3/S] 5595.99 [CFM] 0.67 [CFM/ft2]
V-3	200	40	140	5600	0.79	4	0.00029	0.000231	0.21	
V-3	200	40	140	5600	0.79	4	0.00029	0.000231	0.21	
V-5	190	38	100	3800	0.79	4	0.00029	0.000231	0.14	
V-13	220	44	140	6160	0.79	4	0.00029	0.000231	0.23	
V-8	100	20	140	2800	0.79	4	0.00029	0.000231	0.10	
V-15	370	74	140	10360	0.79	4	0.00029	0.000231	0.38	
V-15	370	74	140	10360	0.79	4	0.00029	0.000231	0.38	
V-19	370	74	140	10360	0.79	4	0.00029	0.000231	0.38	
ESTE										
V-14	100	20	140	2800	0.79	4	0.00029	0.000231	0.10	
OESTE										
V-4	100	20	140	2800	0.79	4	0.00029	0.000231	0.10	
SUR										
V-21	55	11	540	5940	0.79	4	0.00029	0.000231	0.22	
V-22	55	11	500	5500	0.79	4	0.00029	0.000231	0.20	

ANEXO E. PLANOS DE LA ESTRUCTURA DEL EDIFICIO.





E	V
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
CENTRO DE CARACTERIZACION DE MATERIALES DE CONSTRUCCION	
 GONZALEZ PUYANA ASOCIADOS LTDA.	
A	3



ANEXO F. MANUAL DE USUARIO DEL SOFTWARE eQUEST.

MANUAL DE USUARIO DEL SOFTWARE eQUEST

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	214
1. SCHEMATIC DESIGN WIZARD (ASISTENTE DE DISEÑO ESQUEMÁTICO).	214
2. DESING DEVELOPMENT WIZARD (ASISTENTE PARA EL DESARROLLO DEL DISEÑO):	216
2.1 DD WIZARD – VENTANA DE NAVEGACIÓN DEL PROYECTO.	217
2.2 NAVEGADOR DEL PROYECTO.	219
2.3 VENTANA DE INFORMACIÓN GENERAL.	221
2.4 DEFINICIÓN DE LAS TEMPORADAS.	224
2.5 INFORMACIÓN GENERAL DEL EDIFICIO.	225
2.6 ESTRUCTURA DEL EDIFICIO.	229
2.6.1 Ventana vista de planta del edificio.	229
2.6.2 Nombre y características de las zonas.	233
2.7 CONSTRUCCIÓN DE LA ENVOLVENTE EXTERIOR.	236
2.8 PANTALLA DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA PARED INTERIOR.	244
2.9 PANTALLA PUERTAS EXTERIORES.	246
2.10 CATEGORIAS DE VIDRIO.	248
2.11 VENTANAS EXTERIORES .	250
2.12 PERSINAS Y SOMBREADO EXTERIOR DE VENTANAS .	255

2.13 CLARABOYAS.	257
2.14 VENTANA DE ACTIVIDAD DE AREAS.	259
2.15 VENTANA DE CARGAS POR ACTIVIDAD DE ÁREA .	260
2.16 TIPO DE SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO.	262
2.17 DEFINICIÓN DEL SISTEMA HVAC.	263
2.18 TEMPERATURA Y FLUJO DE AIRE.	267
2.19 EQUIPOS DE PAQUETE HVAC.	268
2.20 VENTILADORES DEL SISTEMA HVAC.	270
2.21 HORARIO DE FUNCIONAMIENTO DE VENTILADORES.	271
2.22 VENTANA DE VENTILACIÓN Y ECONOMIZADOR .	273
3. ASISTENTE DE MEDIDA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA (EEM).	275
3.1 EEM DETALLES.	279
3.1.1. AISLAMIENTO PARA TECHOS.	279
3.1.2 AISLAMIENTO PARA PAREDES EXTERIORES.	280
3.1.3 AISLAMIENTO PARA PISO.	280
3.1.4 AREA DE VENTANA.	281
3.1.5 TIPO DE VIDRIO DE VENTANA .	282
3.1.6 SOMBREADO EXTERIOR DE VENTANAS.	283
3.1.7 AREA DE CLARABOYAS .	283
3.1.8 ILUMINACIÓN NATURAL .	284
3.1.9 DENSIDAD DE POTENCIA DE ILUMINACIÓN .	285
3.1.10 DENSIDAD DE POTENCIA DE EQUIPOS.	285

3.1.11 MANEJO DEL TERMOSTATO .	286
3.1.12 CONTROL Y POTENCIA DE VENTILADORES.	287
3.1.13 EFICIENCIA DE LOS PAQUETES HVAC.	287
3.1.14 VARIACION EN CONJUNTO DEL EDIFICIO.	288
4. ASISTENTE DE SIMULACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL EDIFICIO .	289
5. ASISTENTE DE VISUALIZACIÓN DE REPORTES DE LA SIMULACIÓN.	291

INTRODUCCIÓN

El análisis de edificios por medio de sofisticados software ha venido en aumento desde hace tres décadas, desafortunadamente para manejar dichos programas es necesario conocer acerca del uso de la energía del edificio y del propio programa a utilizar. eQUEST ayuda a superar estos inconvenientes con la implementación de dos asistentes, el primero para la creación del edificio (Building Creation Wizard) y un segundo utilizado para contabilizar el consumo energético de este (Energy Efficiency Measure), los cuales permiten una interacción más amigable entre el usuario y el programa de simulación de energía DOE-2, siendo este el motor de cálculo presente en el eQUEST.

El eQUEST es desarrollado para lograr dos objetivos:

- Proporcionar un rápido análisis de las posibles alternativas de eficiencia y rendimiento de la energía del edificio.
- Generar un punto de partida para un análisis más detallado.

Selección de dos asistentes para la creación del edificio.

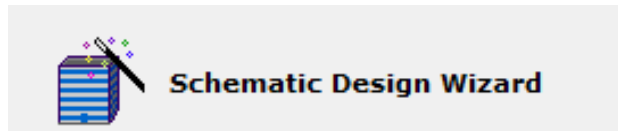
En eQUEST se encuentran dos asistentes para la creación de edificaciones *the Schematic Design Wizard (SD Wizard)* y *the Design Development Wizard (DD Wizard)*. La función principal de estos es proporcionar un rápido y fácil análisis de la eficiencia y rendimiento de la energía. En el contexto de un nuevo edificio puede referirse a un análisis del pre-diseño o un análisis esquemático y en el contexto de un edificio existente este puede referirse a un análisis preliminar.

1. SCHEMATIC DESIGN WIZARD (ASISTENTE DE DISEÑO ESQUEMÁTICO):

Entre los dos asistentes es el más sencillo ya que a comparación con el DD Wizard este puede crear un solo cascaron. Un cascaron es un edificio o una porción del edificio que tiene una forma en vista de planta definida por el usuario y un modelo de zonificación HVAC. Se utiliza para modelar edificios pequeños y cuando un edificio tiene varias plantas (pisos) y cada una de ellas es diferente, el usuario puede tomar la decisión de simularlo con cualquiera de los dos asistentes dependiendo de los requerimientos que desee y el comportamiento termodinámico y rendimiento energético del edificio.

Este asistente es más apto para pequeñas y simples construcciones. Las siguientes son otras características que lo describen:

- La geometría del edificio depende de las formas predefinidas o por la importación de un modelo en vista de planta según las especificaciones del usuario.
- El asistente esquemático es limitado para un solo caparazón y vista de planta del edificio, es decir una estructura con varios pisos compartiendo la misma forma de la huella.
- Solo hasta dos tipos diferentes de sistemas HVAC se pueden definir en un proyecto con el asistente de diseño esquemático.
- La descripción de las cargas internas se basan en los tipos de actividad que tiene cada zona para expresar la densidad de potencia de iluminación y equipos.
- Para describir el calendario de uso en tiempo ocupado vs desocupado para edificios pequeños, solo acepta hasta 2 temporadas por año.
- La asignación de zonas para las cargas internas, horarios y tipos de sistemas HVAC son sencillas y esquemáticas.



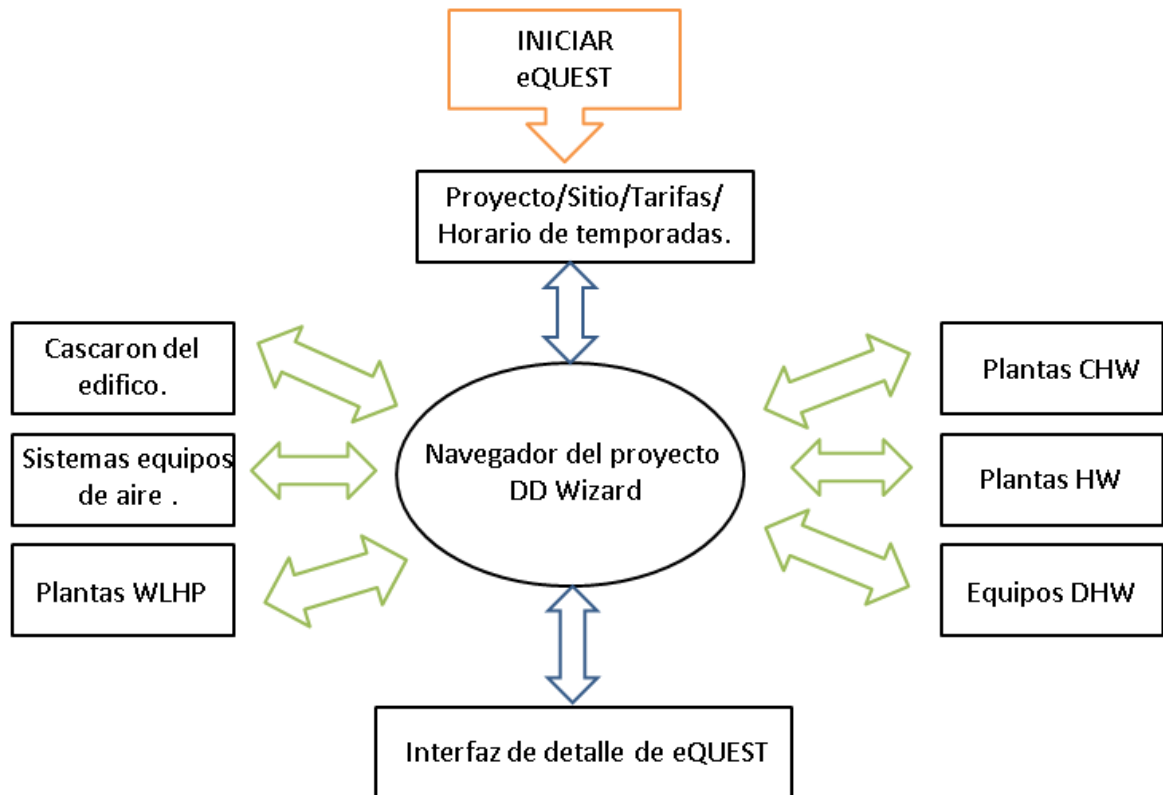
2. DESING DEVELOPMENT WIZARD (ASISTENTE PARA EL DESARROLLO DEL DISEÑO):

Este es más detallado que el SD Wizard, principalmente porqué permite al usuario realizar más de 100 edificios separados en un modelo. El DD Wizard también permite crear el mismo número de sistemas HVAC.

Tanto SD y DD Wizard están diseñados para guiar al usuario en una serie de pasos diseñados para describir completamente la determinación de la eficiencia energética en las alternativas de diseño pasos descrito en la imagen de abajo. A continuación más característica del DD Wizard:

- Las capacidades de dibujo genérico y personalizado del DD Wizard son muy similares al SD Wizard, sin embargo, en el DD Wizard se pueden describir múltiples componentes, cada uno con igual o diferente geometría, propiedades del envolvente y sistemas HVAC.
- La descripción del horario de uso del edificio puede realizarse por temporadas o el usuario puede proporcionar descripciones de la ocupación del edificio y usos de equipos por medio de perfiles.

La figura de abajo representa las etapas del proceso para realizar un proyecto con el asistente DD Wizard eQUEST y se observa que cada componente interactúa constantemente con el diseño principal del edificio.

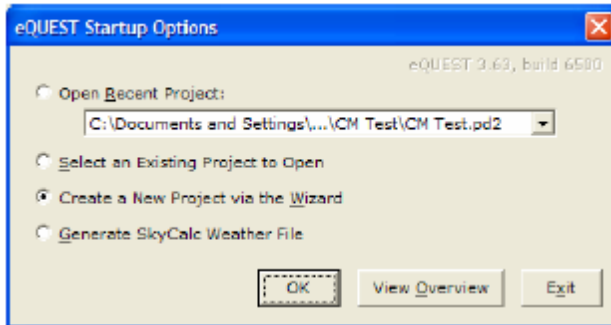


2.1 DD WIZARD – VENTANA DE NAVEGACIÓN DEL PROYECTO.

En este tutorial se habla principalmente del DD Wizard debido a que en el proceso de selección de componentes es muy parecido al SD Wizard y las ventanas de navegación para estos asistentes son prácticamente idénticas.

La ventana de navegación del proyecto solo está disponible para Design Development Wizard (DD Wizard) y ayuda a navegar fácilmente entre las categorías de datos del proyecto. El usuario debe utilizar primeramente los botones que se encuentran en la parte izquierda los cuales lo llevaran a entrar datos generales del sitio y tarifas de consumo energético. El usuario debe retomar a la ventana de navegación del proyecto para realizar el desplazamiento en cada uno de los componentes del DD Wizard que vea necesario utilizar de lo contrario puede no ingresar, realizará esta acción hasta completar cada etapa del proyecto.

Para empezar a manejar eQUEST de doble clic en el icono del programa y aparecerá un ventana de dialogo como la mostrada en la siguiente figura, seleccione la opción "Create a New Project via the Wizard", y presione ok.

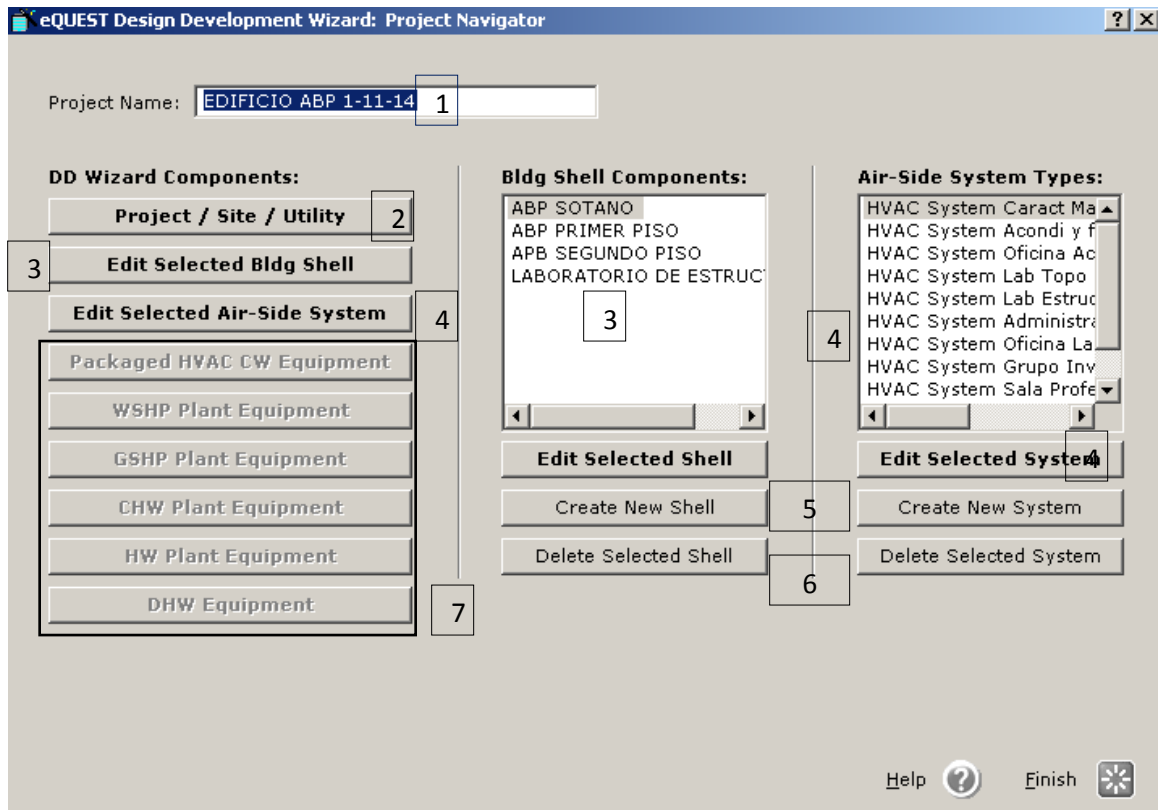


Seleccione cualquiera de las opciones que aparecen, en este caso el asistente DD.



Los usuarios pueden iniciar su proyecto eQUEST en cualquier asistente. Los proyectos con el asistente SD puede convertirse en los proyectos con el asistente DD en cualquier momento, sin embargo, los proyectos con el asistente DD no se pueden convertir a un proyecto con el asistente SD.

2.2 NAVEGADOR DEL PROYECTO.



1) **Nombre del proyecto:** El nombre es la primera asignación que se realiza para el Proyecto/Sitio/Tarifa pero si se desea se puede editar aquí. El nombre del proyecto es usado también para bautizar el archivo y carpeta donde se encuentra guardado.

2) **Proyecto/Sitio/Tarifa:** hasta siete ventanas son usadas para recolectar información con respecto al resumen del proyecto. Específicamente, tipo de edificio, locación del proyecto, tarifas de servicios públicos y la temporada general de la operación del edificio.

3) **Las cubiertas del edificio:** La caja que se encuentra en la parte media de la ventana de navegación del proyecto, presenta una lista de todas las cubiertas que se han creado para la composición del edificio como tal. Un cascaron puede ser un edificio o una porción de dicho edificio con una forma diferente y con su propio modelo de zonas HVAC. Considere un edificio con múltiples pisos donde algunos

o todos los pisos tienen su vista de planta diferente, luego se requiere una cubierta por separado para modelar cada uno de los pisos por separado. Ya que cada modelo de simulación energética del edificio es una aproximación a la realidad, el usuario debe decidir cuan detallado realiza el modelo para aproximarse adecuadamente al comportamiento termodinámico y el rendimiento energético.

4) **Sistema de aire:** Aquí se encuentra la lista de plantillas de los diferentes sistemas de aire HVAC definidos para el edificio actualmente para este proyecto. Una plantilla del sistema HVAC es una descripción del tipo de sistema y las características de este. El usuario define tantos sistemas HVAC como el proyecto lo necesite.

Nota importante: El usuario debe conocer que la primera plantilla en la lista del sistema de aire HVAC será asignado a la primera cubierta que se halla creado y lo mismo para el segundo sistema con la segunda cubierta. El usuario debe corregir estas asignaciones en la ventana de definición de los grupos de zonas (Zone Group Definitions Screen) usando Zone Group HVAC System Assignment para cada cubierta.

5) **Crear nueva cubierta o sistema:** clic en este botón para crear un nuevo Shell o sistema, este puede ser creado a partir de uno existente guardando o copiando así las características de este.

6) **Eliminar cubierta o sistema:** Clic en el botón para eliminar un Shell o sistema defectuoso.

7) **Equipos de agua:** Varias de estas pantallas son usadas para definir los sistemas de equipos de agua tales como equipos de agua fría, agua caliente y sistemas de agua caliente sanitaria los botones que están disponibles (no en gris) depende de los sistemas aire HVAC definidos en el punto anterior.

2.3 VENTANA DE INFORMACIÓN GENERAL.

La información de esta pantalla es similar a la primera pantalla del asistente SD excepto por las entradas para el tamaño del edificio, el número de pisos y fuente de calefacción/refrigeración se asignan en la envolvente por separado o la definición de los sistemas HVAC.

Tenga en cuenta que el botón de la esquina inferior derecha no tiene la etiqueta "Finish", como en el asistente SD. En el asistente DD, esto se denomina "Continúe Navigator" o "return to Navigator". Haga clic en "return to Navigator" para proceder en el navegador.

The screenshot shows the 'eQUEST DD Wizard: Project and Site Data' window. It is organized into several sections:

- General Information:**
 - Project Name: EDIFICIO ABP 1-11-14
 - Building Type: Unknown, Custom or Mixed Use
 - Code Analysis: LEED-NC (Appendix G)
 - Code Vintage: version 3.0
- Building Location and Jurisdiction:**
 - Location Set: User Selected
 - Weather File: Datos metereologico.org
 - Jurisdiction: ASHRAE 90.1
- Utilities and Rates:**
 - Electric: custom
 - Gas: none
- Other Data:**
 - Analysis Year: 2014
 - Usage Details: Hourly Enduse Profile
 - Prevent duplicate model components

At the bottom, there is a 'Wizard Screen 1 of 7' indicator, a '5' in a box, and navigation buttons: 'Help', 'Previous Screen', 'Next Screen', and 'Return to Navigator'.

Esta ventana es usada para definir información general de alto nivel de la construcción, tales como tipo de edificio, tamaño de área condicionada, tipo de sistema HVAC (por lo menos tipo de fuente de enfriamiento y calefacción) locación y tiempo.

1) Nombre y tipo del edificio: En estos campos se define el nombre del proyecto el cual será asignado también para el archivo y la carpeta, además el usuario escoge el tipo de edificio que desee de una lista larga desplegable que establece por defecto la mayoría de datos de entrada en el asistente por ejemplo tamaño del edificio, tipo de sistema HVAC, materiales de construcción y horario de operación.

2) Análisis del código de cumplimiento de la energía: Puede seleccionar la opción que desee

- "California Title 24" seleccione esta opción para permitir un análisis con el derecho 24 de California. Con esta opción seleccionada todos los valores por defecto de los asistentes de eQUEST serán convertidos al derecho 24.
- "Savings By Design (T24)" seleccione esta opción para permitir un análisis automático con el ahorro por Diseño de (T24). Ahorro por Diseño es un nuevo programa de incentivos a nivel estatal de la construcción para California patrocinado por las cuatro empresas de servicios públicos propiedad de inversionistas en California: Pacific Gas and Electric, San Diego Gas and Electric, Southern California Edison, y la compañía de gas.
- "LEED NC (Appendix G)" seleccione esta opción para permitir un semianálisis LEED para nuevas construcciones, esta opción no está actualmente automatizada como las anteriores. Ver el manual de análisis de cumplimiento LEED que trae el eQUEST dando clic derecho en cualquier entrada y seleccionando "LEED analysis".

3) Localización del edificio: Si se da clic en el menú desplegable se puede escoger una de las tres opciones que hay:

"California/Title24" limita el archivo del clima a las 16 zonas climáticas de California.

"todas la locaciones de eQUEST" proporciona escoger archivos del tiempo de lo ancho de UU.EE.

Estados: muestra todos los estados de América del Norte y además una lista larga de los principales pueblos de cada estado

“seleccionado por el usuario” permite al usuario buscar un archivo del clima estándar de DOE-2 de su computadora.

Nota: aproximadamente 670 archivos del tiempo están disponibles para descargar entre ellos algunos archivos internacionales.

Jurisdicción

“ASHRAE 90.1” esta selección invoca a un análisis LEED USGBC y también la ASHRAE 90.1 climas de regiones.

“CA Title 24” esta selección involucra los valores por defecto del código de energía de California.

“CA DEER” Esta selección involucra por defecto el desarrollado durante el curso de la aplicación de las estimaciones de ahorro de eficiencia energética para la base de datos de California para Energía Recursos Eficientes (ciervo). involucra

“Oregón” Esta selección invoca por defecto basado en el Capítulo 13 del Código de Energía de Oregón.

“WA Seattle” Esta selección invoca valores por defecto basados en el código de energía de la ciudad de Seattle.

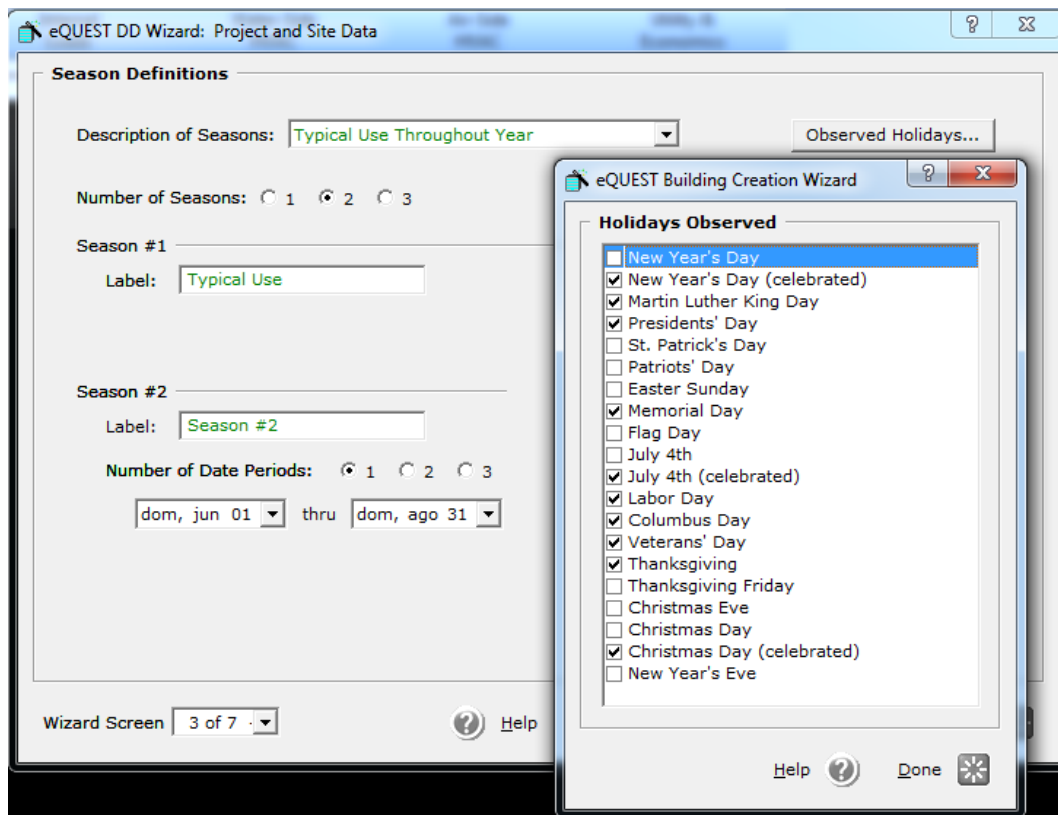
4) Empresa de servicios de gas y energía y tarifas.

Se presenta algunas empresas de servicios públicos de EE.UU con su respectiva tarifa, el usuario seleccionará la que crea más conveniente otras opciones son ninguna si en el edificio no cuentan con el servicio o en caso que no encuentre su empresa prestadora del servicio puede personalizarla (custom).

5) selección de la ventana del asistente.

Permite navegar por todas las ventanas del asistente de diseño fácilmente según la necesidad.

2.4 DEFINICIÓN DE LAS TEMPORADAS.



Descripción de las temporadas.

Seleccione la opción que mejor describa los períodos o temporadas operativas del edificio. Para algunos tipos de edificios, "Uso típico a lo largo de año "es la única selección disponible. Para otros puede haber más de una selección de la descripción de temporada. Las selecciones disponibles representan opciones preestablecidas que describen el funcionamiento del edificio sobre el transcurso de un año. Por ejemplo, para una escuela, la descripción de la temporada disponible son "clases todo el año", "nueve meses completos, reducido a sesión de Verano "y" nueve meses completos, sin sesión de verano."

Festivos: Presenta una lista predefinida de 20 posibles fechas de vacaciones (recuadro superior), con 10 pre-seleccionados según el país.

2.5 INFORMACIÓN GENERAL DEL EDIFICIO.

The screenshot shows the 'General Shell Information' dialog box in the eQUEST software. The fields are as follows:

- Shell Name:** ABP SOTANO (1)
- Building Type:** Unknown, Custom or Mixed Use
- Specify Exact Site Coordinates:** X: 0.0 ft, Y: 0.0 ft, Z: 0.0 ft (2)
- Area and Floors:**
 - Bldg Shell Area:** 8,610 ft² (4)
 - Number of Floors:** Above Grade: 1 (5), Below Grade: 0
- Other Data:**
 - Shell Multiplier:** 1 (3)
 - Daylighting Controls:** No (6)
 - Usage Details:** Hourly Enduse Profiles (7)
 - Prevent duplicate model components**
 - Component Name Prefix:** ABPO, **Suffix:** (empty) (8)
 - (# of Prefix + Suffix characters must be <= 4)

At the bottom, it indicates 'Wizard Screen 1 of 26' and provides navigation options: Help, Previous Screen, Next Screen, and Return to Navigator.

1) Nombre de la envolvente: Utilice este campo para nombrar la envolvente seleccionada. Una envolvente podría ser un edificio separado en un pequeño campus de edificios, o una planta (o plantas) con una vista de planta común única, o un piso (o pisos) con un esquema de zonificación única, o secciones separadas de un edificio.

La posición del edificio debe ser relativa a otra construcción previamente definida el cual debe ser nombrado como referencia. Seleccione por ejemplo norte, sur, inmediatamente arriba o abajo (opciones incluidas) y la distancia de referencia relativa a dicho edificio.

También si el usuario lo desea puede dar las coordenadas específicas del nuevo edificio sin referencia a nada.

Nota: si la huella del edificio ha sido creada importando un archivo CAD especifique "por medio de coordenadas" e ingrese las coordenadas.

Cascaron de referencia.

El nuevo edificio se crea con referencia a uno previamente realizado y sus características posicionales dependen de este. Las opciones incluyen solamente los cascarones que se definieron anterior al cascaron actual.

2) Coordenadas del cascaron actual: Estas se pueden ingresar en x, y, z y tiene que estar activada la opción "por medio de coordenadas".

3) Multiplicadores de piso: Multiplicadores de piso son un "atajo" a menudo utilizado en la simulación. Si un piso de edificio es termodinámicamente idéntico (o casi) a otras plantas de construcción (es decir, las mismas cargas internas, las exposiciones, y los horarios de uso de manera que sus cargas de climatización y uso de la energía medida sería muy similar), un multiplicador piso funciona para modelar una planta y luego multiplique ese piso con el multiplicador. El uso de los multiplicadores de suelo puede reducir el tamaño del archivo y el tiempo de ejecución de la simulación.

4) Área del edificio: Para el asistente esquemático esta es el área total de edificio para el asistente desarrollo del diseño este es tan solo el área total de un cascaron o de un piso (DD Wizard permite varios pisos).

5) Número de pisos hacia arriba: El usuario escoge la cantidad de pisos que tiene su edificio con referencia al primer piso.

Nota: En realidad eQUEST no modela más de tres pisos hacia arriba, para edificios de más de tres pisos, el programa solo modela tres pisos y toma un multiplicador en el piso del medio, esto sucede también cuando se modela para los pisos hacia abajo.

Equipo de enfriamiento: Las especificaciones del tipo de sistema HVAC se realizan más adelante en una pantalla del asistente, este dato de entrada junto con el equipo de calefacción, es usado para determinar un valor probable del tipo de sistema HVAC.

Las opciones que hay tanto para enfriamiento y calefacción son:

- “No Cooling (No enfriamiento)” indica que el edificio no utiliza un sistema de enfriamiento.
- “DX coils” Indica que el enfriamiento es proporcionado por un serpentín de expansión directa (sistema paquete o enfriamiento independiente).
- “Chilled Water Coils” Indica que el enfriamiento es proporcionado por un serpentín de agua refrigerada (sistemas manejadores de agua por una planta enfriadora de agua).
- “Evaporative Coolers” Indica que el enfriamiento es proporcionado por enfriamiento evaporativo.

Equipo de calefacción:

- “No Heating” No hay calefacción en el modelo del edificio.
- “Furnace” Indica que la calefacción es generado por un horno.
- “Electric Resistance” Indica que la calefacción es generada por una bobina de resistencia eléctrica (Horno eléctrico, recalentamiento eléctrico)
- “DX coils” Indica que la calefacción es proporcionado por un serpentín de expansión directa (bombas de calor fuente aire-agua).
- “Hot Water Coils” Indica que la calefacción es proporcionado por un serpentín de agua caliente (sistemas manejadores de aire por una caldera central).

Año de simulación: Selecciona el año para el cual se va a realizar la simulación, el archivo de datos del clima solo pueden contener 365 días, no se puede indicar un año bisiesto para el año de simulación.

6) Control de la iluminación natural: Indica si los controles de iluminación (sensor de detención de la luz del día) serán utilizados en el modelo base. El usuario debe escoger “sí” a esta opción e inmediatamente aparece “ventana de zonificación de iluminación natural” en el asistente principal.

7) Uso final de carga y de datos de perfil

Indica si hay “horarios simplificados” o “perfiles de uso hora a hora” será usado para describir la ocupación del edificio y perfiles de carga de los equipos.

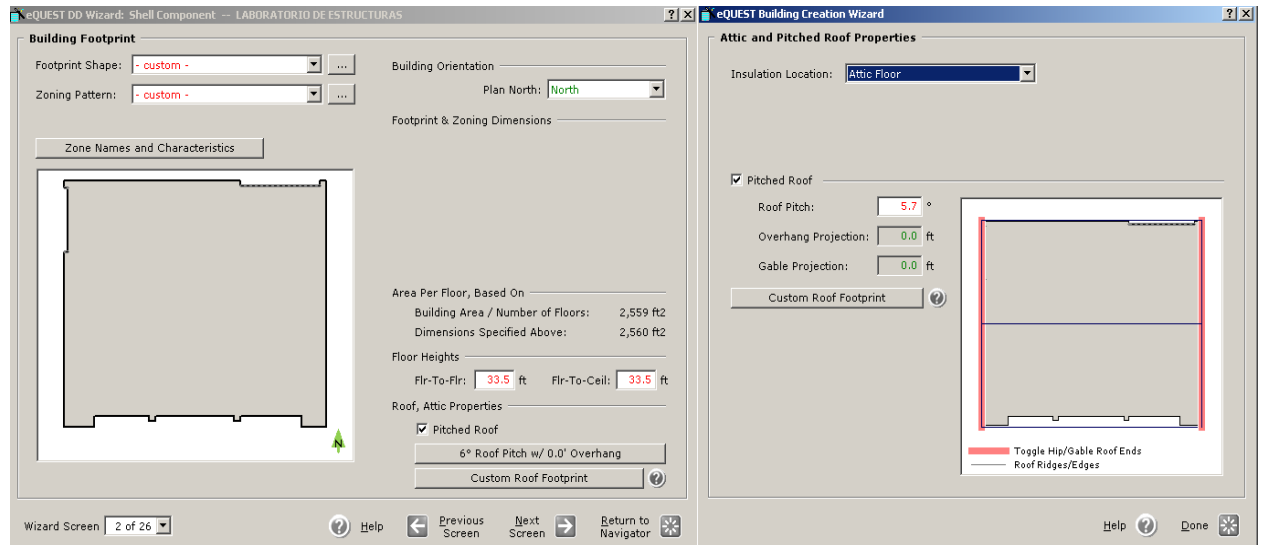
Nota de Uso: La selección de los “horarios simplificados” proporciona al usuario acceso a la ventana del horario principal y secundario.

Una selección de los perfiles de uso hora a hora proporciona al usuario acceso a la definición de temporadas de operaciones y horario de operación del edificio.

8) Nombre del componente (sufijo/prefijo).

Esta entrada es usada para designar el prefijo o sufijo del nombre designado por el asistente a cada uno de los componentes del cascaron actual. Estas entradas se repiten en la ventana “Nombre de las zonas”.

2.6 ESTRUCTURA DEL EDIFICIO.



2.6.1 Ventana vista de planta del edificio.

Ventana de la huella del edificio (SD Y DD Wizard).

Se usa esta ventana para definir la vista de planta del edificio y el modelo de zonificación que se desea elegir.

Forma de la vista de planta: Esta selección es usada para describir la forma genérica de la planta del edificio. Seleccione la forma de la planta del edificio, luego personalice las dimensiones de la planta, una vista en planta de su selección aparecerá en el diagrama del plano del edificio en esta ventana del asistente.

Modelo de zonificación: Modelo de zonificación HVAC.

Para modelo de zonificación HVAC hay dos disponibles: perímetro vs núcleo y uno por piso. Esta selección es usada para describir el modelo de zonificación genérica usado para lograr el control HVAC.

Orientación del edificio (referencia plano Norte): Se selecciona la orientación del edificio con respecto al plano norte, las opciones a escoger para la orientación

del edificio están espaciadas cada 22.5° (es decir, norte, norte noroeste, oeste noroeste, oeste).

Profundidad de la zona perimetral: Esta solo se muestra si el modelo de zonificación = “perimeter/core” tenga en cuenta que el porcentaje del área total de edificio tomado como zona perimetral es indicado en la parte de abajo del plano de construcción del edificio.

Relación de aspecto: Esta entrada se utiliza para describir la relación de aspecto de la envolvente del edificio. Relación de aspecto se define como dimensión X1 de la envolvente del edificio, dividido por la dimensión Y1 de la envolvente.

Dimensiones de la huella del edificio: En este espacio se personaliza, si es necesario, las dimensiones en x, y de la huella del edificio. Las dimensiones de la huella por defecto están determinadas por el área del edificio de la ventana “información general”.

Altura de piso a piso: En un edificio de varios pisos, es la distancia de un piso a otro. En un edificio de una sola planta, es la distancia desde el nivel del suelo hasta el nivel del techo. La distancia de piso a piso deberá ser mayor que la distancia de piso a techo para proporcionar un espacio entre ellos.











Altura de piso a techo: En un edificio con un espacio por encima del techo (ático), es la distancia desde el suelo hasta el techo. En un edificio donde el techo es la parte inferior del tejado, la distancia desde el nivel del suelo hasta el nivel del techo.

Inclinación del techo: Seleccione esta casilla para entrar las propiedades del techo inclinado.

Personalizar la vista de planta del techo: El objetivo principal de personalizar la vista es crear la forma del techo que debe ir sobre la huella del edificio, este debe ser mucho más fácil en comparación con la forma de la vista de planta del edificio

que se encuentra debajo, de lo contrario el software no puede crear la forma del techo debido a errores geométricos.

Procedimiento de uso: Al entrar en la huella de diálogo personalizado, el polígono de la huella del techo por defecto se muestra en azul. Seleccione cualquiera de los vértices de la huella del polígono la cubierta existente haciendo clic izquierdo en un vértice seleccionado. Una vez seleccionado, el color del vértice seleccionado se mostrará ya sea como cian (azul claro) o de color amarillo claro. Arrastrar y soltar un vértice azul tiene el efecto de copiar el vértice seleccionado originalmente. Arrastrar y soltar un vértice amarilla tiene el efecto de volver a poner el vértice seleccionado originalmente. El color del vértice activo actualmente puede fácilmente activarse haciendo clic con un solo vértice seleccionado, por ejemplo, si el vértice seleccionado ya es azul, dando un único clic de nuevo cambiará su color a amarillo o viceversa. Arrastrando y soltando vértices azul o amarillo, la forma de la huella de la azotea por defecto puede ser fácilmente alterado. Los siguientes iconos aparecen en la interfaz y ayudan a realizar los respectivos arreglos que se requieran.

-  Puntero seleccione esta herramienta para seleccionar un vértice.
-  Utilice esta herramienta para aumentar o disminuir el zoom a un vértice.
-  Utilice esta herramienta para desplazar el dibujo al lugar deseado.
-  Abra el archivo CAD, podrá importar el archivo desde su computador.
-  Utilice esta herramienta para seleccionar solamente el dibujo del CAD importado y puede mover o aumentar y disminuir solamente este.
-  Clic para ver o editar las propiedades del archivo CAD.
-  Clic para ver, editar o revisar las capas del CAD.
- 
- 
- 

Clic para poder ver o editar las propiedades.

Use este icono para borrar el ítem actualmente activo.

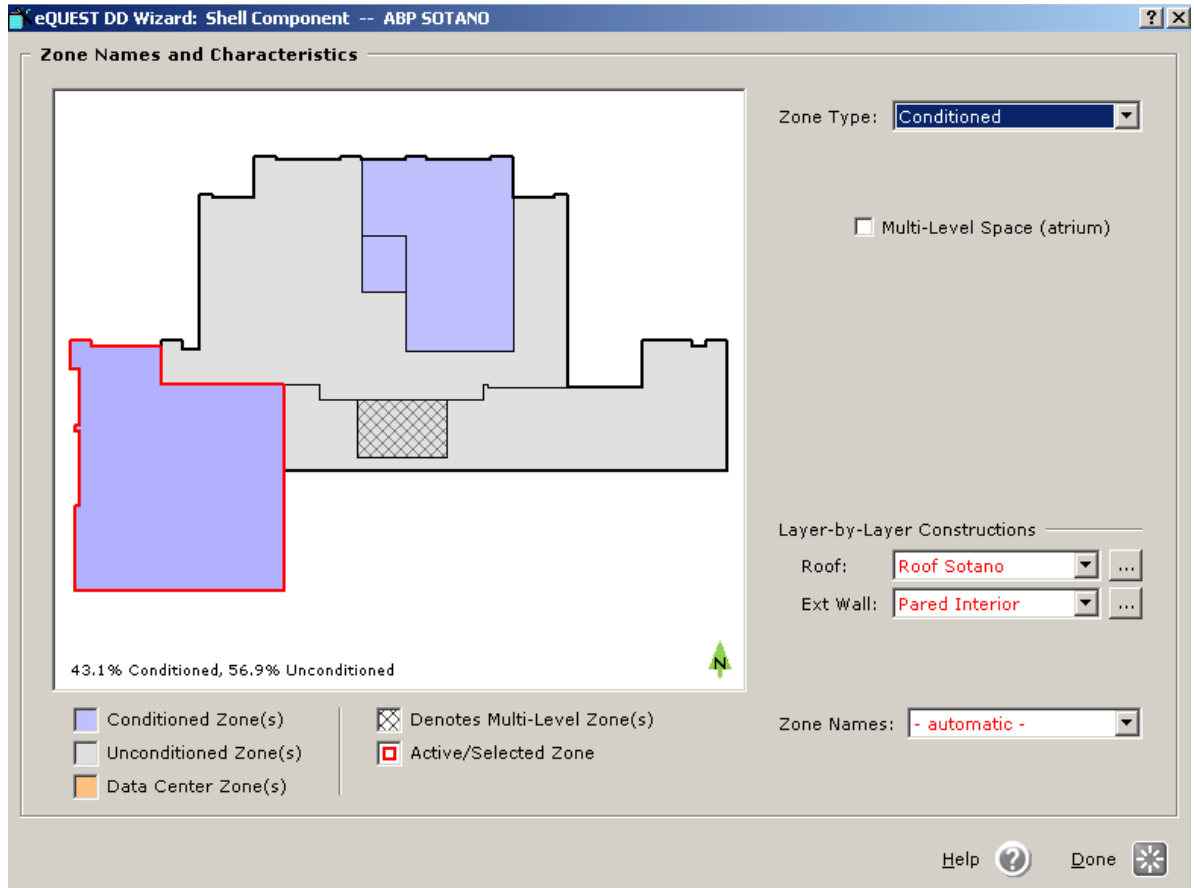
Hace y deshace los cambios realizados en el dibujo.

Ático sobre la planta superior: Esta casilla está activada si el espacio por encima del último piso es un ático.

Este campo sólo está disponible para los siguientes tipos de edificios residenciales:

- Multifamiliar, Baja altura (entradas exteriores)
- Multifamiliar, mediana altura (las entradas interiores)
- Multifamiliar, de gran altura (las entradas interiores)

2.6.2 Nombre y características de las zonas.



Tipo de zona. En el diagrama de la vista de planta de las zonas definidas, haga clic en una zona seleccionada a continuación se indican el tipo de zona:

- Acondicionada (por defecto) o incondicionado.
- Centro de datos (espacios destinados para solo supercomputadoras)

Suministro pleno: Esta casilla de verificación solo se muestra si la zona seleccionada es un centro de datos y si el camino de suministro de aire del sistema HVAC del centro de datos es ajustado a pleno.

Si el camino del centro de datos del sistema de climatización del aire de suministro está en 'Pleno', este cuadro será activado de forma predeterminada. Si desactiva esta casilla, se cancelará el uso de una cámara de suministro por suelo radiante para la zona seleccionada.

Altura de la zona acondicionada (Sólo aparece para las zonas de atrio.):

Utilice esta opción para indicar el límite condicionado superior de la zona del atrio. El área por encima de este nivel será tratada como incondicionada.

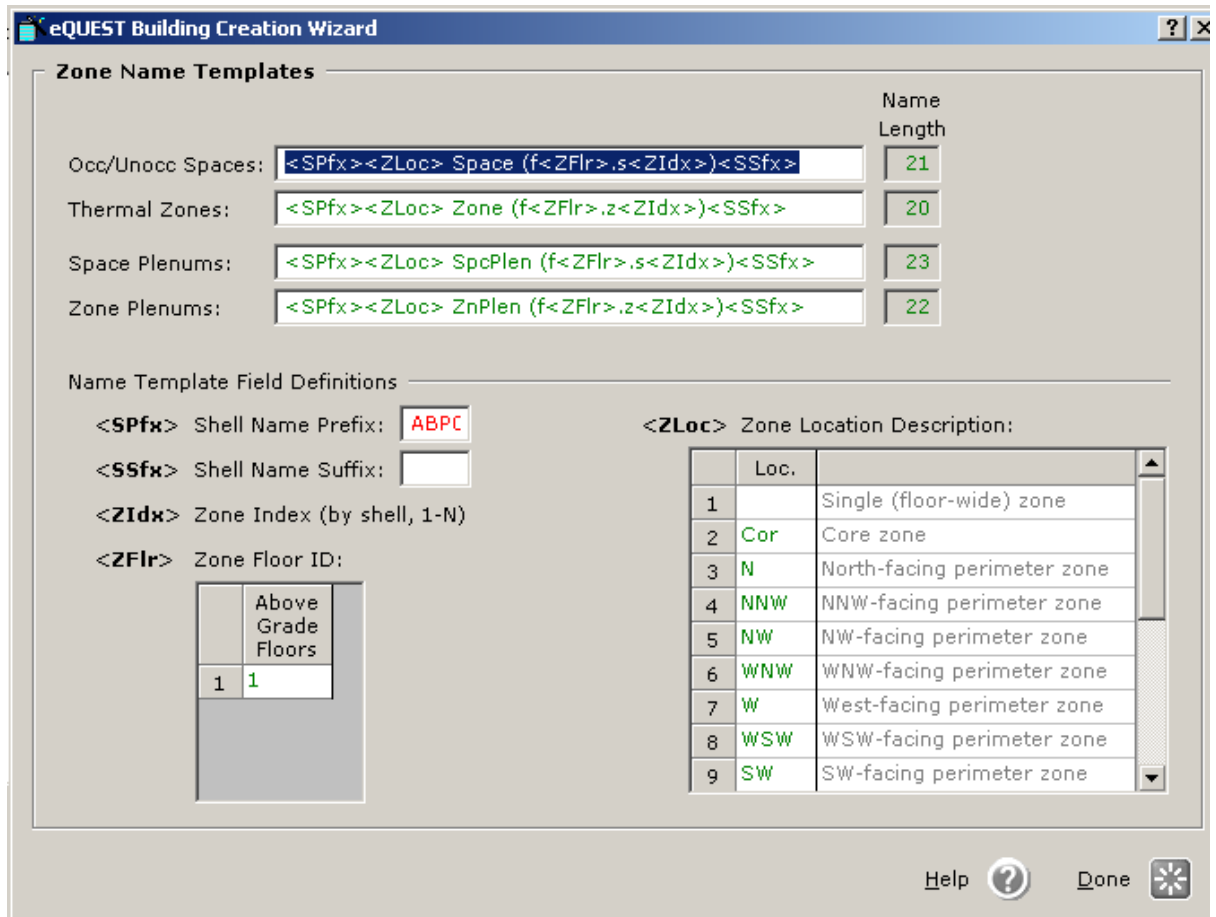
Cargas en la porción inferior de la Zona. (Sólo aparece para las zonas de atrio.)

Utilice esta entrada para indicar qué fracción de la ganancia interna en el atrio de zona inferior.

Construcciones capa por capa: Para la zona seleccionada (resaltado), indicar las asignaciones de construcción personalizada (si los hay) para cubiertas exteriores o paredes exteriores. Crea nuevas construcciones para la asignación de aquí ya sea seleccionando "Crear nueva construcción" para techo o pared externa en esta pantalla o definiendo construcciones personalizadas capa por capa en la siguiente pantalla (Building Envelope Constructions), a continuación, volver a esta pantalla para hacer las tareas necesarias.

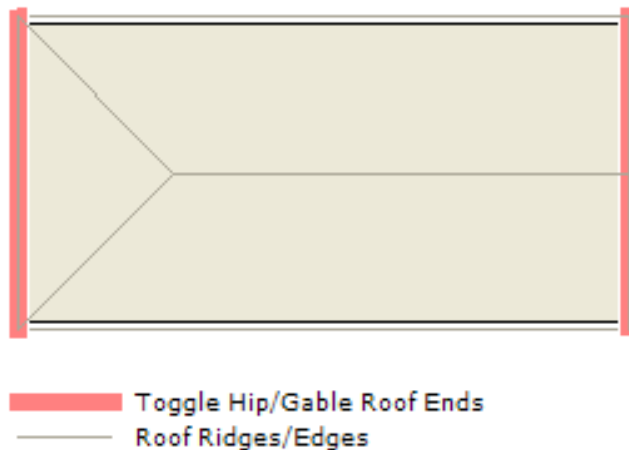
Nombres de la zona. Para especificar nombres de zona personalizados, seleccione nombres de zona = Definido por el usuario. Consulte la descripción a continuación para obtener más detalles con respecto a los nombres personalizados.

Plantillas de zona de nombres: Haga clic en este botón para visualizar y editar la zona predeterminada de nombre de plantilla prefijos y sufijos utilizados por eQUEST para generar nombres de zona por defecto (ver imagen inferior).



Propiedades del ático y techo inclinado.

Utilice esta pantalla para definir las propiedades del ático y techo inclinado. Haga clic en los bordes del techo resaltados (véase la imagen de abajo) para cambiar entre hastial y hip roof.



Ubicación del aislamiento del ático y techo inclinado: Esta entrada se utiliza para indicar la ubicación de aislamiento en un ático, asociado con el uso de un techo inclinado.

Las opciones son:

- Aislamiento del suelo del ático y techo inclinado será localizado solamente en el piso del ático (por ejemplo, aislamiento en la superficie horizontal del piso del ático).
- Aislamiento de la superficie del techo para el ático y techo inclinado será localizado solo en la superficie del techo.
- Ambos. El aislamiento situado tanto en el piso del ático (superficie horizontal) y la superficie del techo.

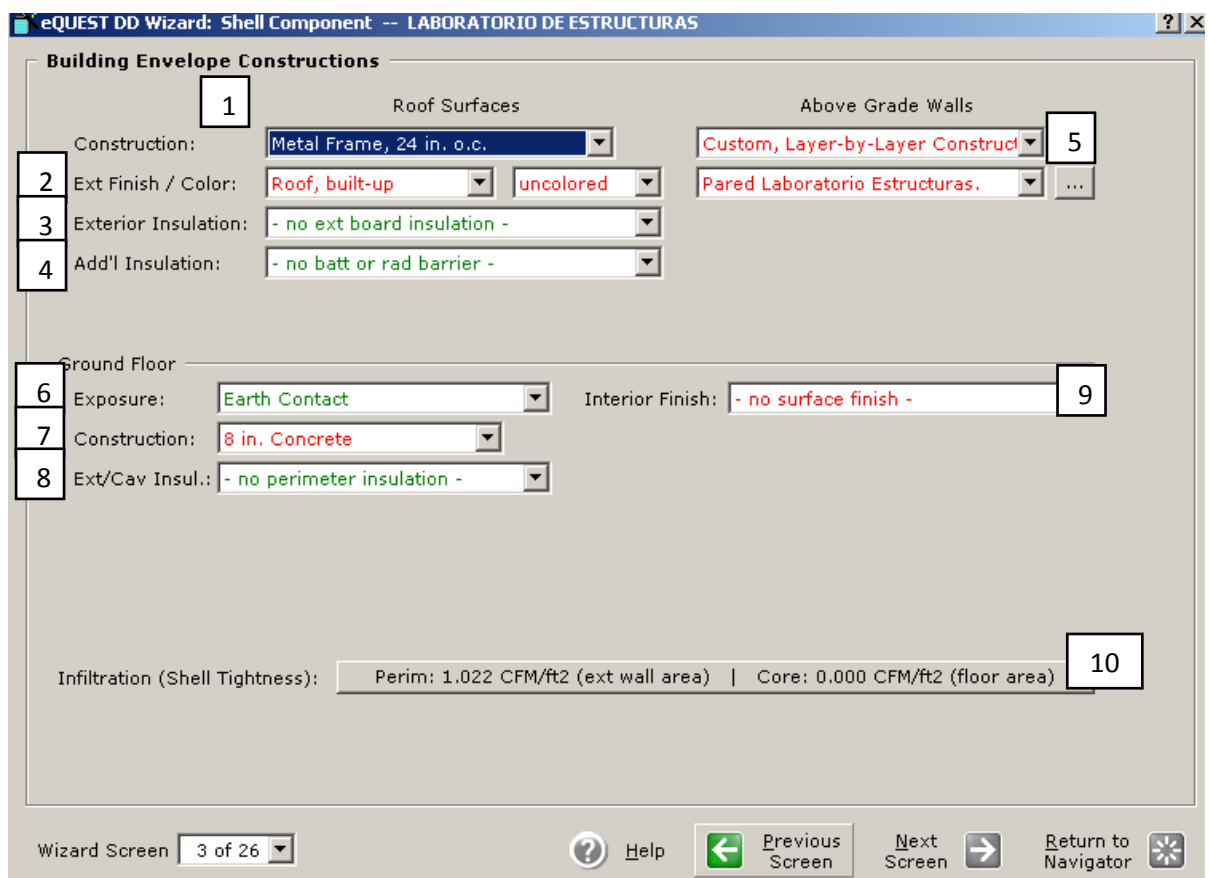
Inclinación de la pendiente del techo: Indique el grado de inclinación del tejado (0 grados = horizontal).

Recordando que $\tan(\theta) = \text{altura (vertical)} / \text{distancia (horizontal)}$, luego, la inclinación del techo (en grados) = $\arctan(\text{altura} / \text{distancia})$.

2.7 CONSTRUCCIÓN DE LA ENVOLVENTE EXTERIOR.

Pantalla detalles Constructivos del techo: Esta pantalla se utiliza para:

Revisión de las propiedades de construcción del techo. Entrada de aislamiento adicional para forzar el valor de la resistencia general para que coincida con un valor especificado por el usuario (debe ser mayor que el R-valor global debido a los materiales especificados).



1) Tipos de construcción del techo: Como sólo un tipo de construcción se puede seleccionar desde el asistente del edificio, seleccione el tipo de construcción del techo que representa la construcción predominante utilizada en el edificio.

La selección de la construcción del techo afecta a la selección y las opciones disponibles por defecto para el techo y aislamiento exterior del techo de aislamiento adicional en esta pantalla del asistente.

Las siguientes son las opciones a escoger:

- "Marco de madera avanzada" Asume la elaboración de la madera (en el espacio indicado) ajustado para tener en cuenta los puentes térmicos pero suponiendo profundidad completa e incluso de aislamiento que se extiende hasta el borde exterior de las paredes exteriores.
- "Marco de madera estándar" asume elaboración de la madera (en el espaciamiento indicado) ajustado para tener en cuenta los puentes térmicos pero suponiendo que la profundidad de aislamiento cerca del borde exterior de las paredes exteriores se estrecha debido al espacio limitado disponible para el aislamiento.
- "Marco de Metal" asume estructura metálica (en el espacio indicado) ajustado para tener en cuenta los puentes térmicos.
- "Concreto" asume estructura metálica (en el espacio indicado) ajustado para dar cuenta de los puentes térmicos.
- "Adiabática" que se utiliza para representar que no se expone a la intemperie, es decir, literalmente, una superficie de techo o el techo a través del cual no hay transferencia de calor.
- "Personalizado, capa por capa" permite a los usuarios definir capa por capa las construcciones para techos. Los materiales se limitan actualmente a los contenidos en la biblioteca de materiales de DOE-2.

2) Techo - Acabado Exterior: Acabado exterior de los techos en el proyecto.

Dado que sólo hay un tipo de techo acabado exterior se puede seleccionar desde el asistente de construcción, seleccione el tipo de techo acabado exterior que representa el acabado del tejado exterior predominante utilizado en el edificio existente o propuesta.

Techo Acabado exterior es utilizado por eQUEST de dos maneras.

1) Su objetivo principal es establecer la textura de la superficie de la cubierta exterior, que influye en la tasa de pérdida de calor / ganancia en función de la velocidad y dirección del viento.

2) En algunos casos, techo Acabado exterior también se utiliza para especificar el material más externa en la sección transversal de la construcción del techo.

Color exterior para los techos en el proyecto: Solo se puede seleccionar un color al techo desde el asistente de construcción, seleccione el tipo de color exterior del techo que representa el color predominante del techo exterior utilizado en el edificio existente o propuesta.

3) Techo - Aislamiento Exterior: El material del aislamiento para el techo (es decir, el aislamiento rígido), si los hubiere.

Seleccionar el material de aislamiento exterior del techo que mejor representa el material a ser aplicado, en su caso, a la superficie exterior de la construcción de tejado. El valor predeterminado para Exterior Roof Insulation se basa en la construcción del techo.

4) Techo - Aislamiento adicional: El material adicional de aislamiento del techo. El valor por defecto y opciones para aislamiento adicional se basa en la construcción de la pared exterior de la siguiente manera:

Para construcción de pared Exterior = Marco de madera o metal.

Aislamiento adicional = Elección de la batería de aislamiento en la cavidad a enmarcar.

Para construcción de pared Exterior = CMU

Aislamiento adicional = Elección de núcleos inyectados sólidos o una película de aislamiento núcleo de relleno.

Seleccionar el material de aislamiento adicional que mejor representa cualquier aislamiento adicional, ya sea en forma de bloque de material fibroso interior y / o barrera radiante, o como una tapa de hormigón de peso ligero.

5) Pared exterior - Valor global de la resistencia: Por defecto, se muestra el valor total de la resistencia de las construcciones especificadas anteriormente. Opcionalmente, un valor de resistencia mayor que el valor por defecto se puede introducir lo que resultará en una capa adicional de material añadido a la construcción de muros exteriores.

6) Planta baja – Exposición: La condición a la que se expone el exterior de la planta baja. Ya que sólo se puede seleccionar una exposición de la planta baja desde el asistente de construcción. Seleccione la exposición de planta baja que representa la exposición predominante utilizada en el edificio existente o propuesta.

7) Tipo de construcción Planta Baja: Cuando la exposición de la planta baja es "Contacto con tierra", eQUEST asume un piso de concreto, en contacto con la tierra, de la siguiente manera:

En Número de pisos por debajo del grado = 0 (en la pantalla de información general), planta baja de la construcción se refiere a una losa de piso sobre rasante.

En Número de pisos por debajo de grado > 0, la planta baja de la construcción se refiere a una losa de piso por debajo del nivel (es decir, una planta sótano).

8) Planta Baja – Aislamiento exterior / cavidad de aire: Aislamiento exterior, cavidad de aire o del piso perimetral, en cualquier caso.

Si la exposición de planta baja es "Tierra de contacto", entonces el aislamiento exterior o la cavidad de aire describen, el aislamiento perimetral del piso que mejor representa las características de construcción de la Planta de Construcción de tierra.

Planta Baja – Aislamiento interior: Aislamiento interior entre la construcción del piso principal y el acabado del piso interior. Esta propiedad sólo aparece si la exposición de la planta baja está en contacto con la tierra.

9) Acabado de la planta baja: Seleccione el acabado del piso de la planta baja que mejor represente el acabado del piso predominante en el edificio.

Notas de uso: Sólo se enumeran los tipos más comunes de los acabados de pisos. El usuario puede crear construcciones personalizadas, incluyendo materiales de acabado de piso personalizado con propiedades personalizadas (por ejemplo, obtenidos a partir de las manufacturas), utilizando la interfaz detallada.

Planta Baja – La losa de concreto penetra la pared: Indica si el borde de la losa de hormigón de la planta baja de la construcción penetra en el plano de la pared exterior. Esta casilla de verificación sólo aparece si número de pisos por debajo del grado es ≤ 0 , y la planta baja no está en contacto con la tierra y la construcción de la planta baja es en concreto.

Muro bajo tierra – Construcción: El tipo de construcción del muro del sótano. Si el número de pisos por debajo del grado = 0 (en la pantalla de información general), entonces la construcción del sótano no se muestra. En Número de pisos por debajo de grado > 0 , la construcción del muro del sótano presenta una lista de opciones de construcción de la pared del sótano por debajo de grado.

Dado que sólo es un tipo de construcción de la pared del sótano se puede seleccionar desde el asistente del edificio, seleccione el tipo que representa la construcción de la pared del sótano predominante utilizado en el proyecto.

Muro bajo tierra – Aislamiento: Aislamiento de la pared del sótano, si lo hubiera.

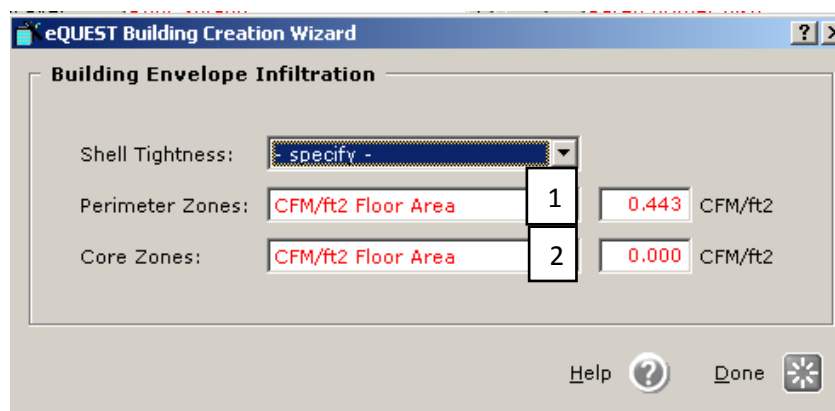
Seleccione el aislamiento de la pared del sótano que mejor representa las características de construcción para la construcción de la pared del sótano. Si en el edificio el número de pisos por debajo del grado = 0 (en la pantalla de

información general), el aislamiento de la pared del sótano no se muestra. Si el número de pisos por debajo de grado > 0, el aislamiento de las paredes del sótano aparece en una lista de opciones de aislamiento de la pared del sótano por debajo de grado.

10) Pantalla de la infiltración en la envolvente del edificio: Esta pantalla es usada para ingresar las características de la capacidad de la envolvente del edificio para resistir las infiltraciones del aire exterior.

Infiltración - Estanqueidad de la envolvente.

Estanqueidad de la envolvente del edificio para evitar la infiltración de aire.



Si "- especificar -" está seleccionado, entonces el usuario puede introducir métodos y valores explícitos para el modelado de la tasa de infiltración de aire.

Si la cobertura de la localización del edificio = "All eQUEST Locations" y Región (Estado) = "Washington", entonces las opciones de adición de "Loose", "Tight", y "Unusually Tight" están disponibles.

1) Infiltración - Método Zona Perimetral: El método para determinar la tasa de infiltración en las zonas perimetrales.

Seleccione el método que se utilizará para determinar la tasa de infiltración en las zonas perimetrales, entre las siguientes:

- Cambios de aire por hora (ACH)

- CFM por pie cuadrado de superficie condicionada
- CFM por pie cuadrado de área de la pared exterior

Infiltración – Valor de la zona Perimetral.

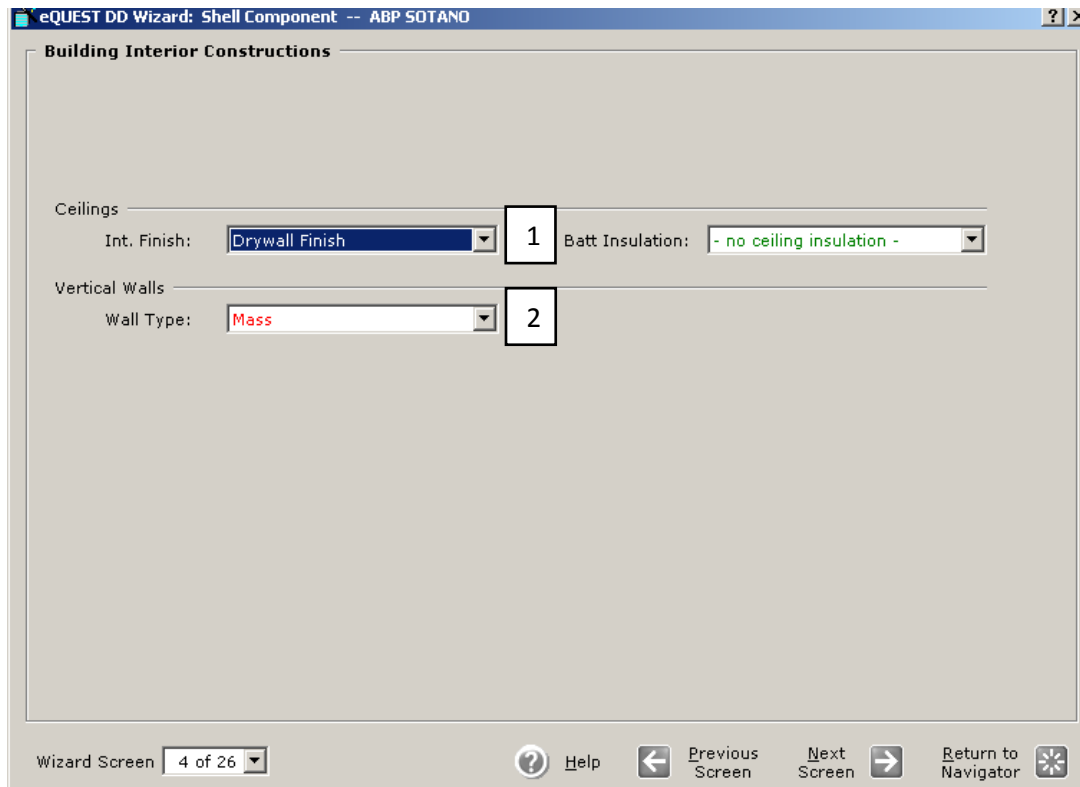
- La tasa de infiltración para las zonas perimetrales: Ingrese la tasa de infiltración de las zonas perimetrales. Este valor debe ser apropiado para el método de la zona perimetral seleccionada.

Notas de uso: Cuando el método de la zona perimetral es alterado, los valores predeterminados de la zona Perimetral, se debe revisar los valores y las unidades apropiadas para la nueva selección.

2) Infiltración - Núcleo Método Zone: El método para determinar la tasa de infiltración en las zonas núcleo. Seleccione el método que se utilizará para determinar la tasa de infiltración en zonas núcleo, de lo siguiente:

- Cambios de aire por hora (ACH)
- CFM por pie cuadrado de superficie condicionada

2.8 PANTALLA DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA PARED INTERIOR.



Utilice esta pantalla para definir las construcciones utilizadas en la construcción de paredes interiores, techos y pisos.

1) Techo planta superior (por debajo del ático) – Acabado: Acabado del techo interior de la planta superior (debajo del ático).

Ya que sólo es un tipo de acabado del techo para la planta superior seleccione el tipo de acabado de techo para la planta superior que representa el tipo de construcción del techo interior predominante utilizado en todo el proyecto. El valor predeterminado para acabados interiores de techo se basa en Edificio (previamente seleccionado en la pantalla de Información General).

Hay tres opciones para el acabado del techo para la planta superior:

- "Lay-in Tile Acoustic" el valor por defecto para la mayoría de tipos de edificios comerciales.
- "Drywall Finish" el valor predeterminado para los tipos de los edificios multifamiliares - representa el 5/8 de pulgada de paneles de yeso sobre las vigas del techo.
- "Finish Plaster" representa un yeso allanado típico y acabado de yeso sobre las vigas del techo.

Techo planta superior (por debajo del ático) – Marco: El tipo de marco del techo por debajo de un ático.

Seleccione el tipo de marco de techo por debajo del techo planta superior (por debajo del ático).

Techo - Construcción

Tipo de construcción interior del techo: Hay tres opciones para Interior Techo de la construcción:

- "Lay-in Tile Acoustic" el valor por defecto para la mayoría de tipos de edificios.
- "Drywall finish" representa una pared de partición de 2X4 con marco de metal (por defecto no está aislado). $\frac{3}{4}$ Si se selecciona, a continuación, el aislamiento Interior del techo disponible, mediante el cual el usuario puede especificar la cantidad de aislamiento de la cámara.
- "Plaster Finish" representa una pared interior de la masa, por ejemplo, un hormigón o mampostería.

2) Muro Interior - Construcción Interior Tipo de construcción de la pared: Hay tres opciones para la construcción de paredes interiores:

- "Air (ninguno)" representa áreas abiertas, por ejemplo, oficina abierta modelado como una pared interior con un alto valor U.
- "Marco" representa una pared de partición interior con marco metálico 2x4 (por defecto es no aislado). Si se selecciona, luego el aislamiento de la pared Interior está disponible, por el cual el usuario puede especificar la cantidad de aislamiento de la cámara.
- "Masa" representa una pared interior de la masa, por ejemplo, un hormigón o mampostería de la pared de soporte de carga.

Muro Interior - Aislamiento

Aislamiento de la pared interior, si los hubiere.

El acceso al campo del aislamiento de la pared interior se basa en la construcción de la pared interior de la siguiente manera:

- Para paredes internas= "Aire" o "Mass", el aislamiento no se utiliza (no se muestra)

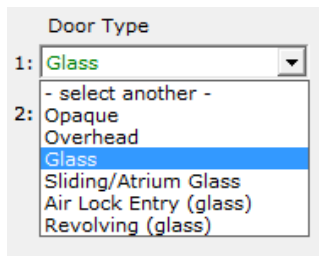
Seleccione el interior de la pared de aislamiento que mejor representa las características de construcción para la construcción de la pared interior.

2.9 PANTALLA PUERTAS EXTERIORES.

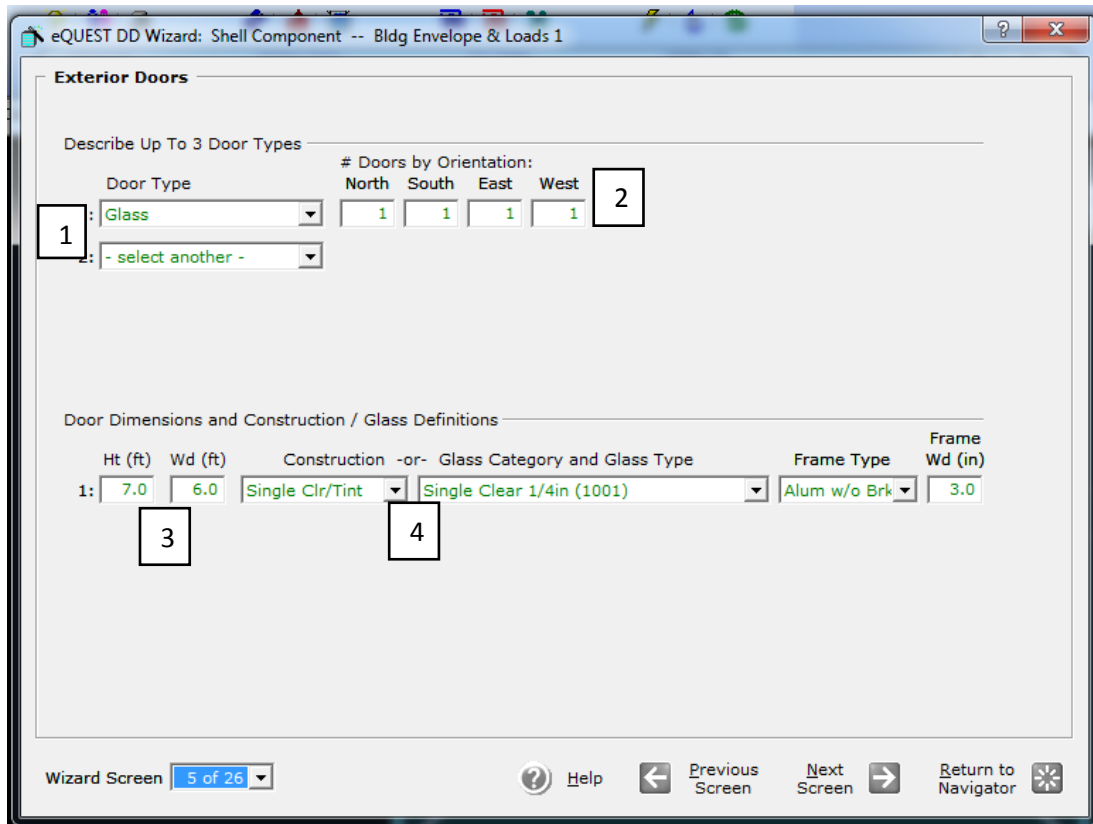
Esta ventana está diseñada para que el usuario ingrese la información correspondiente a las puertas exteriores. Para esto el software tiene las siguientes opciones:

1) Permite seleccionar el tipo de puerta, máximo permite seleccionar tres. Si se desea ubicar otro tipo de puerta no disponible es posible realizarlo desde la interfaz de detalle.

Las opciones dadas son las más comunes:



- 2) Permite determinar la cantidad de puertas ubicadas en cada dirección (norte, sur, este y oeste). Esta opción es viable cuando se tiene las mismas dimensiones y características para todas las puertas.
- 3) Se definen las dimensiones de la puerta. (Altura y ancho). Es importante tener en cuenta que la altura de esta no debe exceder el valor establecido en "Floor-to-Ceiling Height".
- 4) Este punto hace referencia a los detalles de la construcción de la puerta, por lo tanto varía según el tipo de puerta seleccionado en el ítem 1.



2.10 CATEGORIAS DE VIDRIO:

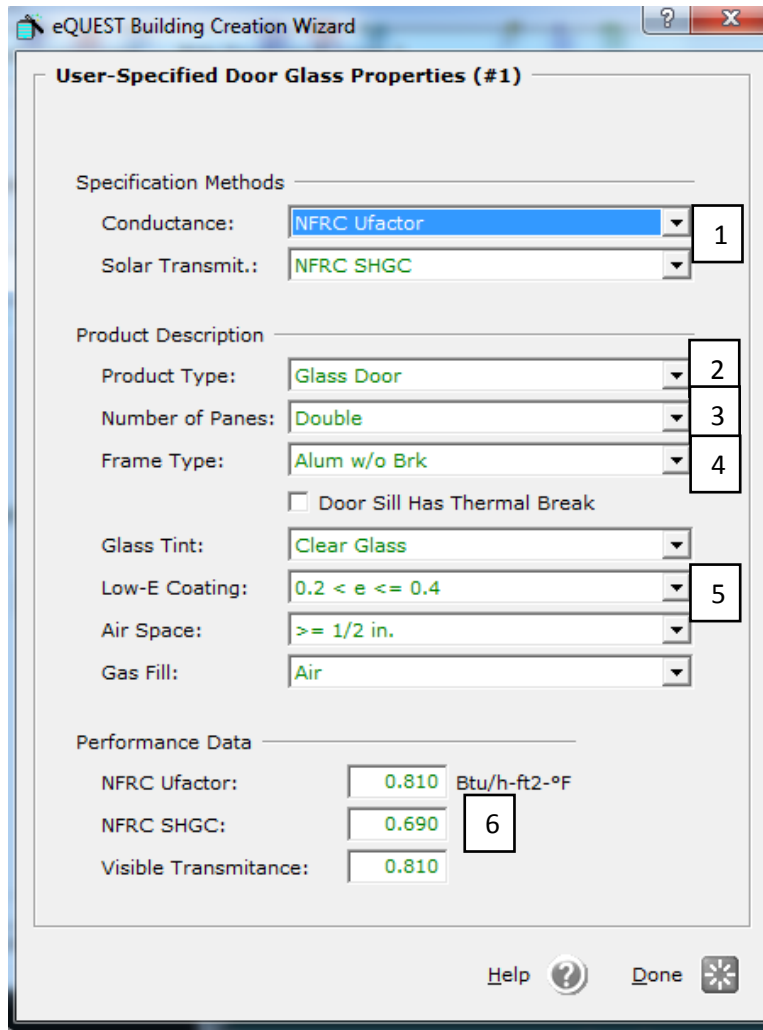
Al seleccionar la opción Door Glass, el software da la posibilidad de escoger entre:

- “Single Clr / Tinte ” o "Single reflexiva " como la opción más utilizada.
- "- specify properties -": En esta opción se le permite al usuario personalizar las características del vidrio estableciendo el SHGC y U-FACTOR.
- "- Window4/5 data -": Permite acceder a la lista de archivos de detalle de puertas de vidrio mediante el software libre LBNL.

IMPORTANTE: Si el usuario desea conocer la librería completa de los tipos de vidrio y sus2 características, debe hacer clic derecho en la interfaz “Building Shell” y seleccionar “Tutorials and Referece”-“DOE2 Glass Library”.

Propiedades de puertas de vidrio:

Esta ventana es usada para especificar la conductividad térmica (mediante NFRC U-factor o ASHRAE U-value), la transmisión solar (mediante NFRC SHGC o ASHRAE Shading Coefficient) y la transmisibilidad.



- 1) Se debe especificar el método por el cual se especificarán los valores de conductividad y transmisibilidad.
- 2) Se debe seleccionar el producto que mejor represente la puerta para que el software despliegue las opciones para el ingreso de propiedades.
- 3) Esta opción permite establecer el número de paneles de vidrio en la puerta.
- 4) Esta opción requiere el ingreso del tipo de marco que lleva la puerta a usar.

5) Los datos requeridos en esta opción se refiere a las dimensiones el panel de vidrio y el tipo de vidrio.

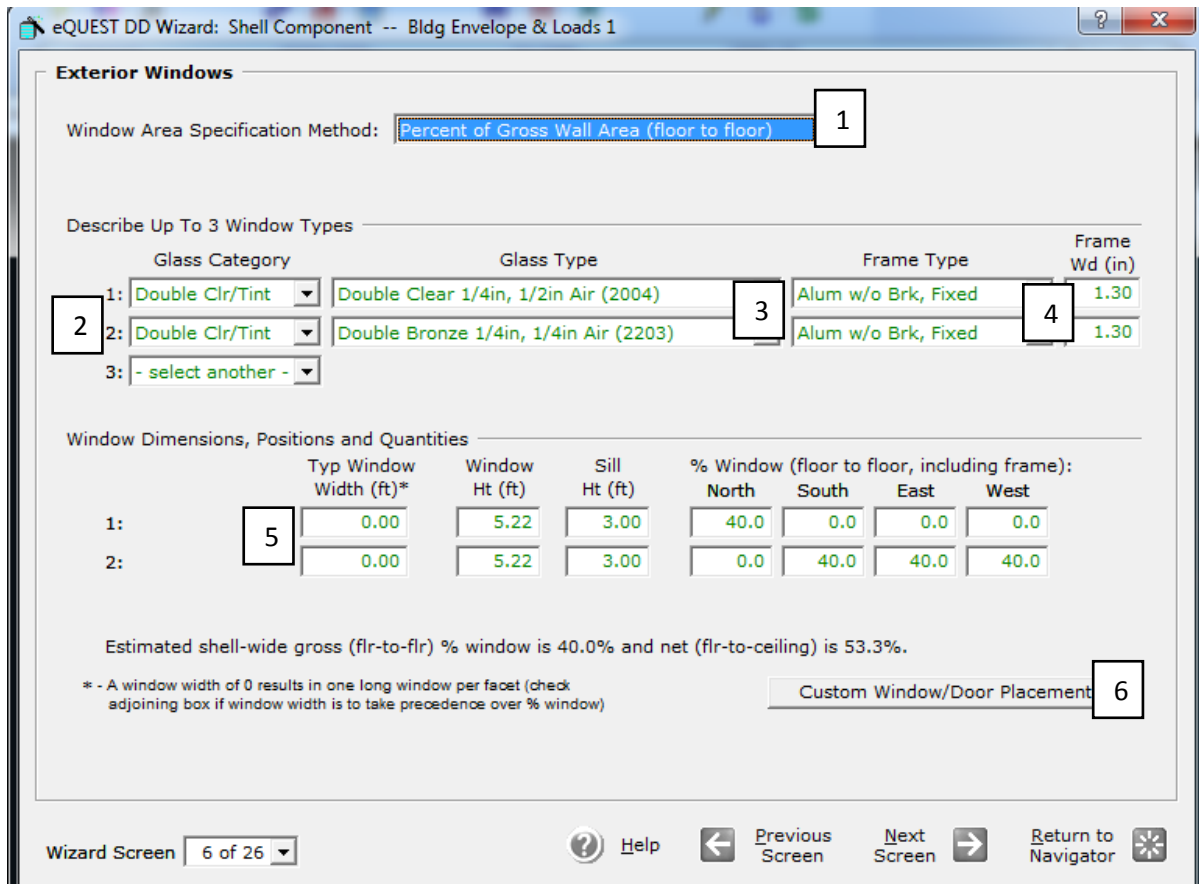
6) Finalmente en la opción seis se debe especificar el valor de SHGC y U-FACTOR o la otra opción según el método señalado en la opción 1.

Puertas opacas: “Opaque Doors”- Esta opción se debe seleccionar cuando el tipo de construcción de la puerta exterior es opaca y no tiene componentes de vidrio.

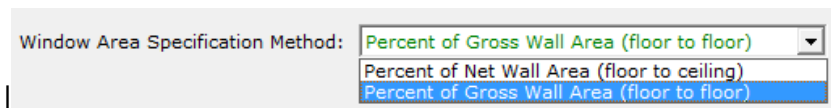
El software presenta al usuario los tipos más comunes de puertas opacas, pero en caso de requerir otro tipo de puerta se permite la opción de personalizar pero únicamente en la interfaz detallada. (Importante tener en cuenta que luego de definir la interfaz detallada no se puede volver a los asistentes SDW o DDW).

2.11 VENTANAS EXTERIORES

Esta pantalla es usada para describir las ventanas que conforman la edificación. Solo permite definir tres tipos y tres tamaños de ventana para todo el edificio. En caso de necesitar definir más tipos de ventanas es necesario realizarlo mediante la interfaz detallada. (Importante tener en cuenta que luego de definir la interfaz detallada no se puede volver a los asistentes SDW o DDW).



1) En esta opción es de vital importancia seleccionar el tipo de método utilizado para definir las ventanas. El software propone dos tipos:

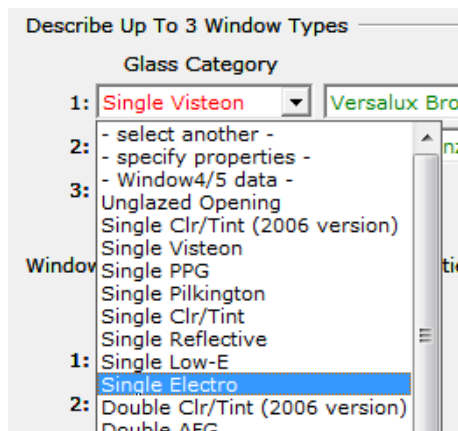


- Porcentaje neto de área de pared (piso a techo): Esta opción representa el porcentaje de área de la pared de piso a techo, es decir, el porcentaje de área de pared acondicionada. Hay que tener en cuenta que el porcentaje de la ventana puede acercarse al 100% pero nunca llegar a ese valor.
- Porcentaje de área bruta de pared (piso a piso): Esta opción representa el porcentaje de área de la pared de piso a piso, es decir, el porcentaje del total de la pared, incluyendo los espacios intersticiales. El porcentaje

representa la relación entre la altura de piso a techo y la altura de piso a piso.

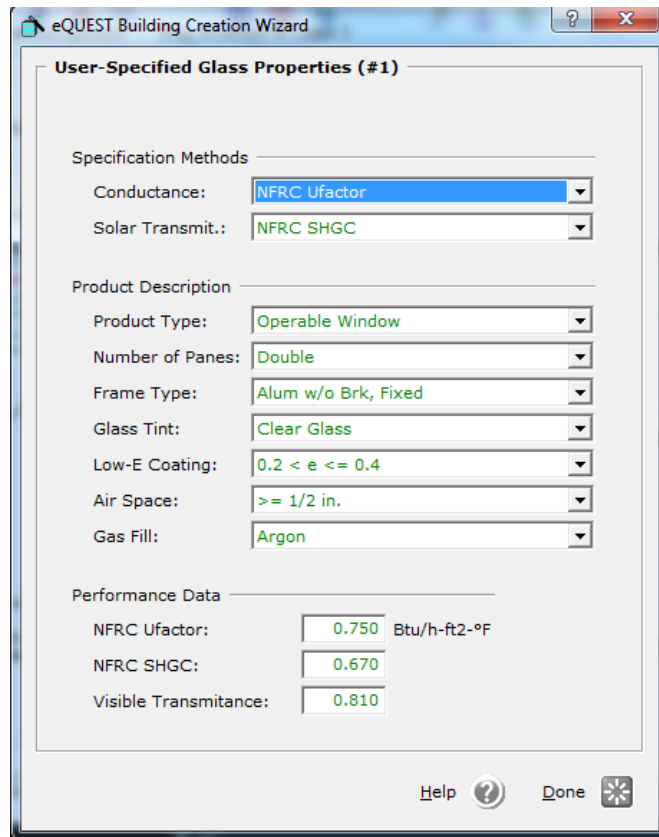
2) En esta opción se selecciona la categoría de vidrio que tienen las ventanas del edificio. Como se mencionó anteriormente solo es posible definir tres tipos de categoría máximo.

Se puede escoger entre definir las propiedades de la ventana, otro tipo de librería que presenta el software en la interfaz detallada o finalmente los tipos de vidrios ya predeterminados.



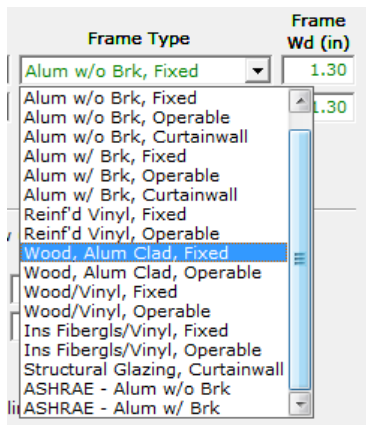
3) Esta opción varía según la selección realizada en el paso 2:

- “Specify properties”: Para este caso se presenta una nueva pantalla en la cual se deben especificar las propiedades del vidrio mediante los métodos NFRC U-factor o ASHRAE U-value y NFRC SHGC o ASHRAE Shading Coefficient. Se comporta de la misma manera que la pantalla para especificar propiedades en las puertas de vidrio, solo varía en el tipo de marco y tipo de ventana.



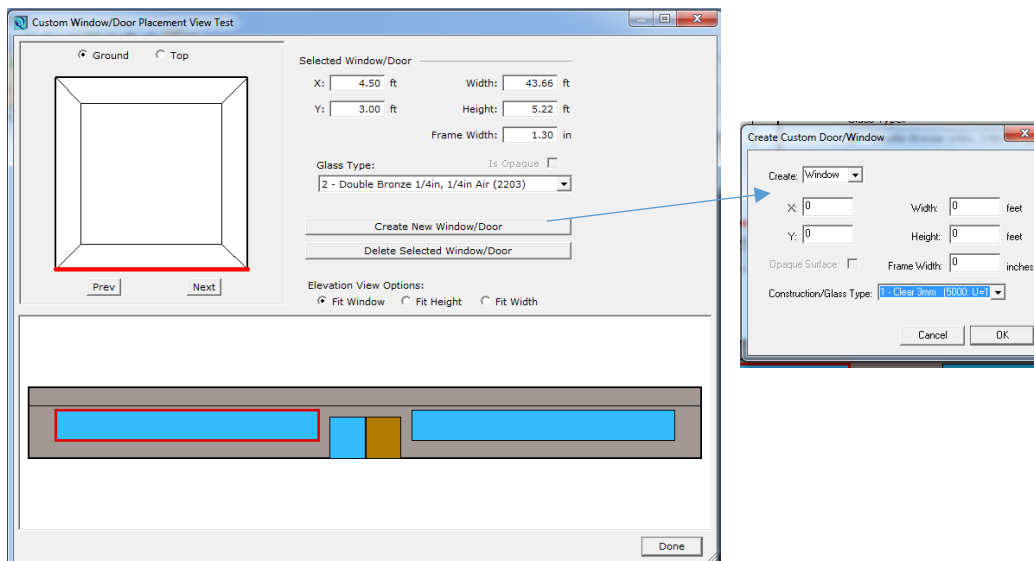
- “Window 4/5 data”: Esta opción se selecciona para acceder a una lista de archivos de datos utilizando el software gratuito LBNL en el cual el usuario puede proporcionar sus propios archivos.
- Finalmente dependiendo de las opciones de categoría de vidrio seleccionada, se presenta varios tipos de vidrio en el cual se especifica el tamaño y las propiedades del mismo. Es importante resaltar que el software contiene una librería con todas las especificaciones que presenta cada uno de los elementos del mismo, en este caso para vidrios.

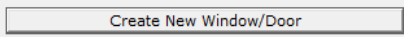
4) Esta opción permite seleccionar el tipo de marco de la ventana y su espesor. En la siguiente imagen se puede observar las categorías propuestas.



5) Esta opción es utilizada cuando todas las ventanas tienen igual dimensiones. En este caso se debe especificar el ancho de la ventana, la altura y la distancia desde el piso donde está ubicada la ventana, y finalmente el porcentaje de ventanas ubicadas en el norte, sur, este y oeste.

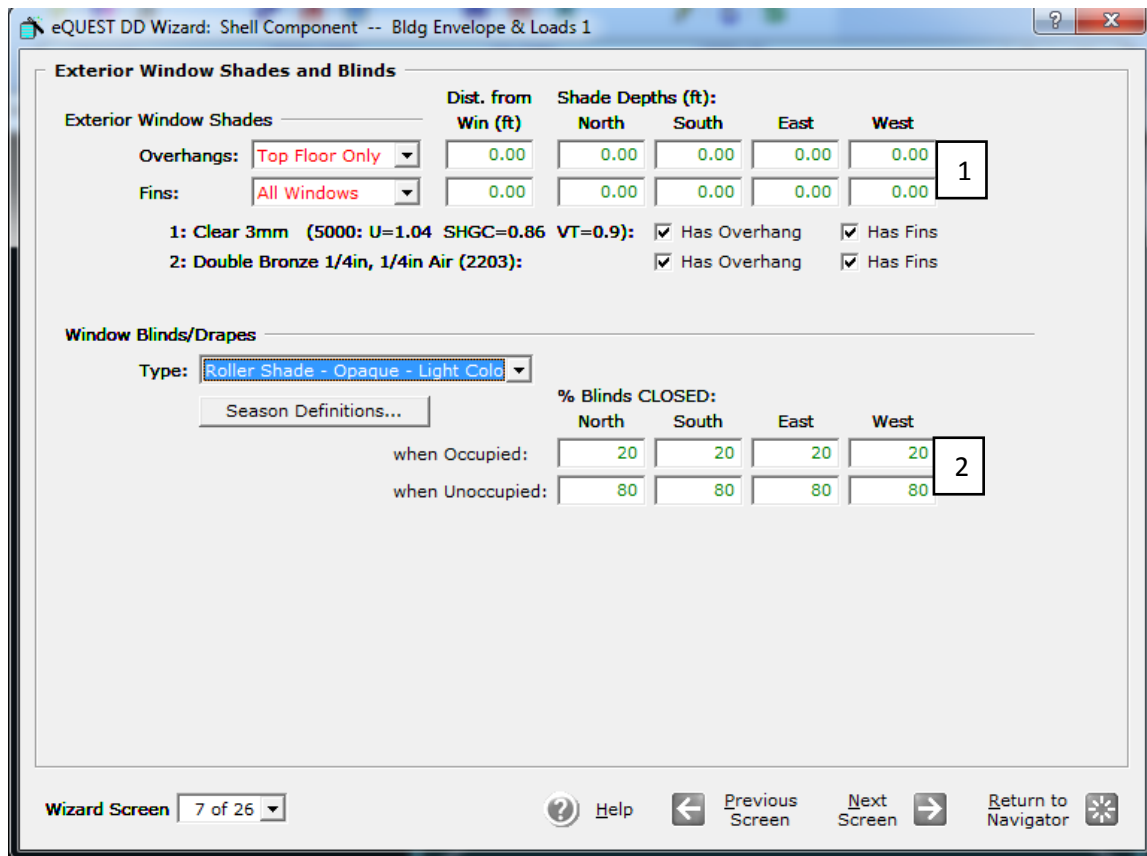
6) Esta opción se utiliza cuando se requiere que las ventanas y puertas tengan dimensiones diferentes. Al hacer clic en la opción Custom Window/Door Placement... se inicia la siguiente pantalla:



Se comienza seleccionando la orientación de la ventana o puerta, luego debe dar clic en  y se inicia la pantalla mostrada a la derecha. En esta última se especifican las coordenadas de la ubicación de la ventana o puerta, las dimensiones, ancho del marco y finalmente el tipo de construcción ya predeterminado en la pantalla de “Exterior Window”.

2.12 PERSINAS Y SOMBREADO EXTERIOR DE VENTANAS

Esta pantalla se utiliza para determinar las formas de generar sombra interior y exterior en ventanas utilizando cortinas, aletas y salientes.



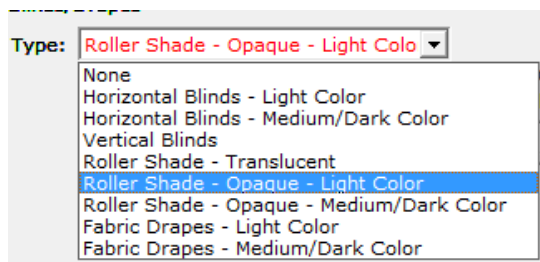
1) Esta opción muestra las formas de crear sombra externa en las ventanas. Para esto se utilizan elementos como aletas y salientes.

- “Overhangs”: Esta son utilizadas para dar sombra exterior en forma de alerones y presenta tres opciones.
 - ✓ “None” cuando no se desea ubicar alerones.
 - ✓ “Top Floor Only” Cuando solo se desea ubicar alerones en el último piso.
 - ✓ “All Windows” Cuando se desea que todas las ventanas posean alerones.
- “Fins”: Las aletas son utilizadas para dar sombra exterior y se presentan de forma vertical.
 - ✓ “None” cuando no se desea ubicar aletas.
 - ✓ “Top Floor Only” Cuando solo se desea ubicar aletas en las principales ventanas del piso.
 - ✓ “All Windows” Cuando se desea que todas las ventanas posean aletas.

Para las dos opciones anteriores es necesario definir la distancia que hay desde la ventana hasta el final de la saliente y la ubicación de la ventana donde estas se encuentran (sur, norte, este, oeste).

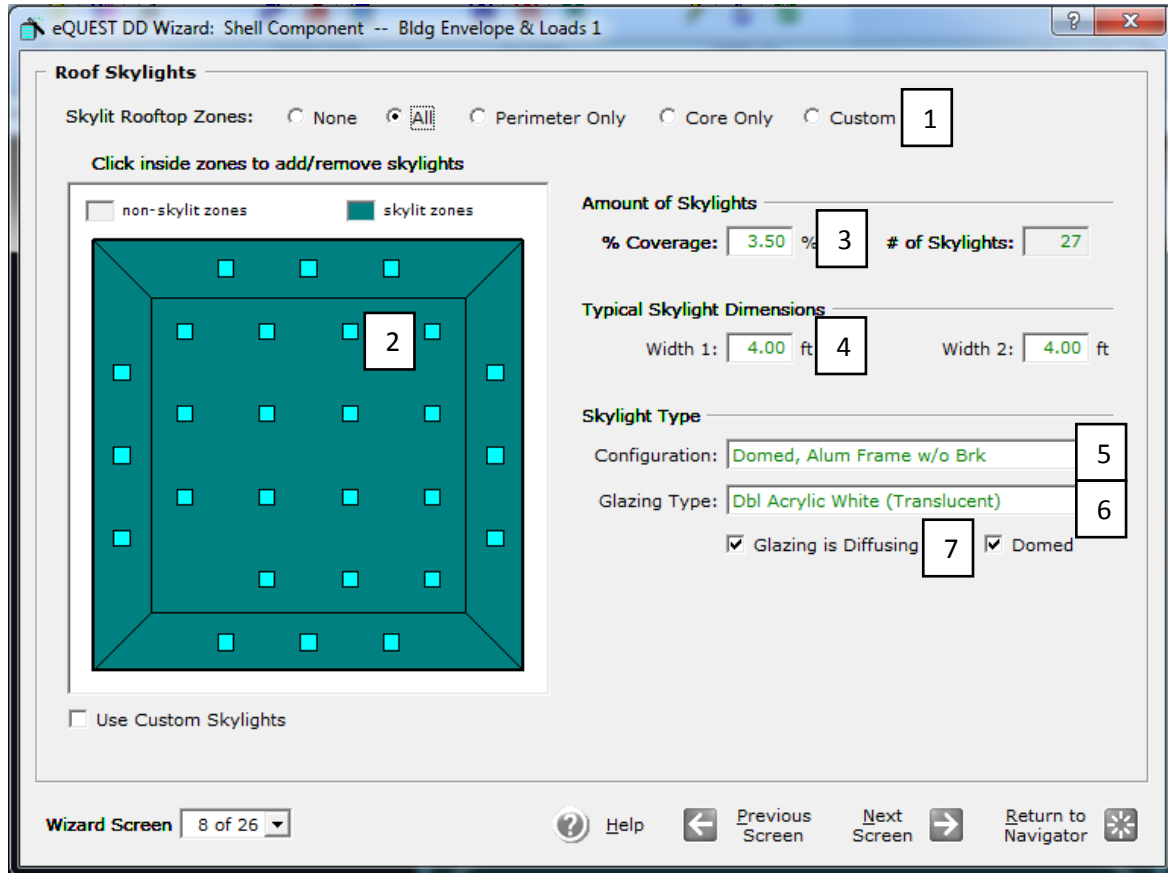
Cuando se tienen varios tipos de puertas y ventanas es necesario seleccionar a cuales de esos se les aplica el sombreado exterior.

2) En esta opción se debe seleccionar si existe o no persianas. La siguiente imagen muestra las opciones disponibles por el software:



Luego de definir el tipo de persiana o cortina, se debe seleccionar el porcentaje de cierre de las mismas cuando la habitación se encuentra ocupada o vacía para cada orientación donde estén ubicadas (norte, sur, este, oeste).

2.13 CLARABOYAS.



Esta ventana permite definir si existen tragaluces en el techo y realizar su configuración.

1) Se determinan cinco zonas para definir la ubicación de las claraboyas.

- “None”: Se selecciona esta opción cuando el techo no contiene tragaluces.
- “core zones only”: Esta opción se selecciona cuando las claraboyas se encuentran ubicadas en la zona central del techo.

- “All”: Esta opción se selecciona cuando los tragaluces se encuentran distribuidos en toda el área del techo.
- “custom”: Esta opción permite personalizar la ubicación de las claraboyas.

2) Se presenta el diagrama de distribución de tragaluces. Al hacer clic en las zonas del diagrama de distribución se pueden instalar o desinstalar las claraboyas.

Para este caso, todas las zonas de claraboyas asignadas en la pantalla tendrán el mismo porcentaje de relación de tragaluces en la zona.

3) En esta opción se define el porcentaje de área destinada para cada claraboya y las unidades de la misma. Es importante tener en cuenta que el número real no es posible ser ingresado de forma exacta, para este caso sería mejor definir la opción “Use Custom Skylights” ubicada en la parte inferior izquierda.

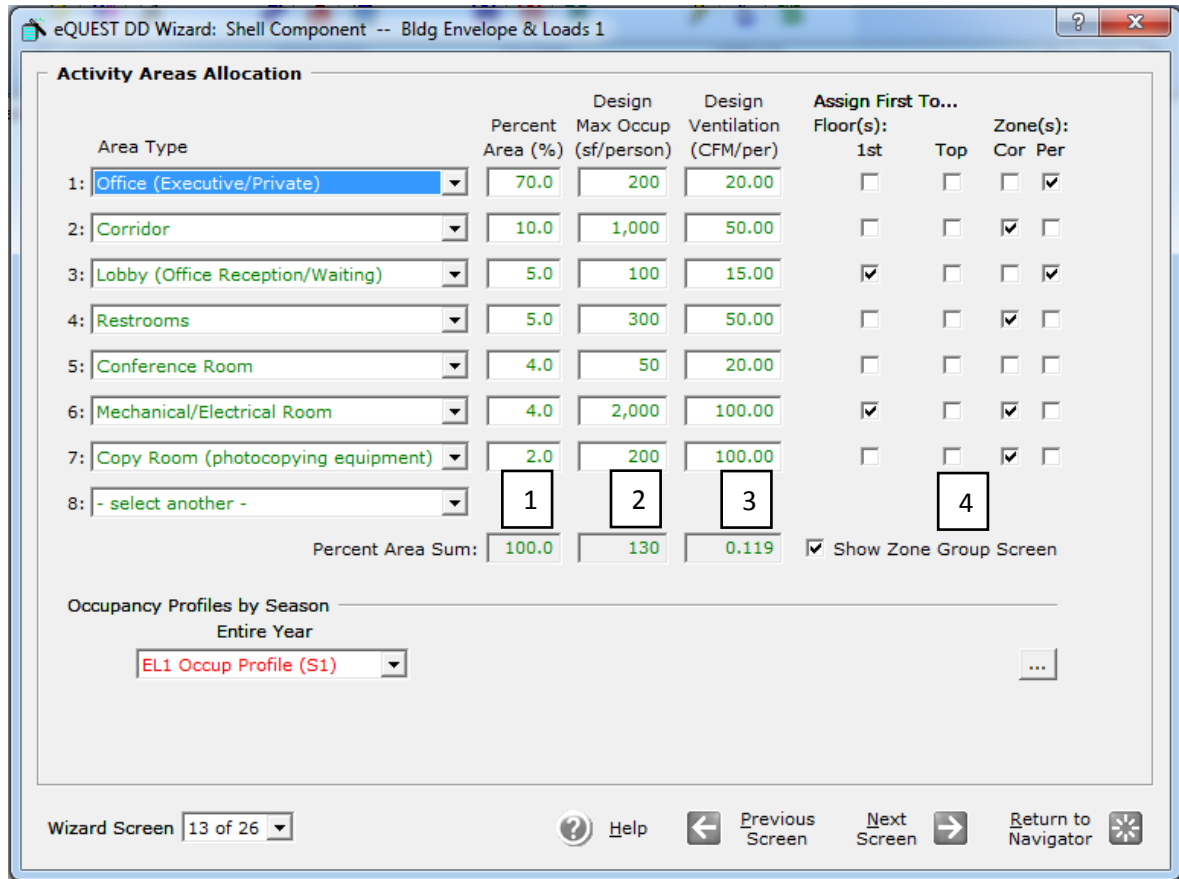
4) En esta parte de la pantalla se debe definir las dimensiones típicas del tragaluz. Esto se debe hacer indicando el valor de cada uno de los anchos de la claraboya.

5) Esta parte de la pantalla le permite al usuario definir la forma de la claraboya, por ejemplo si es plana, tubular o en forma de cúpula.

6) Esta opción le permite al usuario establecer el tipo de acristalamiento que presenta la claraboya. El software cuenta con una librería muy completa acerca de estos elementos.

7) “Glazing is Diffusing” es seleccionado si el acristalamiento es de forma traslucida y “Domed” si la superficie tiene forma de cúpula.

2.14 VENTANA DE ACTIVIDAD DE AREAS.



Esta ventana le permite al usuario determinar la actividad para la cual fue destinada cierta área, la densidad de ocupación y la tasa de diseño de ventilación de aire exterior; estas opciones se presentan disponibles según el tipo de edificio determinado en el asistente de información general. Como se observa en la imagen anterior, es posible definir hasta ocho tipos de áreas y para cada una de ellas se debe determinar las siguientes características, las cuales dependen directamente del tipo de actividad desarrollada en el área:

1) Porcentaje de área: Indica el porcentaje de área asociado con cada tipo de área seleccionada con respecto al área total del edificio, por lo tanto la suma de todos los porcentajes de área debe ser igual a 100(%).

2) La densidad de ocupación corresponde a la cantidad máxima de personas que ocupan el lugar durante la simulación. Esta se determina mediante la división entre el área de la zona y el número máximo que ocupan el lugar. Se debe especificar en unidades de [$ft^2/persona$].

3) Rata de ventilación por ocupación: Se refiere a la rata de flujo de ventilación exterior mínimo permitido por persona. Este es mantenido como un flujo interrumpido mientras los ventiladores están operando. Se debe especificar en unidades de [$CFM/persona$].

4) Cuando el edificio a simular presenta más de un piso, el programa permite seleccionar a que piso pertenece el tipo de área en la opción “Assignment-First Floor”

Es importante seleccionar la casilla “Show enable zone group screen” ya que esta permite visualizar la ventana de los grupos y las zonas para que el usuario pueda definir las condiciones de carga interior.

NOTA: El programa muestra unos valores por defecto que se determinan según el tipo de área seleccionado y están basados en la norma ASHRAE 62. En caso de cambiar el tipo de edificio en el asistente de información general, todos los datos suministrados en esta ventana serán restaurados.

2.15 VENTANA DE CARGAS POR ACTIVIDAD DE ÁREA

Esta ventana le permite al usuario indicar las cargas internas dadas durante las horas de ocupación del edificio. Estas están dadas por la iluminación y equipos eléctricos. Para cada una de las categorías se presenta una ventana diferente.

1. Densidad de iluminación: Permite indicar el valor de la densidad de iluminación en [W/ft^2], este debe incluir el factor de balastro y el factor de uso. Hay que tener en cuenta que existen inicialmente valores predeterminados según el tipo de área escogido anteriormente. Los valores indicados en esta ventana son

usados para los controles de iluminación, siempre y cuando se encuentren ubicados en un área que incluya claraboyas.

Area Type	Percent Area (%)	Lighting (W/SqFt)
1: Office (Executive/Private)	70.0	1.49
2: Corridor	10.0	0.57
3: Lobby (Office Reception/Waiting)	5.0	1.52
4: Restrooms	5.0	0.77
5: Conference Room	4.0	0.92
6: Mechanical/Electrical Room	4.0	0.81
7: Copy Room (photocopying equipment)	2.0	1.64

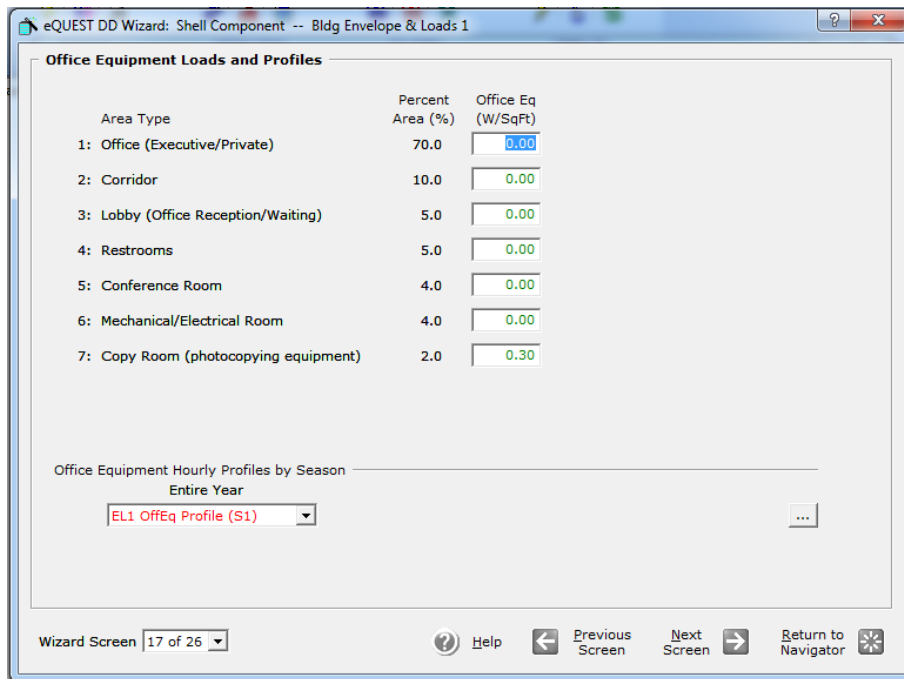
Multipliers on above intensities: 1.00

Interior Lighting Hourly Profiles by Season
 Entire Year
 Ambient: EL1 InsLtg Profile (S1)

Wizard Screen 16 of 26

Help Previous Screen Next Screen Return to Navigator

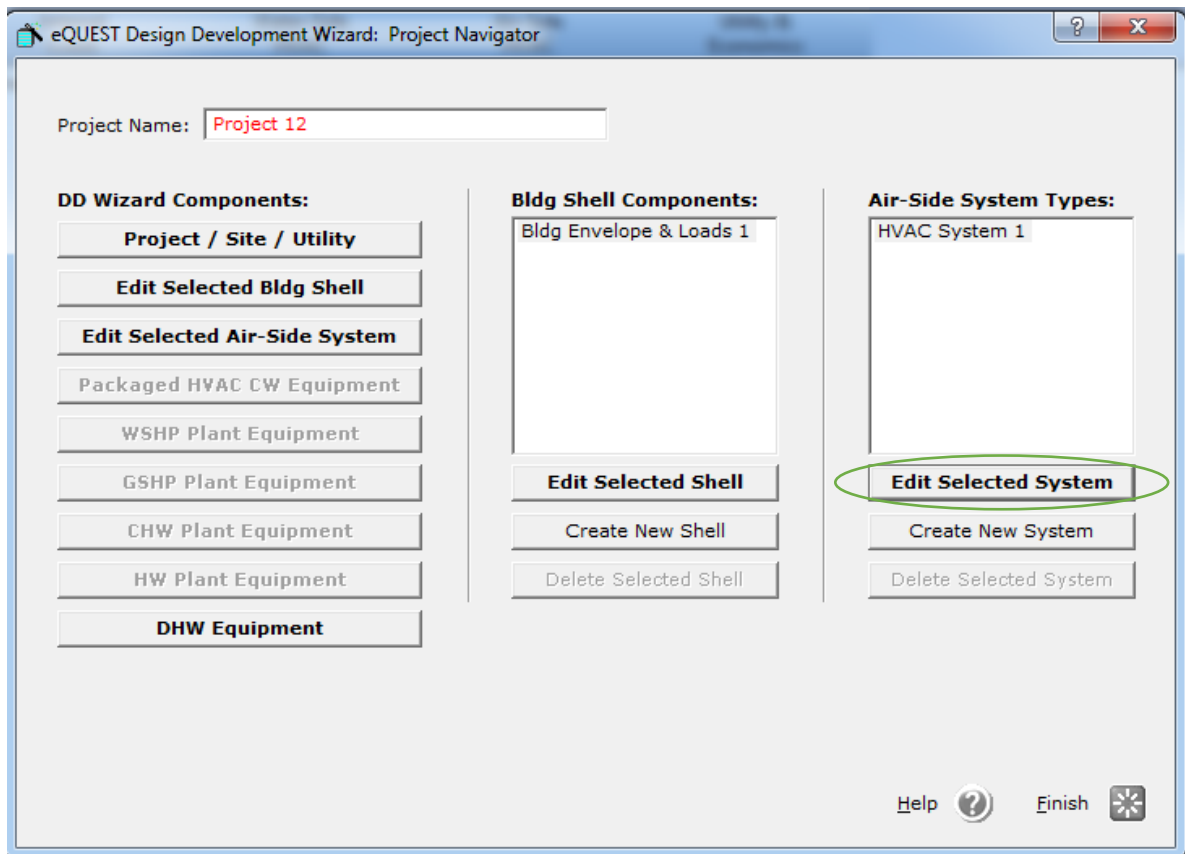
2. Densidad de potencia de equipos eléctricos: Esta ventana permite definir la densidad de potencia de los equipos eléctricos para todas las zonas existentes en todo el edificio y está dada en unidades de $[W/ft^2]$. Existen inicialmente valores predeterminados en la pantalla debido al tipo de áreas definidas anteriormente.



Finalmente para las dos ventanas se presenta la opción de seleccionar el horario de uso. Es posible definir un horario principal y otro alternativo, que se utiliza para controlar las cargas internas de la zona.

2.16 TIPO DE SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

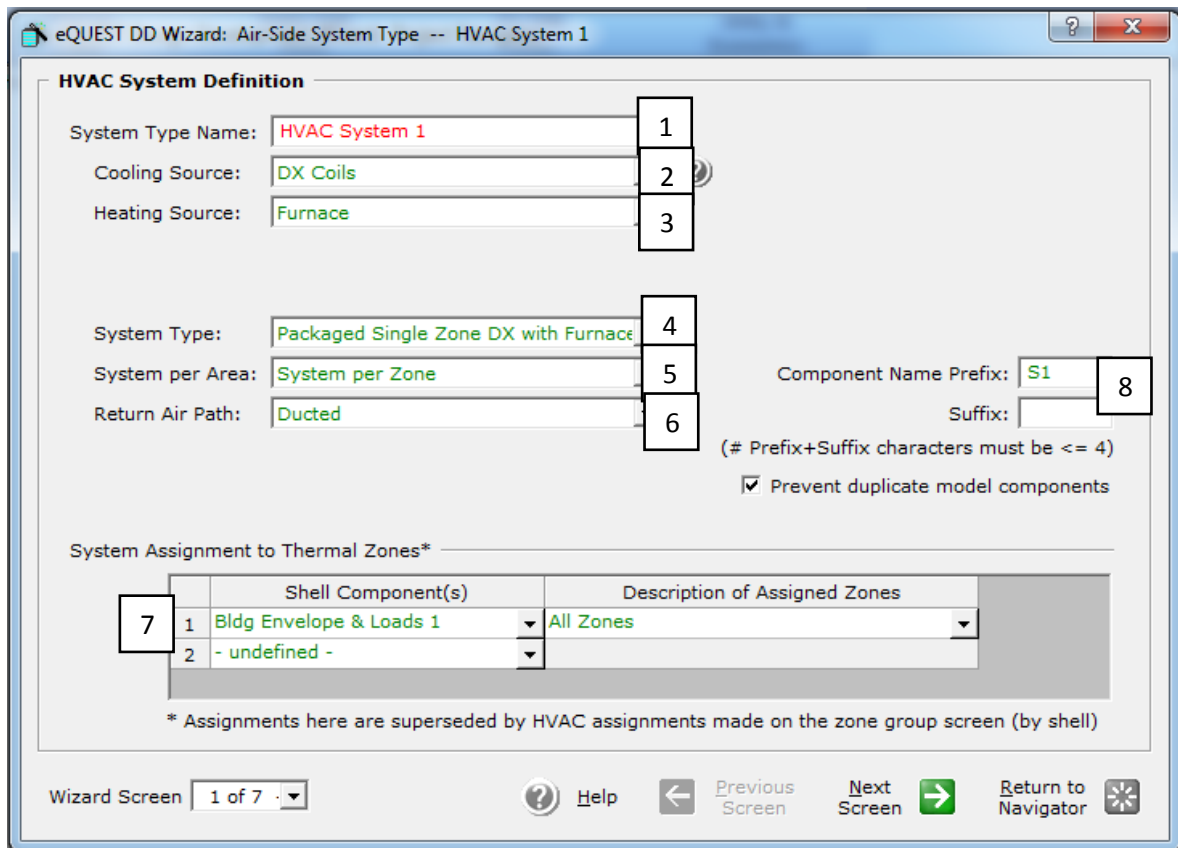
Para comenzar a editar esta categoría se debe regresar nuevamente a la ventana principal y seleccionar la opción *“Edit Selected System”* resaltada en la imagen:



Seguido de esto se abrirán las ventanas que se describen a continuación, las cuales le permiten al usuario establecer las características técnicas de los sistemas de acondicionamiento de aire.

2.17 DEFINICIÓN DEL SISTEMA HVAC

Esta pantalla es usada para seleccionar el tipo de sistema de acondicionamiento de aire y habilita diferentes opciones dependiendo del tipo de sistema seleccionado. Cabe resaltar que los valores predeterminados, son establecidos por el programa según el tipo de edificio seleccionado inicialmente.



1) Nombre del tipo de sistema: Permite personalizar el nombre del tipo de sistema a utilizar.

2) Fuente de enfriamiento: Esta opción está disponible para determinar la fuente de enfriamiento del sistema, esta regula la selección de las opciones disponibles para la fuente de calefacción.

Las opciones disponibles para esta categoría son:

“No Cooling”: Cuando no hay fuente de enfriamiento.

“DX Coils”: Se selecciona cuando la Fuente de enfriamiento es de expansión directa.

“Chilled Water Coils”: Cuando el tipo de sistemas tiene serpentín de enfriamiento CHW.

“Evaporative coolers”: Se refiere al tipo de sistemas que se rigen por enfriamiento evaporativo.

3) Fuente de calefacción: Se utiliza para indicar si existe calefacción y que tipo es. Las opciones disponibles en esta categoría están dadas por la fuente de enfriamiento seleccionada previamente.

Las opciones de fuente de calefacción son:

“No Heating”: Se selecciona cuando no se presenta calefacción.

“Furnace”: Se selecciona cuando la Fuente de calefacción está dada por una combustión. No está disponible cuando se selecciona “Chilled Water Coils”

“DX Coils (Heat Pump)”: Tipo de sistemas que presentan calefacción por expansión directa (bombas de calor). Disponible solo cuando se selecciona “DX Coils”

“Hot Water Coils”: Tipo de sistemas que solo tienen serpentines de calefacción HW. No está disponible cuando se selecciona “Evaporative Cooler”

“Electric Resistance”: Se utiliza cuando la fuente de enfriamiento es una resistencia eléctrica. Disponible para cualquier opción de fuente de enfriamiento.

4) Tipo de sistema: En esta opción se selecciona el tipo de sistema HVAC utilizado en la simulación.

En el asistente SD solo se permite seleccionar hasta dos tipos de sistemas, pero en el DD existen hasta 100 tipos de sistemas para especificar en el proyecto. Para especificar el tipo de sistema HVAC ubicado en cada área del edificio se debe realizar mediante el asistente “ZONE GROUP DEFINITIONS”.

Es importante resaltar que los valores predeterminados en la ventana se dan debido al tipo de edificio seleccionado anteriormente.

5) Sistema por área: Le permite al usuario indicar como se encuentran ubicados los sistemas de HVAC, dando las siguientes opciones:

“System per Zone” Cuando el Sistema de HVAC se encuentra ubicado uno por las zonas definidas anteriormente.

“System per Floor”: Se refiere a que se ubica un Sistema HVAC por cada piso. Es decir se tiene un sistema para todas las zonas definidas en un mismo piso.

“System per Shell”: Se selecciona cuando solo existe un Sistema HVAC por cada cascara o edificio determinado.

6) Retorno del aire: Permite determinar la forma como retorna el aire al sistema. Las opciones disponibles son las siguientes:

“Direct”: Cuando existe un retorno directo al sistema de climatización, es decir el aire de retorno no viaja de nuevo al sistema de climatización a través de ductos o cámara de retorno.

“Ducted”: Cuando se utilizan ductos para retornar el aire al sistema de climatización.

“Plenum”: Cuando se utilizan cámaras de retorno.

Las opciones de retorno se encuentran disponibles según el tipo de sistema de HVAC seleccionado.

7) Asignación del sistema de climatización a las zonas térmicas: Esta opción solo se utiliza para especificar un segundo sistema. Permite seleccionar las zonas para el sistema 1 y automáticamente ubica las zonas restantes en el sistema 2.

8) En estas dos casillas permite determinar índices para identificar los sistemas con un nombre más corto.

2.18 TEMPERATURA Y FLUJO DE AIRE:

The screenshot shows the 'eQUEST DD Wizard: Air-Side System Type -- HVAC System 1' window. The main section is titled 'HVAC Zones: Temperatures and Air Flows'. It contains the following fields and values:

- System(s):** 1: Packaged Sgl Zone DX, Furnace
- Thermostats:**
 - Occupied (°F): Cool (76.0), Heat (70.0)
 - Unoccupied (°F): Cool (82.0), Heat (64.0)
- Thermostat Location:** Within Zone
- Design Temperatures and Air Flows:**
 - Cooling Design Temp: Indoor (75.0 °F), Supply (55.0 °F)
 - Heating Design Temp: Indoor (72.0 °F), Supply (120.0 °F)
 - Minimum Design Flow: 0.50 cfm/ft2

At the bottom of the window, there is a 'Wizard Screen' indicator showing '2 of 7', a 'Help' button, and navigation buttons for 'Previous Screen', 'Next Screen', and 'Return to Navigator'.

1) Termostato: Permite seleccionar el punto de ajuste de la temperatura del termostato para el enfriamiento y calefacción cuando el edificio está ocupado o desocupado.

2) Ubicación del termostato: Permite seleccionar la ubicación del termostato y para esto se presentan las siguientes opciones:

“Within Zone”: Especifica que el termostato se encuentra dentro de la zona.

“Zone Return”: Especifica que el termostato se encuentra en el retorno del flujo de aire de la zona.

3) Temperaturas de diseño: Permite establecer la temperatura de diseño de calefacción y enfriamiento. EL valor que aparece inicialmente en la ventana está dado por el tipo de edificio seleccionado anteriormente.

4) Mínimo flujo de diseño: Permite establecer el flujo de aire mínimo de diseño para un piso. Este está dado en $[cfm/ft^2]$. Importante que este valor no sea confundido con VAV flujo de aire mínimo.

2.19 EQUIPOS DE PAQUETE HVAC

The screenshot shows the 'Packaged HVAC Equipment' configuration window in eQUEST. The window title is 'eQUEST DD Wizard: Air-Side System Type -- HVAC System 1'. The main content area is divided into 'Cooling' and 'Heating' sections. In the 'Cooling' section, the 'Overall Size' is set to 'Auto-size', 'Typical Unit Size' is '135-240 kBtuh or 11.25-20 tons', 'Condenser Type' is 'Air-Cooled', and 'Efficiency' is 'EER' with a value of '10.800'. The 'Allow Crankcase Heating' checkbox is checked. In the 'Heating' section, the 'Size' is 'Auto-size', 'Typical Unit Size' is '>= 225 kBtuh', and 'Efficiency' is 'Efficiency' with a value of '0.800'. The bottom of the window displays 'Wizard Screen 3 of 7' and navigation buttons: 'Help', 'Previous Screen', 'Next Screen', and 'Return to Navigator'.

Esta ventana solo se encuentra disponible si cualquier de los dos tipos de climatización se especifica como DX, y se utiliza para indicar el tamaño de la refrigeración y calefacción junto con su eficiencia.

Cuando existe más de un sistema, esta ventana se visualiza con dos columnas. Como se observa para el ejemplo solo existe una columna y los valores predeterminados se dan según el tipo de edificio establecido al inicio del proyecto.

1) “Overall size”: Representa la capacidad de refrigeración. Esta entrada dispone de dos opciones:

“Auto Size”: La cantidad no es especificada por el usuario, pues el equipo determina automáticamente este valor.

“Specify”: El usuario debe especificar la capacidad de enfriamiento del sistema.

2) “Typical Unit Size”: Permite seleccionar el rango del tamaño de la unidad (eficiencia).

3) “Condenser Type”: Determina el tipo de condensador utilizado. El programa presenta las siguientes opciones:

“Air.Cooled”: Cuando el sistema es enfriado por aire.

“Water Cooled”: Cuando el sistema es enfriado por agua. Esta opción incluye el uso de torre de enfriamiento y otros elementos que deben ser definidos en la ventana “WATER-COOLED PACKAGE HVAC”

“Evap Pre.Cooled”: Condensador de aire por medios evaporativos.

“Evap Cooled”: Cuando existe enfriamiento evaporativo.

4) “Efficiency: En este campo se determina la eficiencia del sistema, y presenta dos casillas importantes:

“EER” que representa el índice de eficiencia energética y se utiliza en unidades cuyo tamaño de esta exceda 65000 BTU/hr.

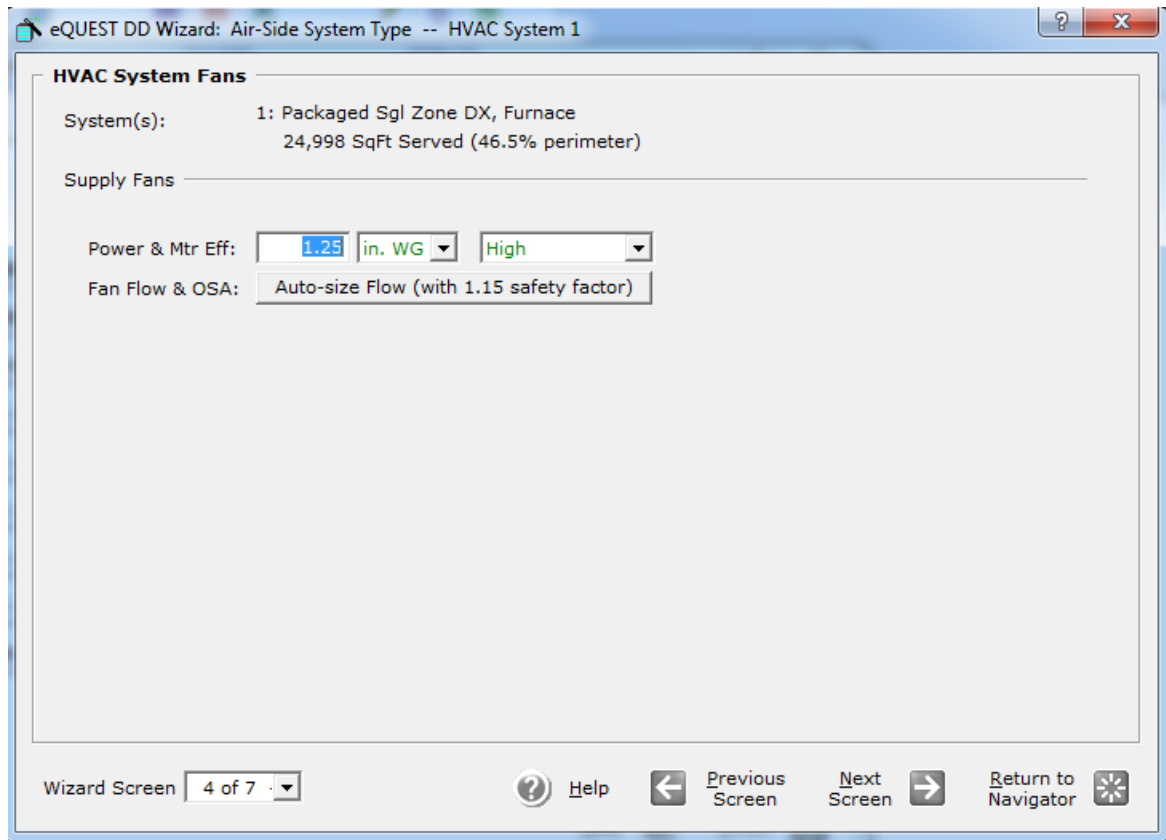
“SEER” que representa el índice de eficiencia energética estacional y se utiliza cuando el tamaño de la unidad es menor a 65000 BTU/hr (aprox. 5.5 Ton).

2.20 VENTILADORES DEL SISTEMA HVAC:

Esta pantalla es usada para definir los parámetros técnicos de los ventiladores de inyección, de retorno (si los hay) y de calefacción secundarios (para sistema de ventilación dual si los hay). Los parámetros a definir en esta ventana son:

- Flujo de diseño y potencia del ventilador:
La fuente de alimentación del ventilador se utiliza para determinar la potencia necesaria del ventilador para la alimentación del caudal de diseño. Esta puede determinarse en unidades de [WG] pulgadas de agua o [BPH] Brake Horsepower.
- Eficiencia del motor del ventilador.
- Tipo del ventilador.

En caso de existir más de un sistema, estos se pueden visualizar en dos columnas en la ventana y los calores dados por defecto se presentan según el tipo de sistema especificado en la ventana donde se define el HVAC.



2.21 HORARIO DE FUNCIONAMIENTO DE VENTILADORES

Esta define el modo y el horario de funcionamiento de los ventiladores del sistema HVAC. Entre esto tiene en cuenta la especificación de horas antes y después para el encendido de los mismo y el usuario puede definir una programación independiente para cada ventilador disponible en cada tipo de sistema. Al igual que los horarios de ocupación, para los ventiladores también es posible definir hasta dos estaciones, para las cuales una puede representar un comportamiento atípico en alguna época del año. Por defecto los día nos seleccionado en una opción, inmediatamente se ubican en la otra.

1) Operación de ventiladores: Representa una forma rápida de indicar las cantidades de horas antes de la ocupación del edificio para el encendido de los ventiladores y cuantas horas después de desocupado el edificio, estos deben

apagarse. Es importante resaltar que la entrada de las horas puede darse de forma negativa o positiva.

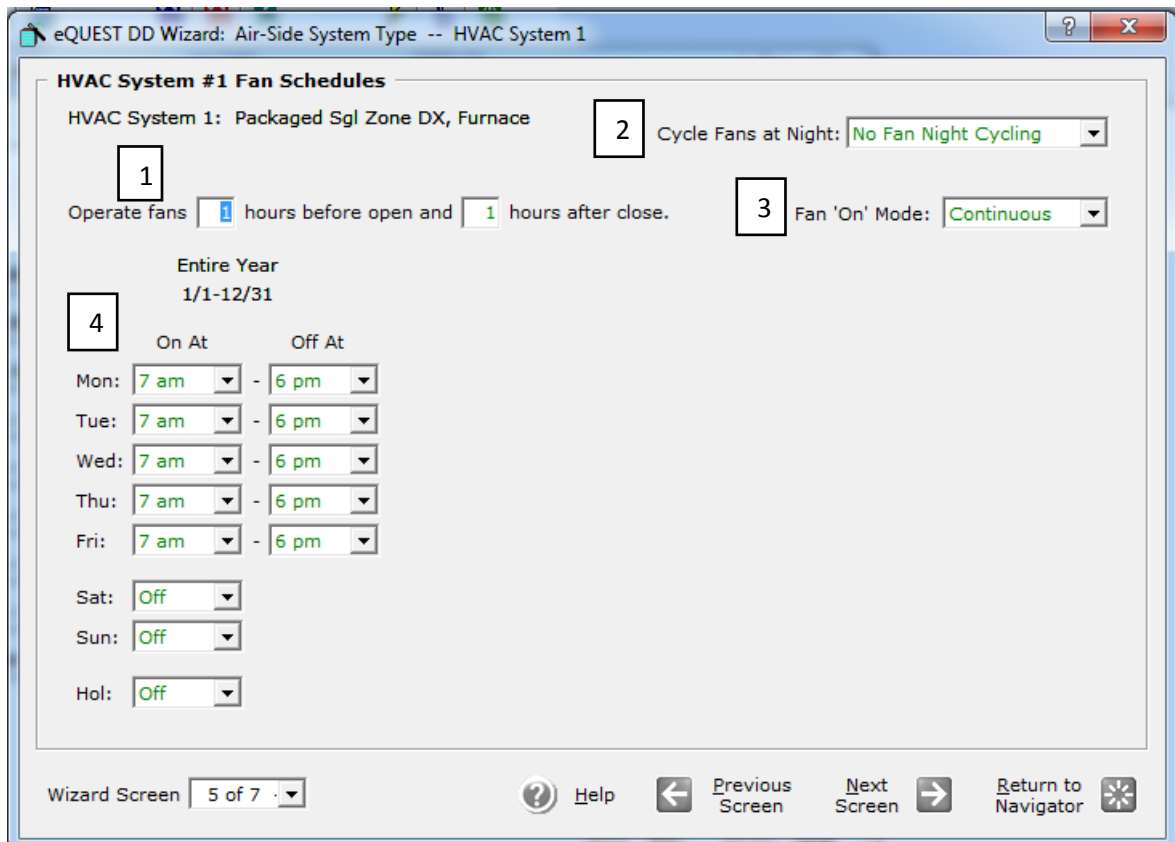
2) Ciclo de los ventiladores en la noche: Se utiliza para especificar de qué manera funcionan los ventiladores durante las horas que mantiene desocupado el edificio. Necesariamente no tiene que ser en horas de la noche, ya que puede referirse al comportamiento de un fin de semana. El usuario tiene la posibilidad de elegir entre las siguientes opciones para los ciclos:

“No Night Cycling”: Se refiere a que los ventiladores se mantienen apagados durante las horas que se encuentra desocupado el edificio, sin importar la temperatura del edificio.

“Cycle Zone Fans Only”: Solo aplica para los sistemas VAV ventilador con motor. El ventilador del sistema central permanecerá apagado pero los ventiladores de las zonas individuales mantendrán un ciclo independiente para satisfacer la temperatura del sitio a horas donde el edificio esté desocupado.

“Cycle Central Fans” (no OA at night + economizer de ajuste) o (min. OA at night + economizer): En los dos sistemas el ventilador central satisface los puntos de ajuste del termostato en hora que mantiene desocupado el edificio, pero el segundo difiere con el primero ya que mantiene el aire de ventilación al aire libre en los niveles de ocupación para horas de noche.

“Unoccupied”: Implica que los ventiladores del HVAC se encuentran normalmente apagados.



3) Representa el modo de encendido de los ventiladores el cual puede darse de forma continua o intermitente.

4) Finalmente en este punto se determina el horario de operación de los ventiladores, donde el usuario debe especificar la hora de encendido y apagado del sistema para cada día de la semana.

2.22 VENTANA DE VENTILACIÓN Y ECONOMIZADOR

Esta pantalla se utiliza para indicar los parámetros de diseño de calefacción a nivel de zonas y también permite definir el economizador.

1) En esta parte de la pantalla es posible determinar la fuente de calor y para esto se tienen las siguientes opciones:

“None”: Cuando no se utiliza este sistema.

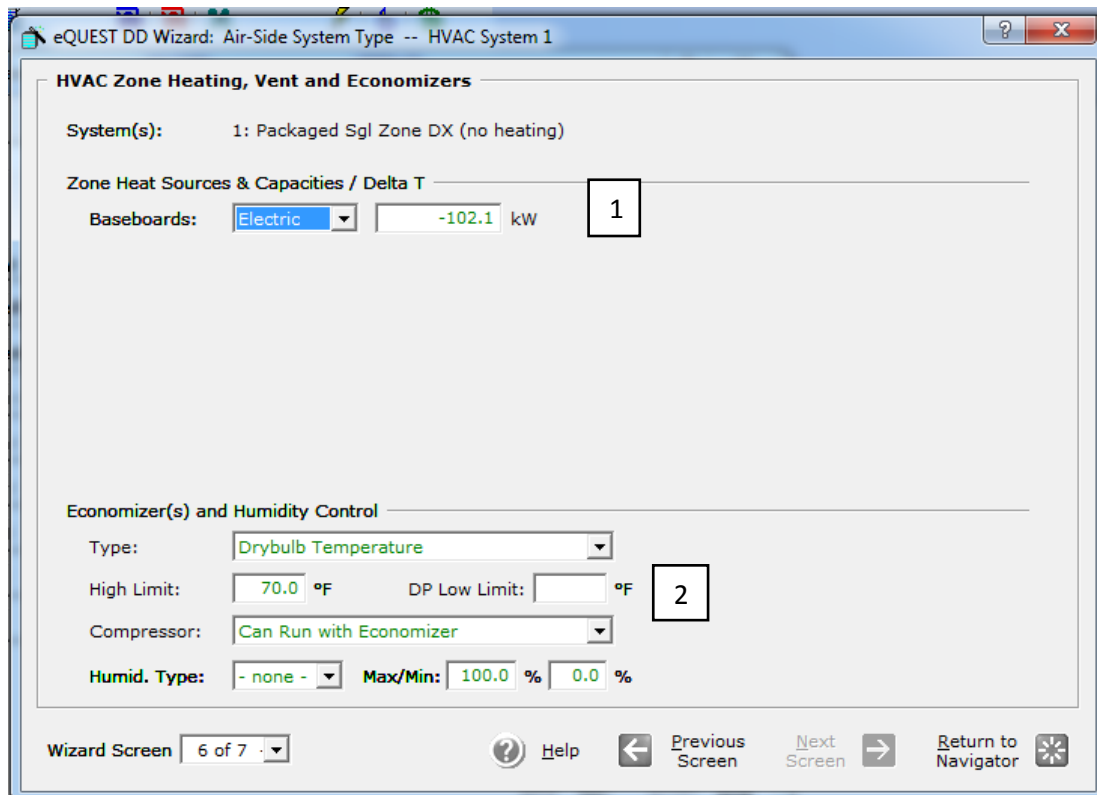
“Hot Water”: Significa que la fuente de calor está dada por agua caliente, por lo tanto esta opción obliga a definir equipos complementarios como es el caso de un circuito de agua caliente y una bomba asociadas a la caldera.

“Electric”: Indica que la fuente está dada por un sistema eléctrico.

2) En esta parte de la pantalla es posible seleccionar el tipo de economizador utilizado por el sistema, junto con su temperatura límite, compresor, tipo de humidificador y su porcentaje.

Las opciones disponibles por el programa para el tipo de economizadores son:

- None.
- Drybulb Temperature.
- Enthalpy.
- Dual Temperature.
- Dual Enthalpy.



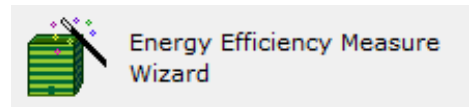
3. ASISTENTE DE MEDIDA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA (EEM)

Luego de definir cada una de las características de la edificación, el siguiente paso que propone el software es plantear los parámetros de medición para el análisis de resultados que arroja el mismo. El “asistente de medida de eficiencia energética” es el encargado de describir las alternativas de diseño planteadas en los asistentes anteriores (DDW o SDW); esto con el fin que el usuario pueda automáticamente simular casos alternativos y observar los resultados de forma individual.

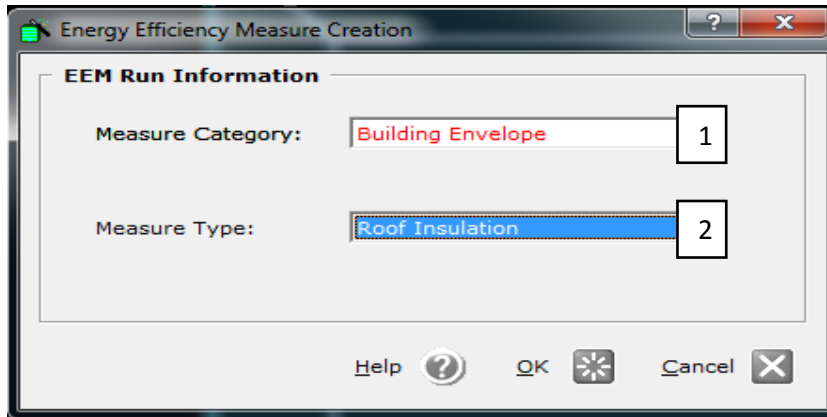
Es importante tener en cuenta que este asistente trabaja con base a los datos suministrados en los asistentes DDW y SDW, es decir, si el usuario realiza algún tipo de cambio en la interfaz de detalle, esta categoría no estará disponible en el asistente EEM.

A continuación se describen los pasos a seguir para la ejecución de este asistente.

1) Esta imagen representa el botón que identifica el asistente EEM. Se inicia haciendo clic en este ícono.



2) Se inicia un primer cuadro de diálogo, en el cual es posible definir la categoría de medición y el tipo de medición.



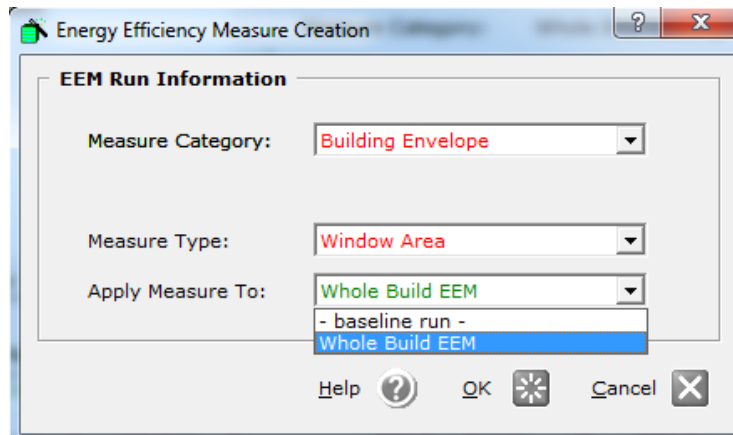
La categoría de medición se puede definir como el conjunto más grande y los tipos de medición son aquellos que conforman dichos conjuntos. Para entender mejor lo dicho anteriormente, en el siguiente diagrama se especifican cada una de las categorías junto con sus correspondientes tipos de medida.

CATEGORÍA DE MEDICIÓN (1)	TIPO DE MEDICIÓN (2)
Envolvente del edificio	Aislamiento para paredes exteriores.
	Aislamiento para piso.
	Área de ventana.
	Tipo de vidrio de ventana.
	Sombra exterior de ventanas.
	Área de claraboyas
	Aislamiento para techos
Cargas internas	Iluminación natural.
	Densidad de potencia de iluminación.
	Densidad de potencia de equipos.
Sistemas HVAC	Manejo del termostato.
	Control y potencia de ventiladores.
	Ventilación y economizador.
	Restablecimiento de la cubierta.
	Eficiencia de los paquetes de HVAC
Calefacción de agua doméstica	Calefacción de agua doméstica
Conjunto del edificio	Variación en conjunto del edificio.

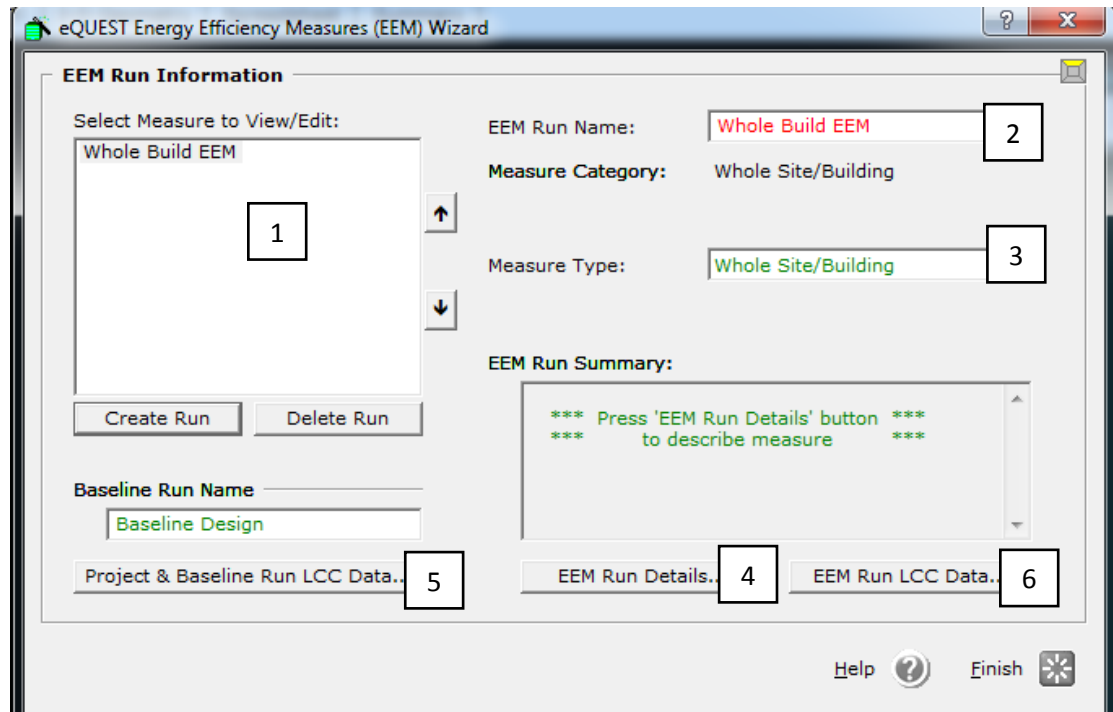
Esta primera ventana tiene dos tipos de presentación:

- Cuando se inicia por primera vez el asistente sólo presenta dos opciones para seleccionar: Categoría de medición y tipo de medición; ya que estas las analiza de acuerdo a la simulación base descrita en el asistente DDW O SDW.
- Cuando se inicia por segunda vez el asistente presenta tres opciones para seleccionar: Categoría de medición, tipo de medición y medición aplicada a; las cuales definen las características de la medición y la última presenta la referencia con la cual se mide, la cual puede ser la

simulación base o con respecto a las categorías configuradas anteriormente.




3. Al seleccionar la categoría de medición y el tipo de medición, se abre la ventana principal del asistente EEM:



- 1) Este cuadro muestra las categorías definidas en la primera ventana.
- 2) Permite personalizar el nombre de la medición de energía por realizar.

- 3) Permite seleccionar nuevamente el tipo de medida que se desea utilizar.
- 4) Permite modificar cada una de las categorías seleccionadas para la simulación, específicamente el tipo de medida.
- 5) Este botón permite relacionar el costo de vida con este asistente.
- 6) Permite ingresar los valores del costo del ciclo de vida.

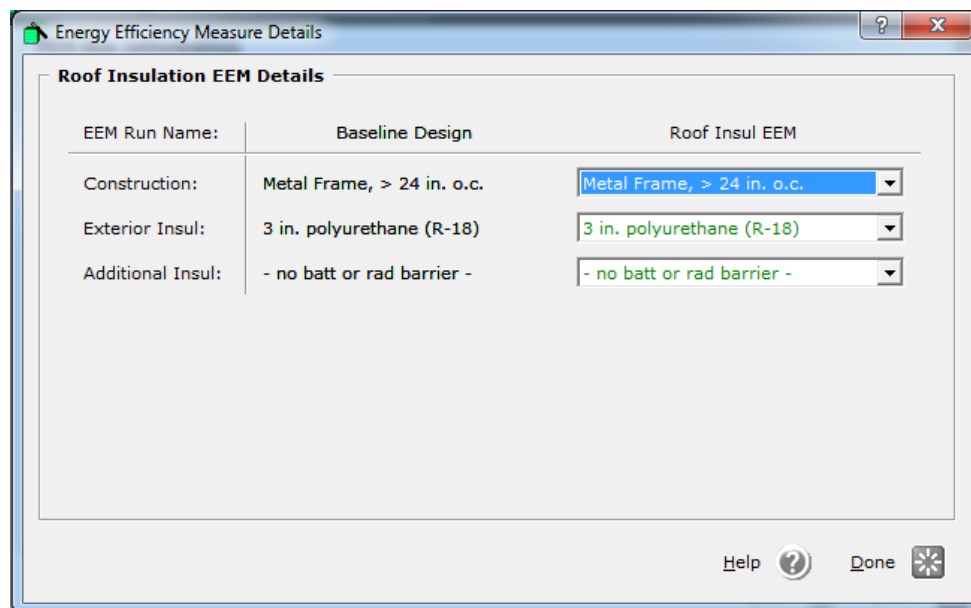
3.1 EEM DETALLES

Al hacer clic en  se inicia las ventanas correspondientes a cada tipo de medición seleccionada anteriormente. Cada una de ellas se describe a continuación.

3.1.1. AISLAMIENTO PARA TECHOS:

Esta ventana es usada para analizar los cambios en el aislamiento del techo.

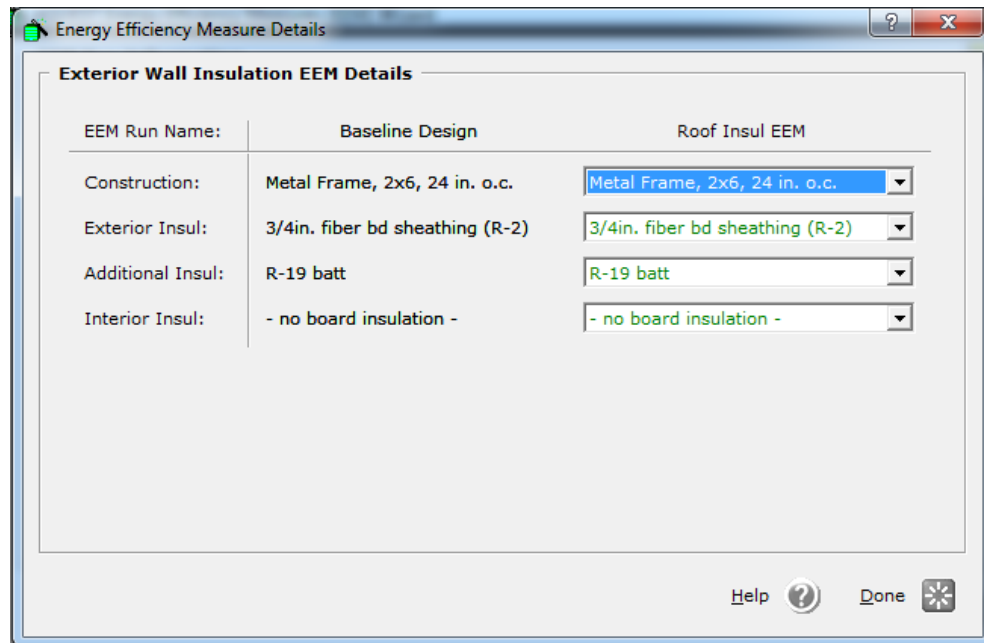
Esta acción se puede realizar variando las características del techo en la parte izquierda de la ventana.



3.1.2 AISLAMIENTO PARA PAREDES EXTERIORES.

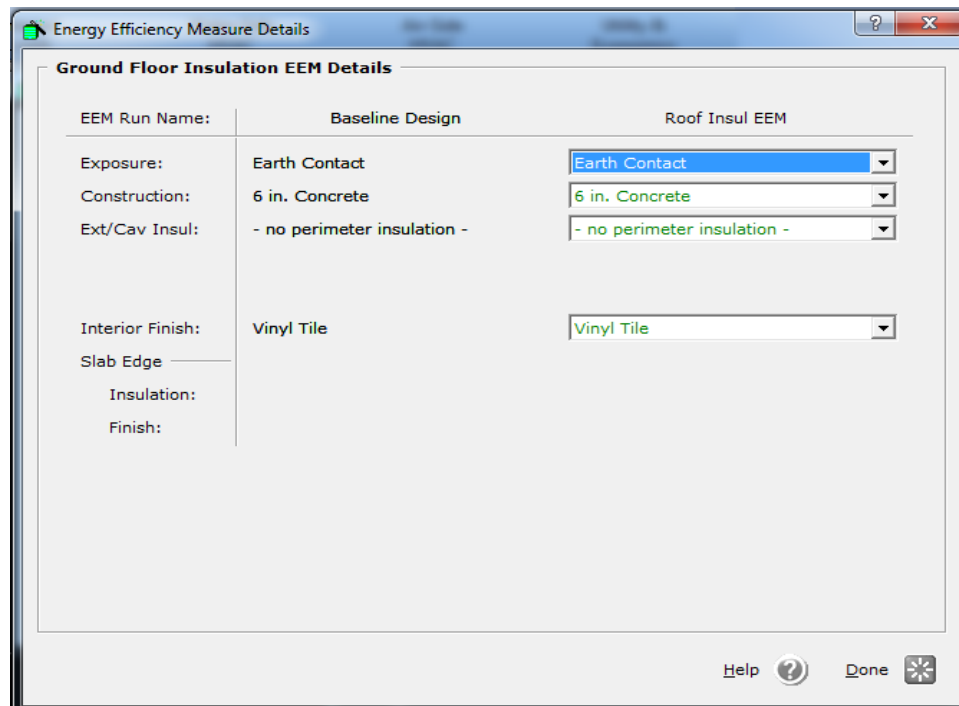
Esta medida cumple la misma función que la anterior, pero en este caso el aislamiento es aplicado a las paredes exteriores.

En caso de necesitar una sección transversal de la pared diferente a la predeterminada, se debe seleccionar la opción “Construction”-“Layer-by-Layer” y definir nuevamente la construcción.



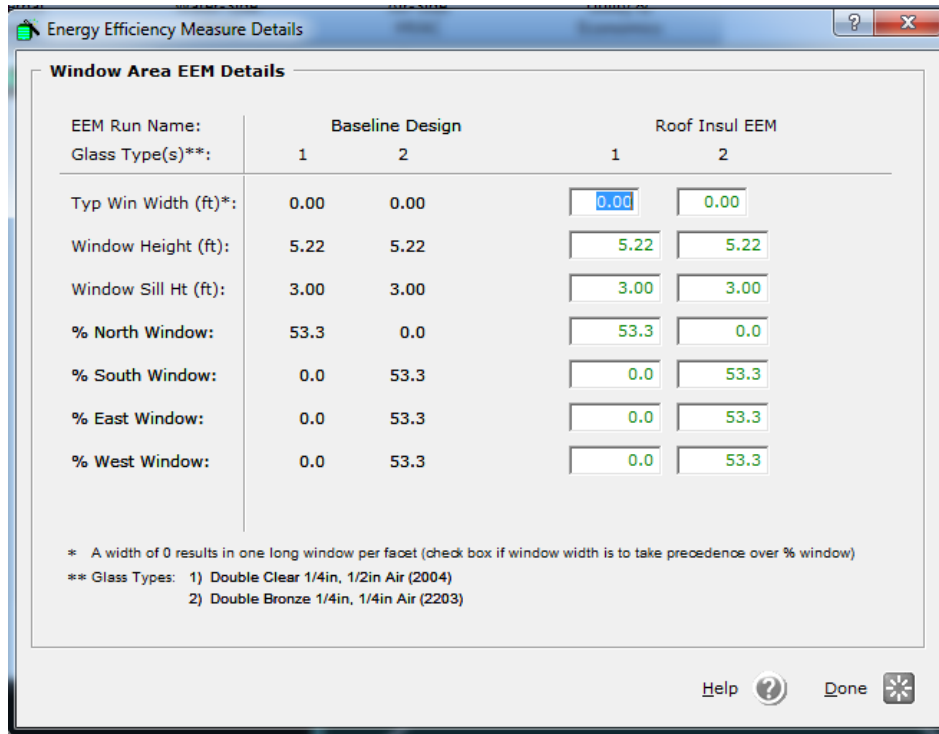
3.1.3 AISLAMIENTO PARA PISO.

En caso de querer investigar el comportamiento del edificio si el piso del mismo tuviera otra configuración, esta ventana permite realizar esta acción definiendo cada uno de sus componentes desde la parte exterior hasta la parte inferior del piso.



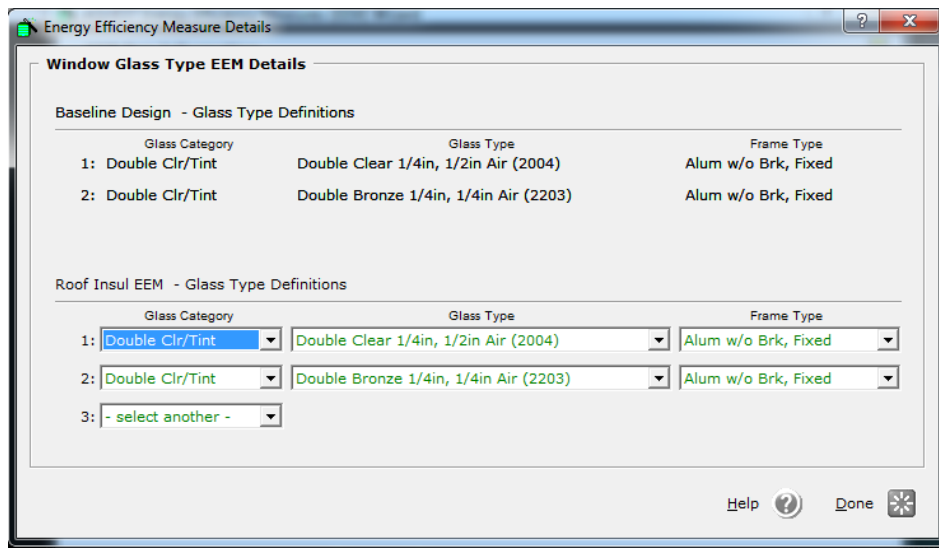
3.1.4 AREA DE VENTANA

Esta ventana permite analizar el impacto generado por el cambio de la configuración de la ventana.



3.1.5 TIPO DE VIDRIO DE VENTANA

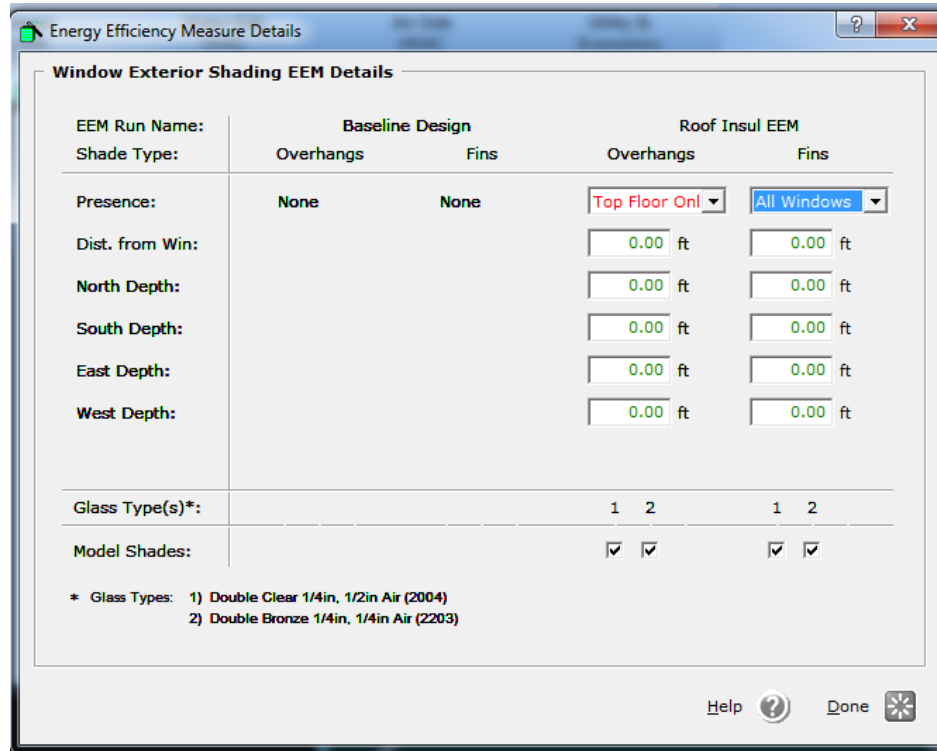
Esta ventana presenta una interfaz similar a la dada en el asistente DDW o SDW, en la cual es posible definir el tipo de vidrio y marco para las ventanas; con el fin de analizar el comportamiento del edificio con las nuevas características.



3.1.6 SOMBREADO EXTERIOR DE VENTANAS

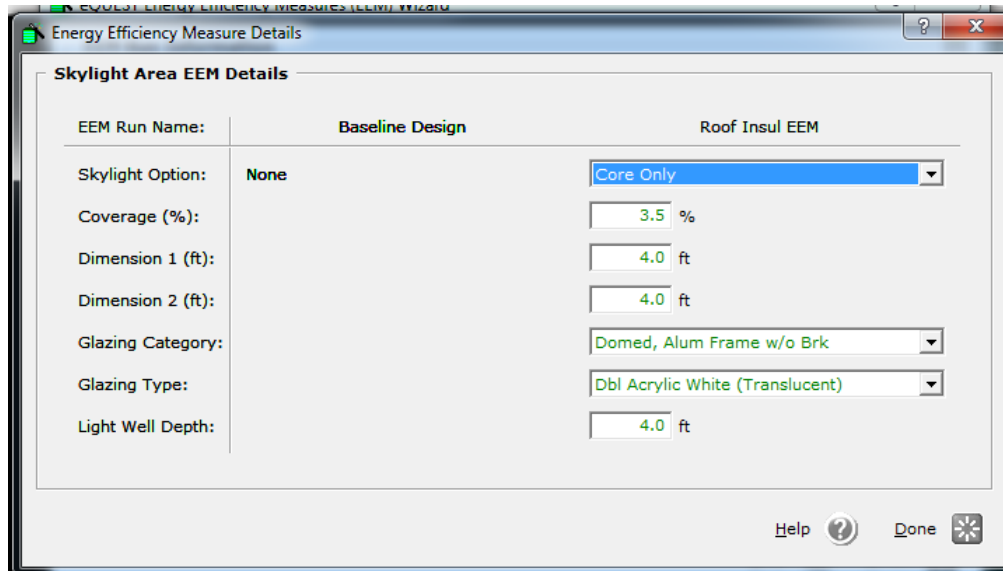
Esta ventana permite seleccionar las características del sombreado exterior de la ventana para realizar su análisis posterior.

Este sombreado está conformado por saliente y aletas ubicadas alrededor de las ventanas, para las cuales se debe especificar la distancia y orientación.



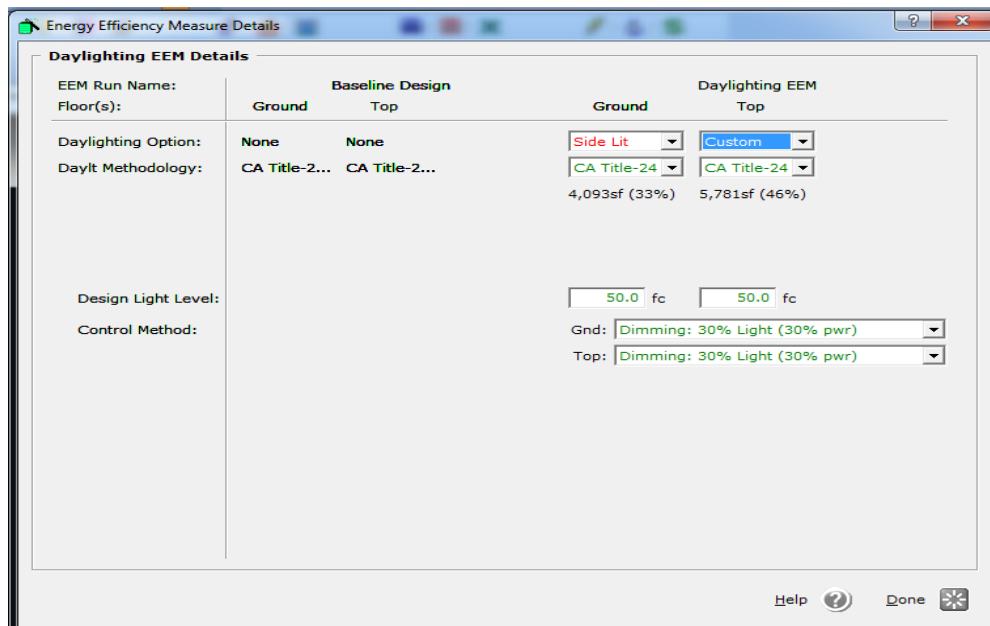
3.1.7 AREA DE CLARABOYAS

Esta ventana le permite al usuario modificar el tipo, la categoría y las dimensiones de las claraboyas. El software tiene la ventaja que cuenta con una amplia librería acerca de elementos de construcción.



3.1.8 ILUMINACIÓN NATURAL

Como se observa, esta ventana es similar a presentación de las otras ventanas, ya que permite visualizar las opciones establecidas en el Baseline y tiene la opción de modificar las características de la iluminación natural.



3.1.9 DENSIDAD DE POTENCIA DE ILUMINACIÓN

Esta ventana permite variar los valores de la densidad de potencia de iluminación por pie cuadrado, para realizar un nuevo análisis con respecto al Baseline.

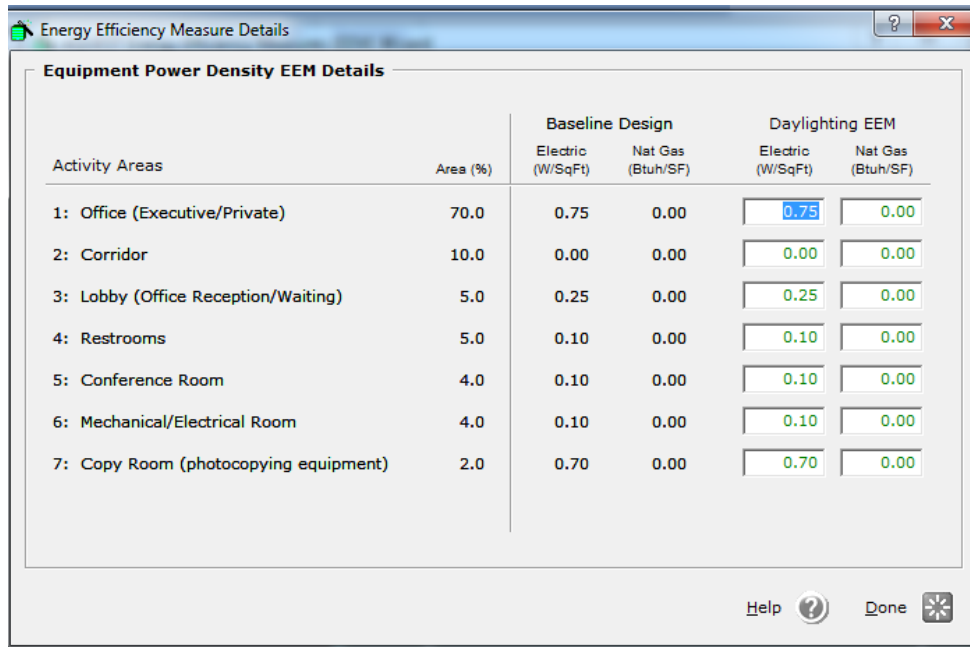
The screenshot shows a software window titled 'Energy Efficiency Measure Details'. Inside, there is a section titled 'Lighting Power Density EEM Details' which contains a table with the following data:

Activity Areas	Area (%)	Baseline Design	
		Lighting (W/SqFt)	Daylighting EEM Lighting (W/SqFt)
1: Office (Executive/Private)	70.0	1.49	1.49
2: Corridor	10.0	0.57	0.57
3: Lobby (Office Reception/Waiting)	5.0	1.52	1.52
4: Restrooms	5.0	0.77	0.77
5: Conference Room	4.0	0.92	0.92
6: Mechanical/Electrical Room	4.0	0.81	0.81
7: Copy Room (photocopying equipment)	2.0	1.64	1.64

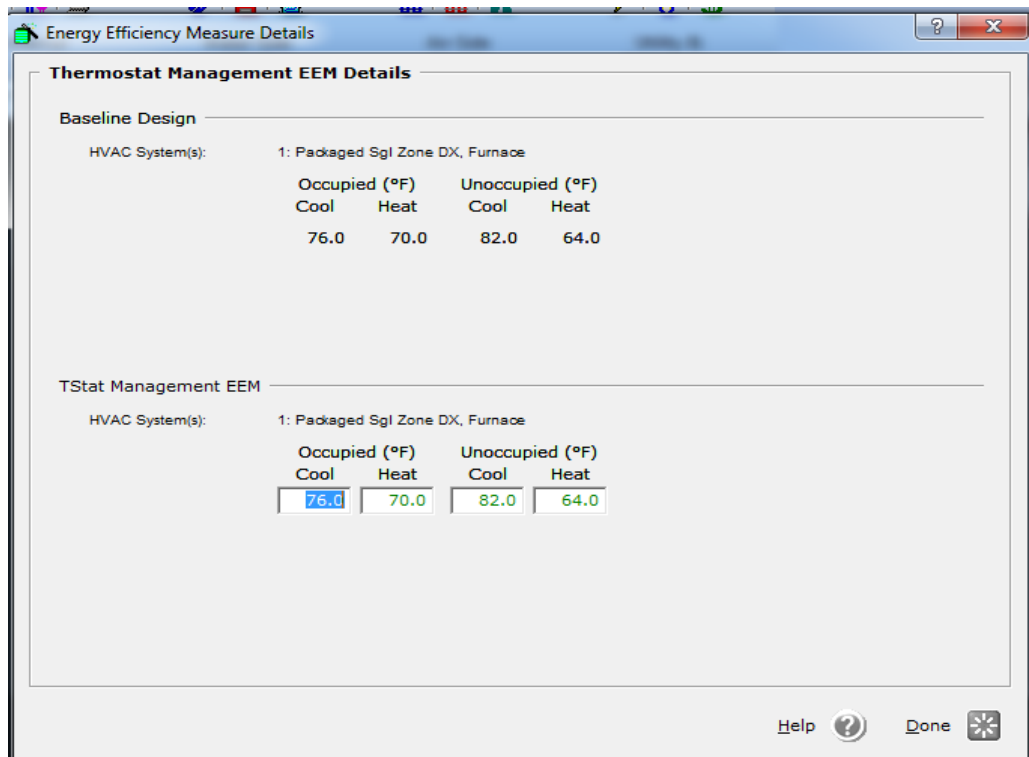
At the bottom of the window, there are 'Help' and 'Done' buttons.

3.1.10 DENSIDAD DE POTENCIA DE EQUIPOS

Al igual que en la ventana anterior es posible variar los valores de en este caso de la potencia de los equipos en funcionamiento dentro del edificio por pie cuadrado.



3.1.11 MANEJO DEL TERMOSTATO

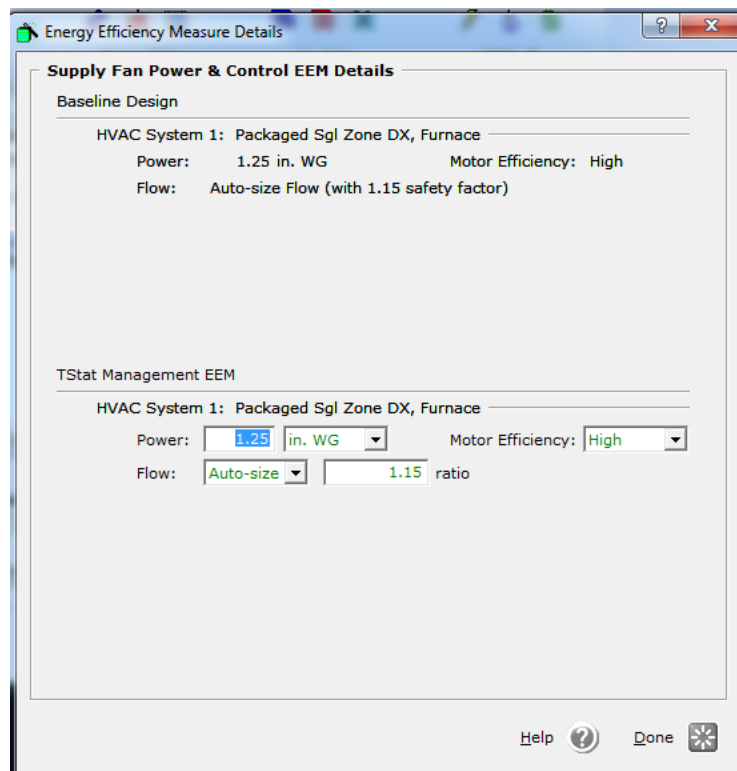


En esta ventana se puede visualizar el valor establecido para el termostato en el diseño Baseline y permite modificar dicho valor para realizar un segundo análisis del comportamiento del edificio con este cambio.

3.1.12 CONTROL Y POTENCIA DE VENTILADORES

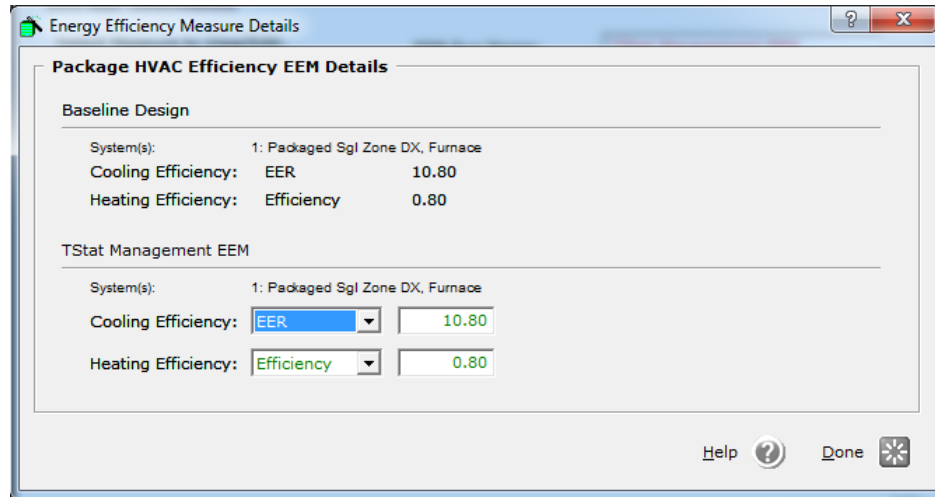
Esta ventana especifica los datos de entrada para el análisis del control y potencia de ventiladores.

Para la cual se deben ingresar los siguientes datos: potencia, flujo, tipo de control de ventilador y eficiencia del motor.



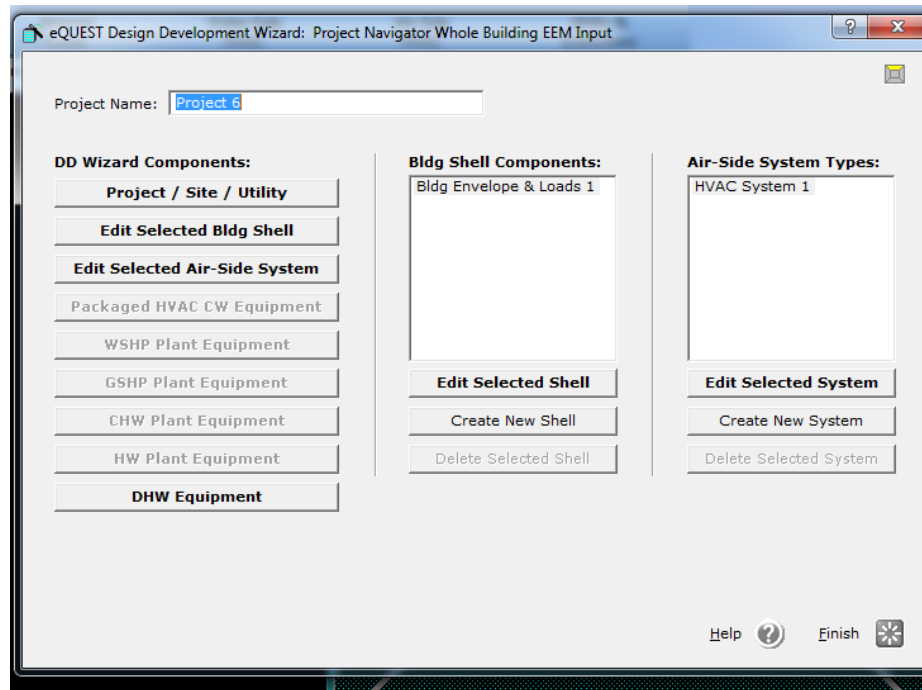
3.1.13 EFICIENCIA DE LOS PAQUETES HVAC

En esta ventana es posible realizar los cambios correspondientes al sistema HVAC. Para este caso solo se permite variar la eficiencia de refrigeración y de calefacción.

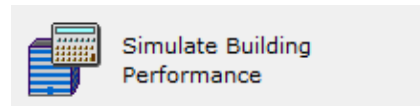


3.1.14 VARIACION EN CONJUNTO DEL EDIFICIO.

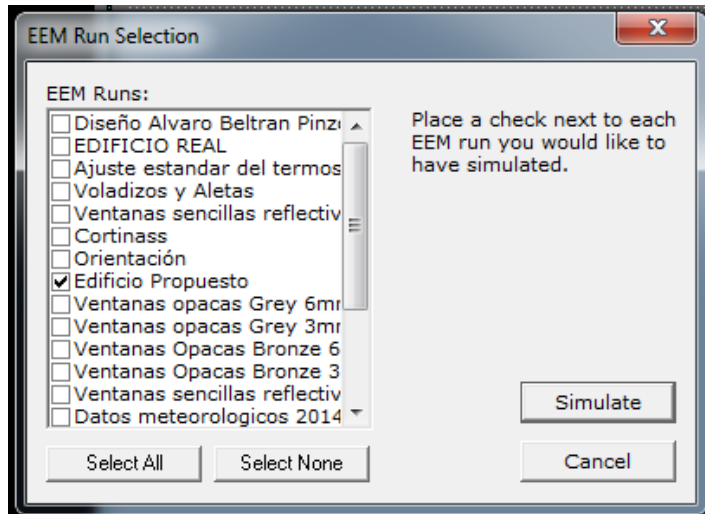
Esta ventana se considera la más importante ya que permite tener en cuenta todas las opciones anteriores, puesto que al seleccionar la opción “Whole site/Building” es posible ingresar nuevamente al asistente DDW o SDW y realizar los cambios deseados en el edificio para luego realizar un reporte donde se incluyan.

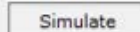


4. ASISTENTE DE SIMULACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL EDIFICIO

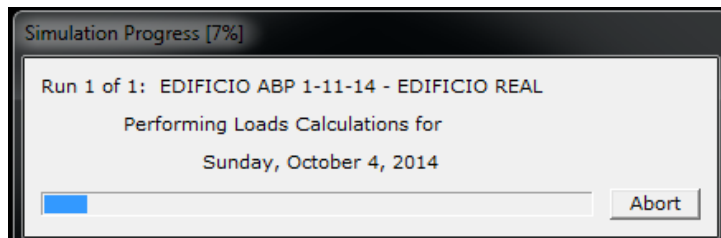


Este asistente le permite al usuario seleccionar las categorías de análisis determinadas en el asistente de medida de eficiencia energética comentado anteriormente. Se debe comenzar por hacer clic en el icono “Simulate Building Performance” y a continuación de abrirá la siguiente ventana:

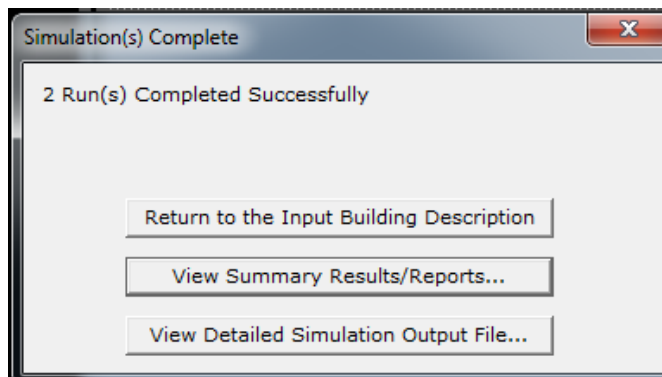


En esta ventana el usuario debe seleccionar las categorías que desea visualizar en el reporte y finalmente hacer clic en  .

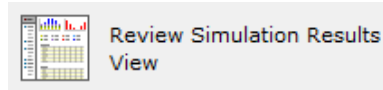
Ventana de progreso de la simulación



Ventana de simulación completa.



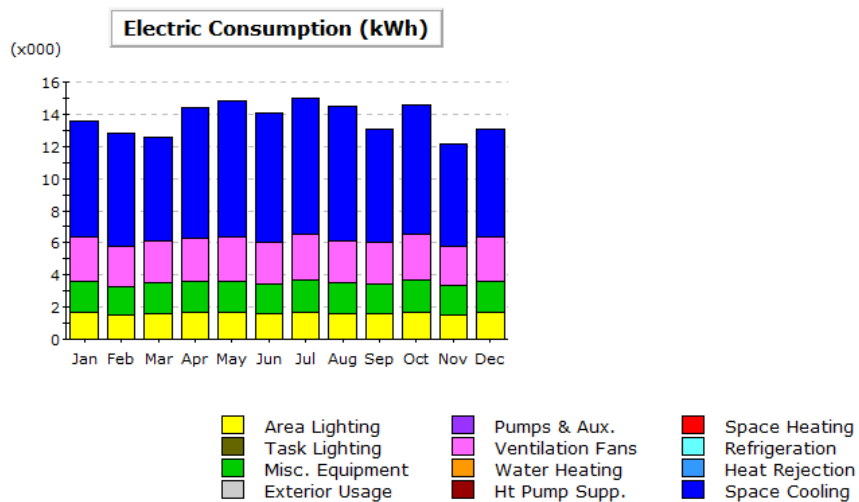
5. ASISTENTE DE VISUALIZACIÓN DE REPORTES DE LA SIMULACIÓN



Este último asistente le permite al usuario visualizar cada uno de los reportes de la simulación establecidos en el asistente de medida de eficiencia energética y seleccionada en el asistente de simulación del rendimiento del edificio. Es importante tener en cuenta que este asistente solamente permite visualizar los reportes con orden de simulación.

Las gráficas disponibles son:

- Consumo de energía mensual.

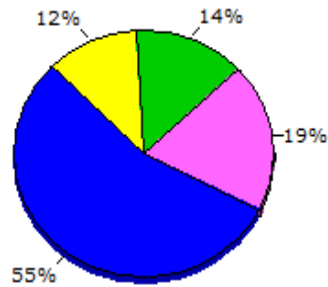


Electric Consumption (kWh x000)													
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Space Cool	7.24	7.11	6.50	8.09	8.51	8.03	8.43	8.43	7.01	7.97	6.37	6.74	90.44
Heat Reject.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Refrigeration	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Space Heat	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HP Supp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hot Water	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vent. Fans	2.72	2.47	2.60	2.72	2.72	2.60	2.85	2.60	2.60	2.84	2.47	2.72	31.92
Pumps & Aux.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ext. Usage	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Misc. Equip.	1.95	1.77	1.89	1.94	1.95	1.87	2.02	1.89	1.87	2.02	1.81	1.95	22.93
Task Lights	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Area Lights	1.65	1.50	1.59	1.64	1.65	1.58	1.71	1.59	1.58	1.71	1.52	1.65	19.37
Total	13.56	12.85	12.58	14.39	14.84	14.08	15.00	14.51	13.06	14.54	12.17	13.07	164.65

- Consumo de energía anual.

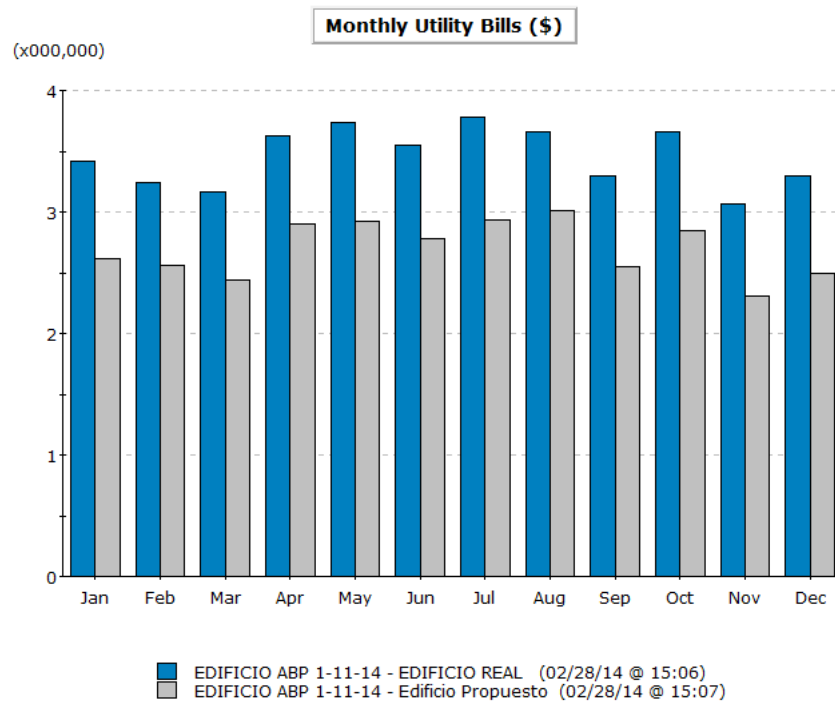
Annual Energy Consumption by Enduse

	Electricity kWh (x000)	Natural Gas Btu	Steam Btu	Chilled Water Btu
Space Cool	90.44	-	-	-
Heat Reject.	-	-	-	-
Refrigeration	-	-	-	-
Space Heat	-	-	-	-
HP Supp.	-	-	-	-
Hot Water	-	-	-	-
Vent. Fans	31.92	-	-	-
Pumps & Aux.	-	-	-	-
Ext. Usage	-	-	-	-
Misc. Equip.	22.95	-	-	-
Task Light	-	-	-	-
Area Light	19.37	-	-	-
Total	164.68	-	-	-

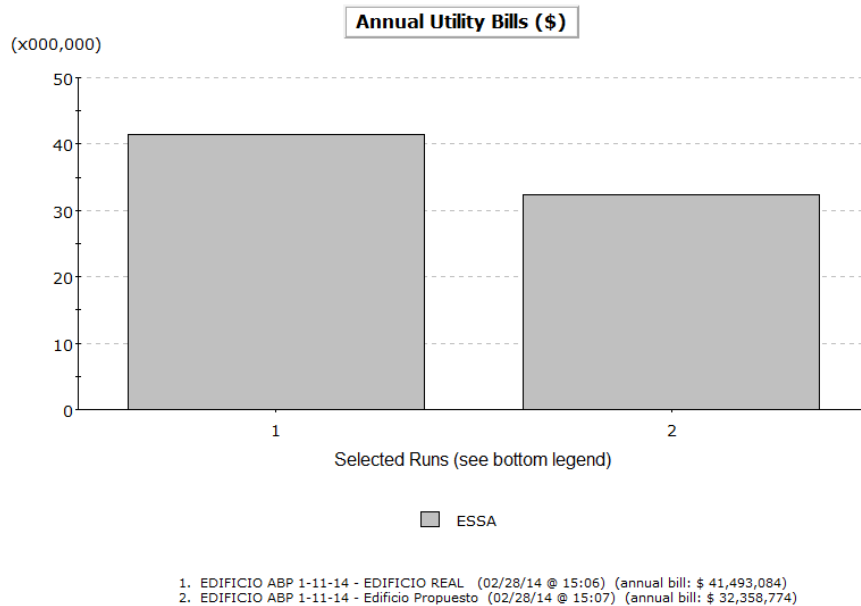


Electricity

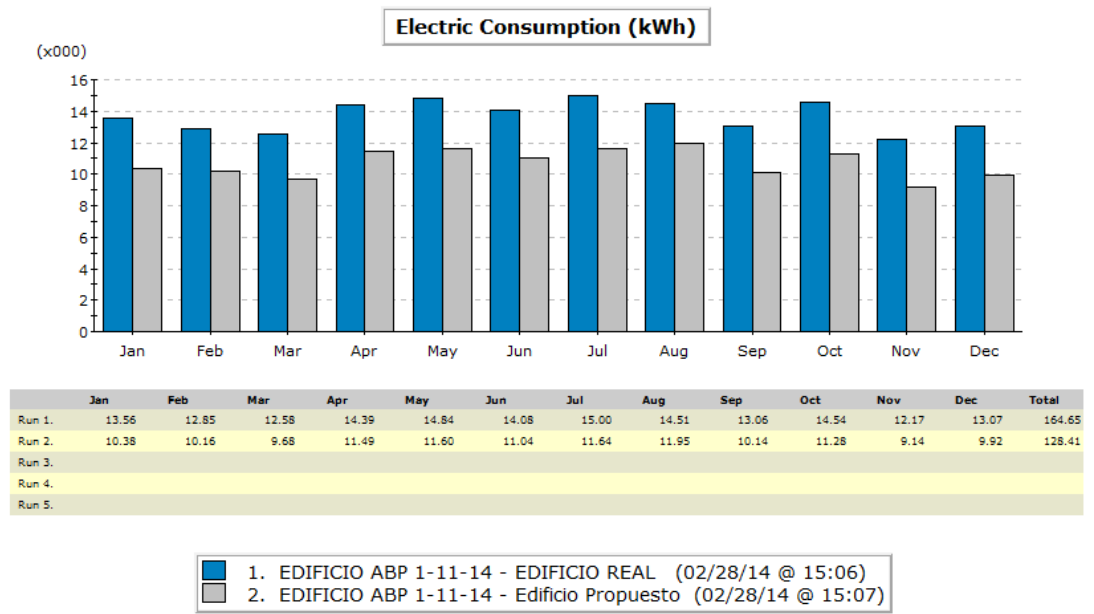
- Costo mensual del servicio.



- Costo anual del servicio.



- Comparación del consumo energético mensual de varias categorías.



- Comparación del consumo energético anual de varias categorías.

