



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO- MECÁNICA

TEMA:

" Análisis para las mejoras de la eficiencia energética de equipos e instalaciones eléctricas en el Aula Magna de la UCSG.
Metodología para su calificación energética."

AUTOR:

Rodríguez Romero, Pedro Luis

Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de
INGENIERO EN ELÉCTRICO-MECÁNICA

TUTOR:

Ing. Vallejo Samaniego, Luis Vicente, M.Sc.

Guayaquil, Ecuador

8 de Marzo del 2018



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO- MECÁNICA

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **RODRÍGUEZ ROMERO PEDRO LUIS**, como requerimiento para la obtención del Título de **Ingeniería en Eléctrico – Mecánica**.

TUTOR

f. _____

ING. VALLEJO SAMANIEGO, LUIS VICENTE, M.Sc.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____

ING. HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO, M.Sc.

Guayaquil, a los 8 días del mes de Marzo del año 2018



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO- MECÁNICA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Rodríguez Romero, Pedro Luis**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Análisis para las mejoras de la eficiencia energética de equipos e instalaciones eléctricas en el Aula Magna de la UCSG. Metodología para su calificación energética** previo a la obtención del Título de **Ingeniería en Eléctrico - Mecánica**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 8 días del mes de Marzo del año 2018

EL AUTOR

RODRÍGUEZ ROMERO, PEDRO LUIS



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO- MECÁNICA

AUTORIZACIÓN

Yo, **Rodríguez Romero, Pedro Luis**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Análisis para las mejoras de la eficiencia energética de equipos e instalaciones eléctricas en el Aula Magna de la UCSG. Metodología para su calificación energética**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 8 días del mes de Marzo del año 2018

EL AUTOR:

RODRÍGUEZ ROMERO, PEDRO LUIS

REPORTE URKUND

URKUND - Log in x Inicio - URKUND x D35728005 - TRAJ x EU El Universo | Not x (15) YouTube x El Comercio - No x Intranet UCSG x

Es seguro | <https://secure.orkund.com/view/35144071-841384-454725#q1bKLvayjBQMdQxNNixNNYx1jHRMdmx17GM1VEqzkzPy0zL7E7MS05VsjLQMzA0NLE0AyIjQ3MTA0M...>

URKUND Luis Vallejo Samaniego (luis.vallejo)

Documento: **TRABAJO DE TITULACIÓN- PEDRO RODRIGUEZ.pdf** (035728005)

Presentado: 2018-02-19 00:10 (-05:00)

Presentado por: pedroluisr24@gmail.com

Recibido: luis.vallejo.ucsg@analysis.orkund.com

Mensaje: [Mostrar el mensaje completo](#)

2% de estas 29 páginas, se componen de texto presente en 6 fuentes.

Categoría	Enlace/nombre de archivo
	L-T-0026.pdf
	http://www.agenbur.com/es/contenido/index.asp?idsec=9
	SANCHEZ CABEZAS.pdf
	https://eficiencias.files.wordpress.com/2010/04/actividades-ccnn-2c2ba-esp2.pdf
	TRABAJO TITULACION MARCO FLORES-2017.docx
	1476907733_Pi Juan Pablo Clavijo/S1.pdf

1 Advertencias Reiniciar Exportar Compartir

100% #1 Activo Fuente externa: <http://www.agenbur.com/es/contenido/index.asp?idsec=9> 100%

energías renovables son aquellas que se producen de forma continua y que son consideradas interminables a nivel humano, sin embargo, fuentes como la biomasa, se da siempre y cuando se respeten los ciclos naturales. El sol origina todas las energías renovables porque su calor provoca en nuestro planeta las diferencias de presión que dan principio a los vientos, fuente de la energía eólica; el ciclo del agua, causa la evaporación que induce la formación de nubes y, por tanto, las lluvias de donde proviene la energía hidráulica.

Finalmente, del sol se obtiene directamente en las energías tanto la térmica como fotovoltaica. A continuación, en la tabla 2.1 se detallan los tipos de centrales que utilizan fuentes renovables con su respectiva potencia nominal, la cual se refiere a su potencia de diseño o dato de placa según datos presentados por el ARCONEL; mientras que la potencia efectiva es el valor real que la misma puede entregar. Tabla 2.1 Potencia nominal y efectiva de las centrales (renovables) Fuente: ARCONEL "MCI: Motores de combustión interna

2.1.1.1 Energía hidráulica Es la producida por el agua que se almacena en embalses y lagos a gran altitud (para que tenga energía potencial gravitacional). La cual al caer a un nivel inferior, esta energía se transforma en energía cinética y luego en energía eléctrica por medio de un generador. Figura 2.2 Proceso de generación hidráulica y sus partes Fuente: ["La energía hidráulica", s/f] Como se ilustra en la figura 2.2 el agua que se encuentra represada en el embalse es transportada por medio de un conducto en caída por gravedad, lo que genera el movimiento de los álabes de la turbina, lo que de paso a una acción o energía mecánica que es transformada por el generador a energía eléctrica, para luego elevar el nivel de voltaje por medio de una subestación elevadora y su posterior transporte ("Hydraulic energy", 2010). Figura 2.3 Ventajas y desventajas de la generación hidráulica Fuente:

Conclusión: La revisión de coincidencias del resultado de la revisión, considera la desactivación de la información de texto de los formatos de presentación de trabajos de titulación en la UCSG. Se adjunta documento de Reporte URKUND de la Revisión Final en medio digital. Porcentaje de coincidencia final del 2%.

Atentamente,

Ing. Vallejo Samaniego, Luis Vicente, M.Sc.

DOCENTE-TUTOR

AGRADECIMIENTO

Al culminar una etapa más de mi vida estudiantil, quiero dejar marcado un profundo agradecimiento a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, en especial a sus docentes que conforman la Facultad Técnica para el Desarrollo.

A mi tutor Ing. Luis Vallejo Samaniego, M.Sc. y al Director de Carrera Ing. Miguel Heras Sánchez, M.Sc., por todo su apoyo y colaboración, quienes con sus conocimientos, experiencia y disponibilidad de tiempo han hecho posible la realización de mi trabajo de titulación.

A toda mi familia por estar siempre brindándome su apoyo y a todas las personas que de una u otra manera han sabido impulsar y motivar esta meta propuesta.

Pedro Luis

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación se lo dedico en primer lugar a Dios, por haberme dado el conocimiento y las fuerzas necesarias para llegar a este punto tan significativo en mi desarrollo personal y profesional.

A mis padres Luis y Amada, por ser el pilar más importante y por inculcarme con cariño y apoyo incondicional a cumplir cada una de mis metas propuestas.

A mis hermanas, Edith y Roxana por compartir sus experiencias conmigo y por siempre estar dispuestas a escucharme y ayudarme en cualquier momento.

Y de manera muy especial a mis abuelos paternos Pedro (+) y América (+), abuelos maternos Victor (+) y Herlinda, porque en ellos encontré mi fuente de inspiración para alcanzar este logro, todo lo que me proponga, todo mi esfuerzo y dedicación será para ustedes siempre.

Pedro Luis



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA:

Ingeniería en Eléctrico-Mecánica

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

ING. ROMERO PAZ, MANUEL DE JESÚS, M.Sc.

DECANO

f. _____

ING. PHILCO ASQUI, LUIS ORLANDO, M.Sc

COORDINADOR DE TITULACIÓN

f. _____

ING. HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO, M.Sc.

OPONENTE

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
RESUMEN.....	xix
ABSTRACT	xx
CAPÍTULO 1.....	2
INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 Justificación y alcance	2
1.2 Planteamiento del problema	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo general	3
1.3.2 Objetivos específicos	3
1.4 Tipo de investigación	3
1.5 Metodología.....	3
PARTE I MARCO TEÓRICO.....	4
CAPÍTULO 2.....	4
GENERALIDADES DE EFICIENCIA EN EL SECTOR ELÉCTRICO	4
2.1 La matriz energética en el Ecuador	4
2.1.1 Energías renovables	4
2.1.2 Energías no renovables	10
2.1.3 Energía térmica.....	11
2.2 Producción de energía eléctrica y su impacto ambiental	12

2.2.1	Impacto ambiental de las eléctricas.....	14
2.2.2	Análisis del ciclo de vida.....	15
2.3	Eficiencia energética y sus características.....	17
2.3.1	Calidad del suministro	18
2.3.2	Gestión de la demanda	18
2.3.3	Gestión técnica	18
2.4	Indicadores de eficiencia energética	19
2.5	Pérdidas de energía a nivel distribución	20
CAPÍTULO 3.....		23
CONSIDERACIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS ...		23
3.1	Transferencia de calor	23
3.1.1	Aislamiento térmico del edificio	23
3.1.2	Envoltura térmica.....	24
3.1.3	Transferencia de calor por conducción.....	26
3.1.4	Transferencia de calor por convección	27
3.1.5	Transferencia de calor por radiación	28
3.2	Características operativas de sistemas HVAC.....	29
3.2.1	El compresor y las funciones que cumple	30
3.2.2	Tipos de condensadores y su funcionamiento.....	32
3.2.3	Características de los evaporadores y sus tipos.....	33
3.2.4	Función de los filtros de aire.....	34
3.2.5	Función del refrigerante y sus características.....	35
3.2.6	Transporte y distribución del aire.....	36

3.3	Sistemas de flujo variable de refrigerante y sus características	38
3.3.1	Ventajas energéticas de los sistemas VRF	38
3.3.2	Características operativas de los sistemas VRF	39
3.4	Recursos para la conservación de la energía	40
3.4.1	Recurso de ventilación	41
3.4.2	Iluminación natural	42
CAPÍTULO 4.....		43
CÁLCULOS OPERATIVOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.....		43
4.1	Condiciones climáticas de la edificación	43
4.2	Cálculo de la carga térmica del edificio.....	45
4.2.1	Carga térmica sensible de paredes y techo.....	45
4.2.2	Carga térmica sensible por infiltraciones del aire exterior	47
4.2.3	Carga térmica sensible por aportaciones internas	48
4.2.4	Carga térmica sensible por radiación a través del cristal	49
4.2.5	Carga térmica latente de infiltraciones y aportaciones internas	50
4.3	Cálculo del sistema de iluminación	51
4.3.1	Cálculo de la cavidad del local	52
4.3.2	Cálculo del flujo luminoso.....	52
4.3.3	Cálculo del número de dispositivos	53
4.3.4	Cálculo del flujo luminoso real.....	53
4.3.5	Cálculo de la luminancia promedio real.....	53
4.3.6	Cálculo del valor de la eficiencia energética de la instalación...54	
4.3.7	Algoritmo de análisis del sistema de iluminación.....	54

4.4	Software para cálculo de la iluminación Dialuxevo.....	55
CAPÍTULO 5.....		59
NORMAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA		59
5.1	Aspectos técnicos constructivos	59
5.2	Exigencias en el diseño de la edificación	60
5.3	Ventilación y calidad del aire.....	61
5.3.1	Control en las instalaciones de climatización.....	61
5.4	Consideraciones en iluminación	62
PARTE II APORTACIONES.....		64
CAPÍTULO 6.....		64
LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN EN LAS INSTALACIONES		64
6.1	Introducción	64
6.2	Ubicación y emplazamiento	64
6.3	Descripción de las instalaciones eléctricas	66
6.4	Descripción de los equipos existentes	66
CAPÍTULO 7.....		67
CÁLCULO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DEL AULA MAGNA		67
7.1	Condiciones climáticas exteriores	67
7.2	Cálculo de la demanda térmica.....	69
7.3	Cálculo de la demanda por iluminación	76
7.4	Consumo de energía eléctrica del Aula Magna.....	79
CAPÍTULO 8.....		81

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA ACTUAL Y PLAN DE MEJORAS	81
8.1 Identificación del edificio	81
8.2 Análisis de los resultados de las instalaciones evaluadas.....	86
8.2.1 Análisis de resultados de la carga térmica del edificio	86
8.2.2 Análisis de los resultados de la iluminación del edificio	89
8.3 Calificación energética de los sistemas evaluados	90
8.3.1 Calificación del sistema de climatización.....	90
8.3.2 Calificación del sistema de iluminación	91
8.4 Propuesta de mejoras en las instalaciones	92
CAPÍTULO 9.....	97
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	97
9.1 CONCLUSIONES	97
9.2 RECOMENDACIONES.....	98
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99
ANEXOS	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Potencia nominal y efectiva de las centrales (renovables)	5
Tabla 2.2: Potencia nominal y efectiva de las centrales (no renovables)	10
Tabla 2.3: Tipos de fuente de alimentación de las termoeléctricas y sus características	12
Tabla 2.4: Producción de energía bruta por tipo de energía	13
Tabla 2.5: Particularidades de los sistemas de generación de energía eléctrica en el Ecuador	14
Tabla 2.6: Gases de efecto invernadero emitidos por las termoeléctricas en el Ecuador	14
Tabla 2.7: Porcentaje por tipo de consumidor en Guayaquil	17
Tabla 3.1: Tipos de aislantes, por tipo de soporte y niveles de resistencia ..	25
Tabla 3.2: Conductividades térmicas de algunos materiales a la temperatura ambiente.....	27
Tabla 3.3: La radiación emitida por un ser humano en watts	28
Tabla 3.4: Propiedades físicas del refrigerante R410A	36
Tabla 4.1: Resistencias térmicas superficiales de los cerramientos	46
Tabla 4.2 Renovaciones del aire interior por tipo de establecimiento.....	48
Tabla 4.3: Factores de radiación solar para 2.1488° de latitud sur.....	50
Tabla 5.1: Clasificación de la envolvente de una edificación.....	60
Tabla 5.2: Caudales mínimos de aire por ocupante y concentración máxima permisible	61
Tabla 5.3: Valores límite de eficiencia energética de la instalación	63
Tabla 7.1: Propiedades climáticas conocidas en la ciudad de Guayaquil.....	67

Tabla 7.2: Propiedades climáticas calculadas mediante software	68
Tabla 7.3: Calor por radiación a través de los cristales por cada sección	73
Tabla 7.4 Ficha técnica del proyecto de iluminación	76
Tabla 7.5: Consumo eléctrico del Aula Magna UCSG.....	80
Tabla 8.1: Información inicial del proyecto para la calificación energética....	81
Tabla 8.2: Resumen de resultados de los cálculos de la carga térmica del Aula Magna	86
Tabla 8.3: Resultados de los cálculos de climatización del Aula Magna	87
Tabla 8.4: Resultados de los cálculos de la iluminación del Aula Magna	89
Tabla 8.3: Resumen de los resultados de luminancia media calculado y simulado.	89
Tabla 8.4: Calificación energética de las instalaciones de climatización	90
Tabla 8.5: Calificación energética de las instalaciones de iluminación	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Proceso de generación hidráulica y sus partes	5
Figura 2.2: Ventajas y desventajas de la generación hidráulica	6
Figura 2.3: Proceso de generación por biomasa	6
Figura 2.4: Proceso de generación fotovoltaica y sus componentes	7
Figura 2.5: Proceso de generación de energía eólica y sus componentes	8
Figura 2.6: Proceso de generación de energía con Biogás	9
Figura 2.7: Proceso de generación de una central térmica y sus partes	11
Figura 2.8: Curvas de demanda típicas por grupo de consumo.	13
Figura 2.9: Ciclo de la vida de un producto	15
Figura 2.10: Evolución y proyección de facturación de energía eléctrica por consumidor	16
Figura 2.11: Beneficios de la eficiencia energética	17
Figura 2.12: Capacidad instalada de generación hasta el año 2012	19
Figura 2.13: Pérdidas de energía en la red de distribución por empresa distribuidora	20
Figura 2.14: Pérdidas de energía en (GWh) por empresa distribuidora	21
Figura 2.15: Pirámide del proceso jerárquico de la eficiencia energética	22
Figura 3.1: Edificio con envolvente de material reflexivo	23
Figura 3.2: Uso recomendable de aislamiento térmico en cubiertas.	24
Figura 3.3: Esquema de un intercambiador de calor de coraza	25
Figura 3.4: Esquema de conducción de calor en una casa.	26
Figura 3.5: Transferencia de calor por convección	27
Figura 3.6: Componentes principales de un sistema HVAC	29

Figura 3.7: Componentes de una central de climatización	30
Figura 3.8: Tipos de condensadores.....	32
Figura 3.9: Calificación tipo MERV según el tamaño de las partículas	34
Figura 3.10: Tipos de bocas y ductos para difusores	37
Figura 3.11: Tipos de difusores para climatización	37
Figura 3.12: Características de los sistemas de climatización	39
Figura 3.13: Diseño bioclimatico de ventilación en una edificación	41
Figura 3.14: Iluminación natural en el Aula Magna de la UCSG	42
Figura 4.1: Carta psicrométrica de temperaturas a nivel del mar	43
Figura 4.2: Software de cálculo de propiedades del aire.....	45
Figura 4.3: Algoritmo para análisis de instalaciones de iluminación.....	54
Figura 4.4: Pantalla principal del software Dialuxevo	55
Figura 4.5: Modelado importado al software Dialuxevo.....	56
Figura 4.5: Modelado renderizado en 3D importado al software Dialuxevo...56	56
Figura 4.6: Emplazamiento de luminarias en el software Dialuxevo.....	57
Figura 4.7: Vista en perspectiva de las luminarias colocadas en Dialuxevo .58	58
Figura 4.8: Espectro de luminancia media calculada en Dialuxevo	58
Figura 5.1: Esquema de la envolvente de una edificación.	59
Figura 5.2: Definición de las orientaciones	60
Figura 6.1: Ubicación del Aula Magna de la UCSG.....	64
Figura 6.2: Emplazamiento del Aula Magna de la UCSG.....	65
Figura 7.1: Ingreso de propiedades climáticas conocidas al software	67
Figura 7.2: Propiedades calculadas mediante el software	68

Figura 7.3: Vista de la sección A.....	69
Figura 7.4: Vista de la sección B.....	70
Figura 7.5: Vista de la sección C	70
Figura 7.6: Vista de la sección D	71
Figura 7.7: Vista del techo en modelado 3D	72
Figura 7.8: Cálculo de la humedad relativa aire exterior en software	74
Figura 7.9: Cálculo de la humedad relativa aire interior en software	74
Figura 7.10: Simulación del sistema de iluminación con el software Dialux ..	79
Figura 8.1: Plano arquitectónico del Aula Magna de la UCSG	82
Figura 8.2: Modelado 3D del Aula Magna de la UCSG	84
Figura 8.3: Porcentajes: Carga térmica del Aula Magna UCSG	87
Figura 8.4: Capacidad del sistema de climatización actual vs el calculado ..	88
Figura 8.5: Propuesta de mejora en el sistema de climatización.....	93
Figura 8.6: Propuesta de mejora en el sistema de iluminación	95

RESUMEN

El presente proyecto se basa en el análisis documental y experimental para las mejoras en la eficiencia energética de instalaciones y equipos eléctricos en el Aula Magna la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, para lo cual se plantea un levantamiento de la información de los parámetros técnicos existentes para luego ser contrastada con los cálculos de la demanda de energía y consumo eléctrico para evaluar la calificación energética actual y prospectiva del establecimiento. El desarrollo de este trabajo está compuesto por dos partes, la parte teórica y la parte de cálculo y diseño. En la primera parte, se establecen los conceptos básicos que luego serán utilizados para efectuar los cálculos necesarios para la calificación energética. En la parte de aportaciones, se describen las condiciones actuales de las instalaciones, los cálculos operativos, la calificación energética actual y el diseño de mejoras prospectivas.

PALABRAS CLAVES: ENERGÍAS, RENOVABLES, EQUIPOS, CONSUMO, EFICIENCIA, CALIDAD.

ABSTRACT

The present project is based on the documentary and experimental analysis for the improvements in the energy efficiency of electrical installations and equipment in the Aula Magna at the Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, for which a survey of the information of the existing technical parameters is considered to then be contrasted with the calculations of energy demand and electricity consumption to evaluate the current and prospective energy rating of the establishment. The development of this work is composed of two parts, the theoretical part and the calculation and design part. In the first part, the basic concepts are established which will then be used to carry out the necessary calculations for the energy rating. In the part of contributions, the current conditions of the facilities, the operative calculations, the current energy rating and the design of prospective improvements are described.

KEYS WORDS: ENERGIES, RENEWABLE, EQUIPMENT, CONSUMPTION, EFFICIENCY, QUALITY.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación y alcance

Actualmente el sistema eléctrico ecuatoriano atraviesa una etapa crucial, luego de la construcción de la Central Hidroeléctrica “Coca Codo Sinclair” y la repotenciación de otras centrales de generación eléctrica, con las cuales se busca fortalecer este servicio, es de suma importancia garantizar los resultados, para lo cual se debe fomentar una cultura de ahorro y consumo eficiente de la energía suministrada, para esto se requieren mejoras en la instalaciones y selección de equipos adecuados, que representen la mayor eficiencia posible y que prioricen el confort del ser humano.

Con el presente proyecto se busca por primera vez realizar un análisis respecto de los posibles progresos en materia de confort y ahorro energético en el Aula Magna de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, lo cual se podría concebir mediante el cambio de equipos y mejoras en las instalaciones eléctricas.

1.2 Planteamiento del problema

En la actualidad, la construcción de nuevas centrales de generación eléctrica y el cambio de la matriz energética en el país, obliga a las empresas distribuidoras del suministro eléctrico a ser más eficientes en la entrega de energía a los consumidores finales. Es ahí donde nace el concepto de ahorro energético, que involucra directamente a la empresa distribuidora con el consumidor final, con la especial finalidad de evitar desperdicios en su consumo, lo cual es posible con un análisis de la carga real requerida para satisfacer la demanda en términos de bienestar para la comunidad universitaria.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Analizar las mejoras en la eficiencia energética de instalaciones y equipos eléctricos en el Aula Magna de la UCSG.

1.3.2 Objetivos específicos

- Levantar la información de los parámetros técnicos de las instalaciones existentes en el Aula Magna de la UCSG.
- Calcular la demanda de energía y consumo eléctrico del Aula Magna de la UCSG.
- Evaluar la calificación energética actual y prospectiva del Aula Magna de la UCSG.

1.4 Tipo de investigación

Para el presente trabajo se utilizará un tipo de investigación teórica con un enfoque analítico, para lo cual se hará uso de técnicas de investigación exploratorias, descriptivas y de campo, lo cual es totalmente factible para cumplir con lo requerido por este proyecto.

1.5 Metodología

La metodología de investigación es de tipo analítica documental y experimental, y está relacionada directamente con el análisis de la eficiencia energética en las edificaciones, la misma que se puede sustentar con un correcto diseño de las instalaciones eléctricas, garantizando así la reducción de consumo mediante el uso eficiente de los equipos.

PARTE I MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO 2

GENERALIDADES DE EFICIENCIA EN EL SECTOR ELÉCTRICO

El estudio de la eficiencia energética nace, ante la necesidad del ser humano de disminuir las emisiones de CO_2 al ambiente, y al mismo tiempo ahorrar dinero, mediante el uso eficiente de la energía eléctrica. Este hecho, ha dado paso a una nueva era en lo que a utilización de energía se refiere; el uso y la búsqueda de energías renovables para la generación de energía limpia, ha provocado que varios países alrededor del mundo, realicen estudios para diseñar métodos para utilizar menor cantidad de energía sin afectar el rendimiento y la calidad del servicio.

Así mismo las redes eléctricas están innovando, en la utilización de sistemas eficientes para reducir pérdidas y perturbaciones en su servicio, los cuales afectan directamente al consumidor final.

2.1 La matriz energética en el Ecuador

Al hablar de la matriz energética, nos referimos a todo aquello que compone el sistema eléctrico nacional, desde la generación, transmisión, y distribución de la energía.

En cuanto a las fuentes de donde se originan estas energías, existen dos grandes grupos y estos son:

- Energías Renovables
- Energías No Renovables

2.1.1 Energías renovables

Las energías renovables son aquellas que se producen de forma continua y que son consideradas interminables a nivel humano, sin embargo, fuentes como la biomasa, se da siempre y cuando se respeten los ciclos

naturales. El sol origina todas las energías renovables porque su calor provoca en nuestro planeta las diferencias de presión que dan principio a los vientos, fuente de la energía eólica; el ciclo del agua, causa la evaporación que induce la formación de nubes y, por tanto, las lluvias de donde proviene la energía hidráulica. Finalmente, del sol se obtiene directamente en las energías tanto la térmica como fotovoltaica.

A continuación, en la tabla 2.1 se detallan los tipos de centrales que utilizan fuentes renovables con su respectiva potencia nominal, la cual se refiere a su potencia de diseño o dato de placa según datos presentados por el ARCONEL; mientras que la potencia efectiva es el valor real que la misma puede entregar.

Tabla 2.1: Potencia nominal y efectiva de las centrales (renovables)

Tipo Fuente	Tipo de Central	Tipo de Unidad	Potencia Nominal (MW)	Potencia Efectiva (MW)
Renovable	Hidráulica	Hidráulica	4.446,36	4.418,18
	Térmica Biomasa	Turbovapor	144,30	136,40
	Fotovoltaica	Fotovoltaica	26,48	25,59
	Eólica	Eólica	21,15	21,15
	Térmica Biogás	MCI	2,00	1,76
Total Renovable			4.640,29	4.603,07

Fuente: (ARCONEL, 2016)

***MCI: Motores de combustión interna**

2.1.1.1 Energía hidráulica

Es la producida por el agua que se almacena en embalses y lagos a gran altitud (para que tenga energía potencial gravitacional). La cual al caer a un nivel inferior, esta energía se transforma en energía cinética y luego en energía eléctrica por medio de un generador.

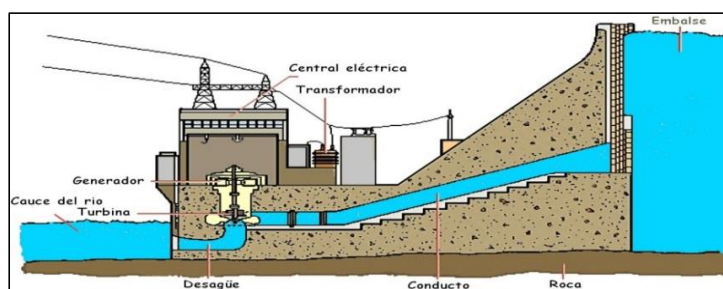


Figura 2.1: Proceso de generación hidráulica y sus partes
Fuente: (Jaime G. Molina P., 2004)

Como se ilustra en la figura 2.1 el agua que se encuentra represada en el embalse es transportada por medio de un conducto en caída por gravedad, lo que genera el movimiento de los álabes de la turbina, lo que de paso a una acción o energía mecánica que es transformada por el generador a energía eléctrica, para luego elevar el nivel de voltaje por medio de una subestación elevadora y su posterior transporte (INTEF, 2010).

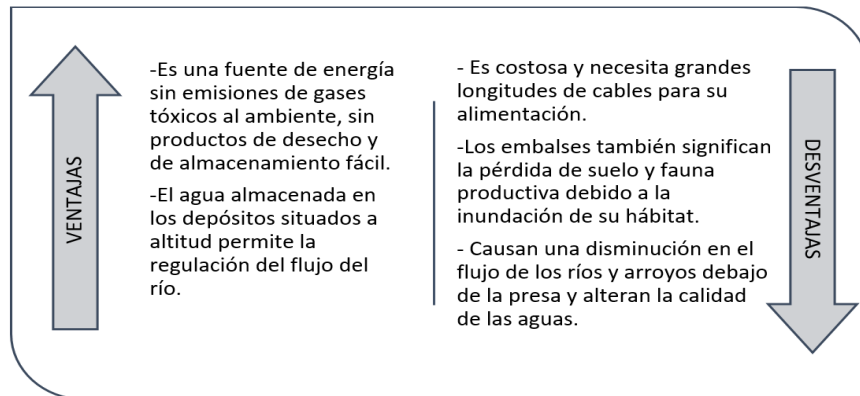


Figura 2.2: Ventajas y desventajas de la generación hidráulica
Elaborado por: Autor

2.1.1.2 Energía térmica biomasa

Es una forma muy común de convertir la materia orgánica en energía. Las sustancias que se queman como la madera, los desechos y otras materias vegetales liberan energía química almacenada en forma de calor, que se puede usar para hacer que los ejes de la turbina produzcan electricidad.

En la figura 2.3 se ilustra un esquema básico del proceso de generación eléctrica a partir de la biomasa.

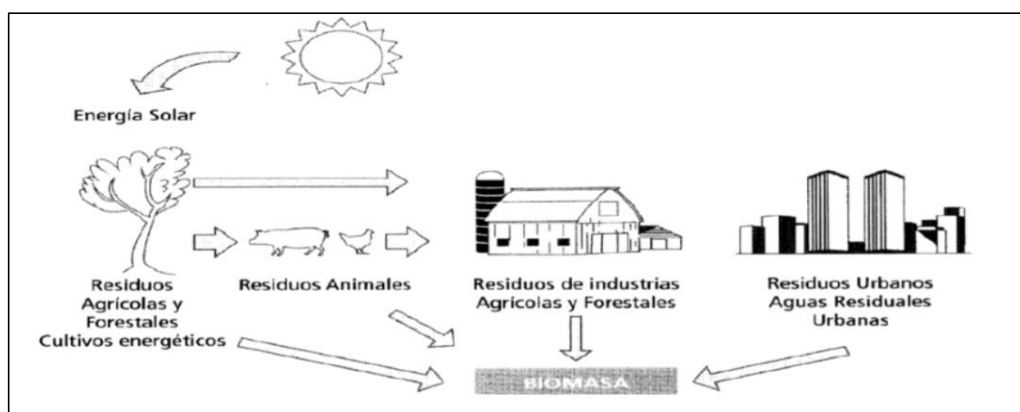


Figura 2.3: Proceso de generación por biomasa
Fuente: (Chavez, 2012)

- 1) La energía del sol se transfiere y se almacena en las plantas. Cuando las plantas se cortan o mueren, las astillas de madera, la paja y otras materias vegetales se entregan al búnker
- 2) Esto se quema para calentar agua en una caldera para liberar energía térmica (vapor).
- 3) La energía / potencia del vapor se dirige a las turbinas con tuberías
- 4) El vapor convierte varias palas en la turbina y los generadores, que están hechos de bobinas e imanes.
- 5) Los campos magnéticos cargados producen electricidad, que se envía a los hogares mediante cables.

2.1.1.3 Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es una tecnología elegante que produce electricidad a partir de la luz solar sin partes móviles. En una célula fotovoltaica, la luz del sol desprende electrones de los átomos de silicio de su anfitrión. Pequeños paquetes de energía de luz llamados fotones son capturados por electrones e imparten suficiente energía para expulsar el electrón de su átomo huésped. Cerca de la superficie superior de la celda hay una "membrana de una sola dirección" llamada unión PN. La unión PN se forma mediante la difusión de pequeñas cantidades de fósforo a una profundidad de aproximadamente un micrómetro en una fina oblea de silicio.

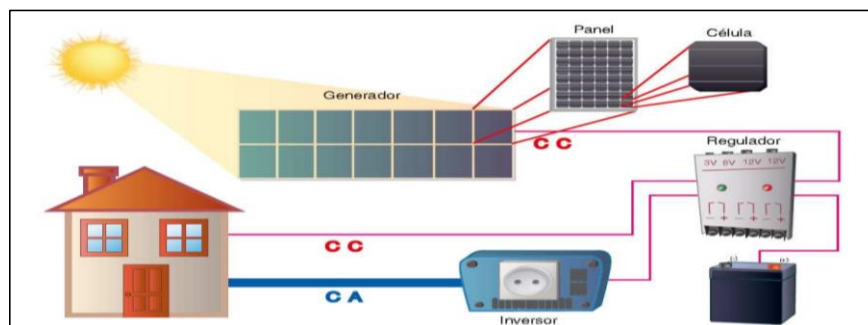


Figura 2.4: Proceso de generación fotovoltaica y sus componentes

Fuente: (Chavez, 2012)

Cuando un electrón libre cruza la unión PN, no puede regresar fácilmente, lo que hace que aparezca una tensión negativa en la superficie que enfrenta al sol (y una tensión positiva en la superficie posterior). Las

superficies frontal y posterior se pueden conectar juntas a través de un circuito externo para extraer la corriente, el voltaje y la potencia de la célula solar. Las células solares se empaquetan detrás del vidrio para formar módulos fotovoltaicos, que tienen vidas de servicio típicas de 20 a 40 años.

2.1.1.4 Energía eólica

El viento es una forma de energía solar. Los vientos son causados por el calentamiento desigual de la atmósfera por el sol, las irregularidades de la superficie de la tierra y la rotación de la tierra. Los patrones de flujo del viento son modificados por el terreno de la tierra, los cuerpos de agua y la cubierta vegetal. Este flujo de viento, o energía de movimiento, cuando es "recolectado" por turbinas aerogeneradores, puede usarse para generar electricidad, como se muestra en la figura 2.5.



Figura 2.5: Proceso de generación de energía eólica y sus componentes
Fuente:(Escudero & López, 2008)

El principio de funcionamiento de la energía eólica se da a partir del viento que choca con las aspas provocando una acción de movimiento rotatorio, que es aprovechado por el eje de la transmisión, para así convertir esta energía mecánica en energía eléctrica por medio de un generador eléctrico, para luego formar parte de la red eléctrica (Manwell, McGowan, & Rogers, 2010).

2.1.1.5 Energía térmica biogás

El biogás es el gas resultante de un proceso de digestión anaeróbica. Una planta de biogás puede convertir el estiércol animal, las

plantas verdes, los residuos de la industria agroalimentaria y los mataderos en gas combustible.

Los dos gases principales que componen el biogás son el metano (CH₄), que representa alrededor del 60% -70% del total y también el dióxido de carbono (CO₂) que representa el 30% -40%. Se pueden encontrar pequeños rastros de otros gases. En general, la forma en que se compone el biogás depende de los insumos o la materia prima que entra en el proceso de DA. En la industria, el biogás se puede mejorar para filtrar el metano puro y eliminar otros gases, que luego se convierte en biometano (Jimbo, 2017).

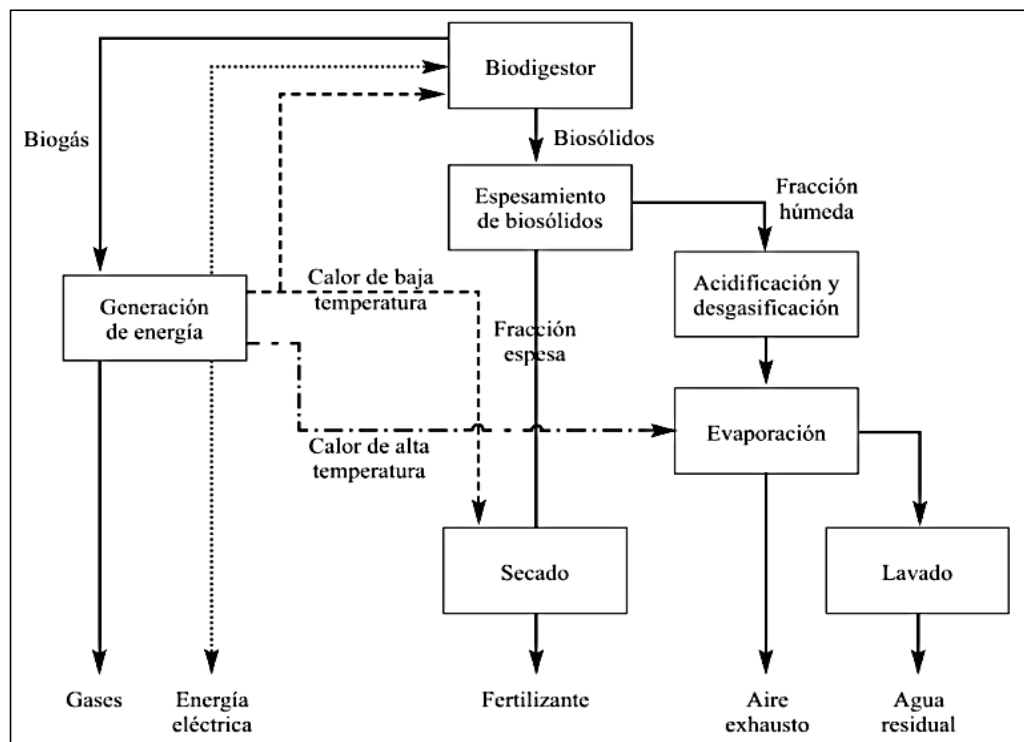


Figura 2.6: Proceso de generación de energía con Biogás
Fuente: (Fernando, Daniel, & Adeline, 2010)

Para generar electricidad a partir del biogás simplemente se debe quemar a través del proceso de combustión para producir calor solamente. Cuando se quema, un metro cúbico de biogás produce alrededor de 2.0 / 2.5 kWh de energía térmica. Una proporción del calor generado en la planta se puede usar de primera mano para alimentar el digestor y los edificios cercanos. El calor restante se descarga y, a menos que se caliente y transfiera agua caliente a través de una red de tuberías local al hogar, se desperdicia.

2.1.2 Energías no renovables

Las energías no renovables son aquellas que existen en la naturaleza en una cantidad limitada. No se renuevan a corto plazo y por eso se agotan cuando se utilizan. La demanda mundial de energía en la actualidad se satisface fundamentalmente con este tipo de fuentes energéticas: el carbón, el petróleo, el gas natural y el uranio. Desde el punto de vista de la utilización de la energía, se puede clasificar la energía en primaria, secundaria y útil (Schallenberg, Piernavieja, & Hernández, 2008).

- **Energía primaria:** es la que se obtiene directamente de la naturaleza y corresponde a un tipo de energía almacenada o disponible, como por ejemplo el petróleo, el carbón, el gas natural, el uranio y las energías renovables.
- **Energía secundaria:** Es obtenida mediante la transformación de la energía primaria. Ejemplos de esta categoría son la electricidad o la gasolina.
- **Energía útil:** Es aquella que se le suministra al consumidor después de la última conversión realizada por sus propios equipos, como por ejemplo la energía mecánica gastada en un motor, la luminosa en una bombilla, etc. Algunas energías primarias pasan directamente a energía útil, sin transformarse previamente en energía secundaria.

A continuación, en la tabla 2.2 se detalla la potencia nominal y efectiva de las centrales generadoras de fuentes no renovables en el Ecuador.

Tabla 2.2: Potencia nominal y efectiva de las centrales (no renovables)

Tipo Fuente	Tipo de Central	Tipo de Unidad	Potencia Nominal (MW)	Potencia Efectiva (MW)
No Renovable	Térmica	MCI	2.005,43	1.611,63
		Turbogás	1.118,85	969,43
		Turbovapor	461,87	422,74
Total No Renovable			3.586,14	3.003,80
Total			8.226,42	7.606,88

Fuente: (ARCONEL, 2016)

2.1.3 Energía térmica

Una planta generadora de energía térmica comprende un motor primario térmico y un generador de gas sobrealimentado para generar gas productor de carbón que, después de la separación de cenizas volantes y azufre, sirve como combustible para la planta de energía.

Un grupo de carga para el generador de gas consiste en compresor de aire acoplado y unidades de turbina de gas, la unidad compresora proporciona aire comprimido para operar el generador de gas sobrealimentado y la unidad de turbina de gas impulsada por gas productor no quemado desde la salida del generador de gas sobrealimentado, y un colector de polvo seco para la ceniza volante se incorpora en la trayectoria del flujo del gas productor ya sea delante de la turbina de gas de carga o justo después de la primera fila de su paleta en movimiento.

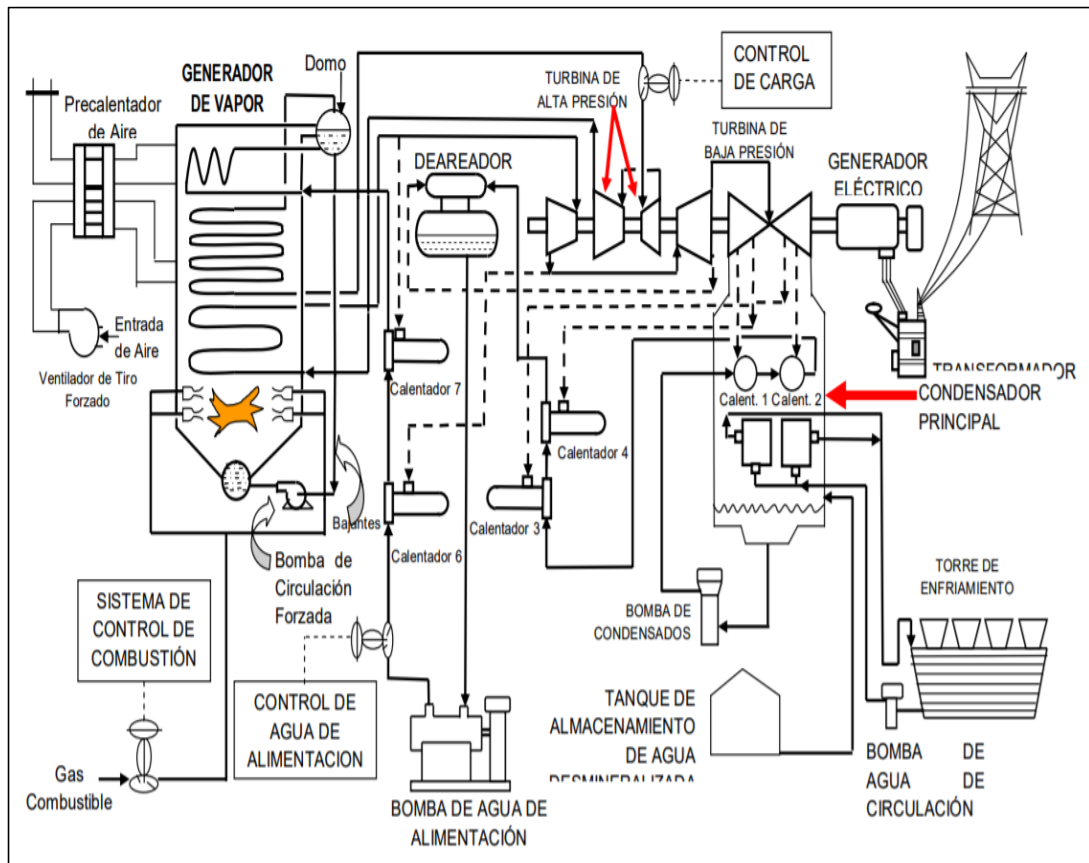


Figura 2.7: Proceso de generación de una central térmica y sus partes

Fuente: ("Greenpeace", 2010)

La generación térmica se caracteriza por tener distintos tipos de fuentes de alimentación para producir energía, y de eso depende el tipo de operación tal como se muestra en la tabla 2.3.

Tabla 2.3: Tipos de fuente de alimentación de las termoeléctricas y sus características

Tipo de fuente de alimentación	Patrón operacional	Características
Energía térmica alimentada a carbón	Operación de carga base	La energía térmica a carbón se genera las 24 horas y la producción es constante. No se puede ajustar para responder a las variaciones de la demanda de energía.
Energía térmica alimentada con GNL	Operación de carga de base a media	Estas fuentes de energía pueden responder con flexibilidad a las fluctuaciones diarias de la demanda de energía eléctrica. Operan durante el día, se detienen en la noche y repiten este patrón a diario.
Potencia térmica a fuel oil	Operación de carga media a pico	Estas fuentes de energía se pueden ajustar para acomodar picos en la demanda de electricidad. Se operan principalmente en verano e invierno durante los períodos de alta demanda. De lo contrario, permanecen en modo de espera y están listos para ejecutarse en cualquier momento para proporcionar energía de reserva cuando la demanda aumenta inesperadamente.

Elaborado por: Autor.

2.2 Producción de energía eléctrica y su impacto ambiental

En la actualidad, la constante evolución de la tecnología a nivel mundial y al uso desmedido de la energía eléctrica, ha provocado el aumento de emisiones de CO₂ y otros gases contaminantes a la atmósfera, hecho generado un considerable impacto medioambiental.

En el Ecuador, se tiene como principal fuente de generación la energía Hidráulica, la cual aporta aproximadamente en un 58% de energía al S.N.I, lo cual es un aspecto positivo, ya que este tipo de energía posee un mínimo impacto ambiental, respecto de otros tipos de generación.

Tabla 2.4: Producción de energía bruta por tipo de energía

Tipo Energía	Tipo de Central	Energía Bruta	
		GWh	%
Renovable	Hidráulica	15.833,84	57,97
	Eólica	83,96	0,31
	Fotovoltaica	38,75	0,14
	Térmica Biogás	12,88	0,05
	Térmica Biomasa	476,52	1,74
Total Renovable		16.445,95	60,21
No Renovable	Térmica MCI	6.301,00	23,07
	Térmica Turbogás	2.762,20	10,11
	Térmica Turbovapor	1.804,70	6,61
Total No Renovable		10.867,91	39,79
Total		27.313,86	100,00

Fuente: (ARCONEL, 2016)

En la tabla 2.4 se muestran los valores de consumo de energía bruta que se genera en el Ecuador, la cual se mide en GWh, que es la unidad de potencia (Giga-Watt) por unidad de tiempo (hora), y también los valores porcentuales que aportan cada tipo de centrales tanto de fuentes renovables como no renovables.

Mientras que en la figura 2.8 se puede observar las curvas de demanda por cada grupo o tipo de consumidor, donde se puede analizar el consumo en las diferentes horas del día.

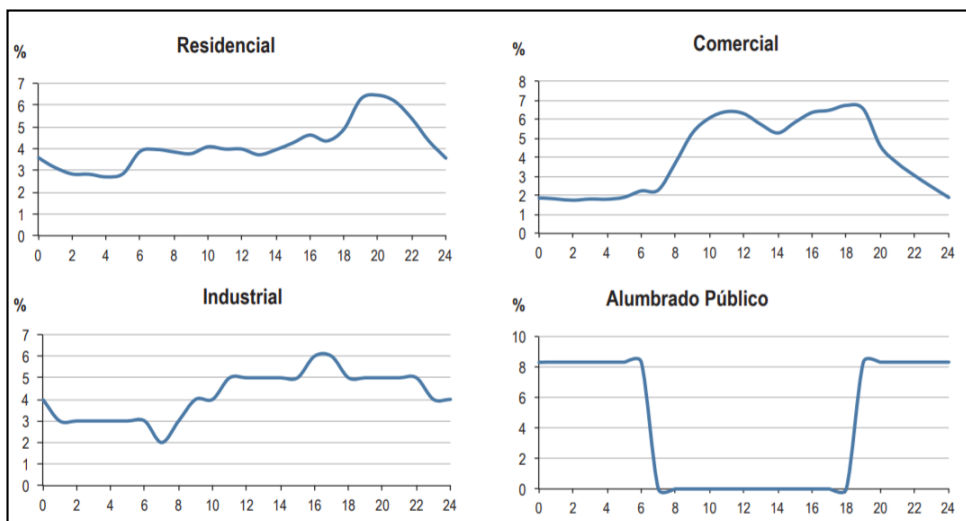


Figura 2.8: Curvas de demanda típicas por grupo de consumo.

Fuente: (ARCONEL, 2016)

2.2.1 Impacto ambiental de las eléctricas

Toda forma de producir energía eléctrica, significa un impacto en el medioambiente, algunos mínimos y otros muy considerables. Por eso existen diferentes tipos de centrales de generación, como por ejemplo la hidráulica, la cual si bien es cierto no emite gases de efecto invernadero al ambiente, pero si provoca un impacto geológico por las modificaciones que se deben realizar al momento de su construcción. Y este es solo un ejemplo, por otro lado, existen otros tipos de centrales que emiten niveles altos de gases de efecto invernadero como las térmicas de MCI o motores de combustión interna, las cuales utilizan el diésel como combustible para mediante un proceso termodinámico generar energía eléctrica.

Tabla 2.5: Particularidades de los sistemas de generación de energía eléctrica en el Ecuador

Tecnología	Costos fijos (USD/kW)	Costos variables (ctvs.USD/kWh)	Régimen óptimo de funcionamiento (horas a plena potencia/año)	Costo total de operación (USD/kW)	Emisiones
Hidráulica	192,93	0,20	8.760	210	No emite
Gas Natural	81,34	3,92	3.000	199	Niveles moderados de CO ₂ y reducidos de SO ₂ , NO ₁
Fuel Oil	131,96	4,28	1.500	196	Niveles altos de CO ₂ , SO ₂ , NO ₁
Geotérmica	100,00	0,70	8.760	161	No emite
Eólica	101,31	5,00	1.910	197	No emite
Diésel	170,00	9,48	250	194	Niveles altos de CO ₂ , SO ₂ , NO ₁

Fuente:(ARCONEL, 2016)

En la tabla 2.5 se detallan algunas de las características principales de la generación de energía eléctrica en el Ecuador, por el tipo de tecnología utilizada, los costes que conlleva su operación anual y las emisiones de gases de efecto invernadero que estas producen.

Tabla 2.6: Gases de efecto invernadero emitidos por las termoelectricas en el Ecuador

GASES DE EFECTO INVERNADERO	TOTAL		
	10 ³ kg	TEQ CO ₂	10 ³ TEQ CO ₂
Dióxido de Carbono (CO ₂)	7.059.456,57	7.059.456,57	7.059,46
Metano (CH ₄)	228,09	4.789,96	4,79
Óxido Nitroso (N ₂ O)	45,62	1.4141,78	14,14
Total en Miles de Toneladas Equivalentes de CO₂			7.078,39

Fuente:(ARCONEL,2016)

Mientras que en la tabla 2.6 se muestran los datos de las toneladas equivalentes de CO₂ y otros gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera por la generación termoeléctrica en el Ecuador.

2.2.2 Análisis del ciclo de vida

Hay muchos métodos disponibles para evaluar los impactos ambientales de los materiales y componentes dentro del sector de la construcción. Si bien son adecuados hasta cierto punto para un propósito particular, tienen desventajas. El análisis del ciclo de vida es una metodología para evaluar las cargas ambientales de procesos y productos durante todo su ciclo de vida. La evaluación incluye todo el ciclo de vida de un producto, proceso o sistema que abarca la extracción y el procesamiento de materias primas; fabricación, transporte y distribución; uso, reutilización, mantenimiento, reciclaje y disposición final (Khasreen, Banfill, & Menzies, 2009).

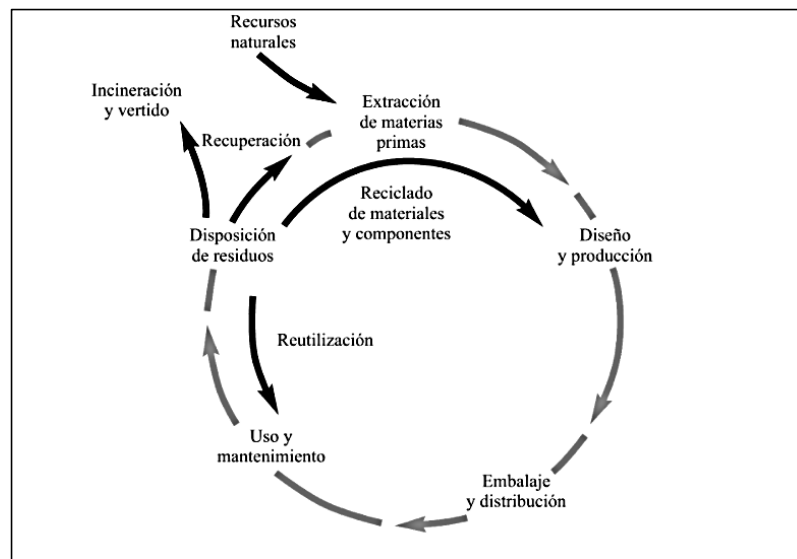


Figura 2.9: Ciclo de la vida de un producto

Fuente: (Khasreen et al., 2009)

Un ejemplo claro para el análisis del ciclo de vida, se da muy detalladamente en la generación de energía biomasa, la cual cumple estrictamente los pasos del ciclo de vida de un producto, la cual consiste en la extracción de la materia prima, que en el caso de la biomasa serían los desechos orgánicos, luego son sometidos a un proceso de disposición de

residuos los cuales son los que van a servir para su quema, y producción final de la energía mediante un proceso termodinámico.

Cuando de eficiencia se trata, se deben considerar desde el punto de generación de la energía, el transporte de la misma y por último el consumo, ya que esta se realiza a diferentes niveles de voltaje, siempre procurando disminuir las pérdidas de energía y así poder brindar un servicio de calidad, el cual sea confiable para el consumidor final, en todos los grupos de consumo.

Actualmente nuestro país se encuentra en un crecimiento acelerado de su población, hecho que nos ha llevado a fortalecer nuestro sistema eléctrico, con la construcción de nuevas centrales de generación y la repotenciación de otras con la finalidad de tener un sistema eléctrico eficiente.

Ahora, con respecto al consumo, es el punto crítico de nuestra red eléctrica global, ya que al no encontrarse constantemente y estrictamente regulados, están sujetas a provocar desbalances en la red eléctrica, por ejemplo, la gran cantidad de usuarios que presentan un bajo factor de potencia.

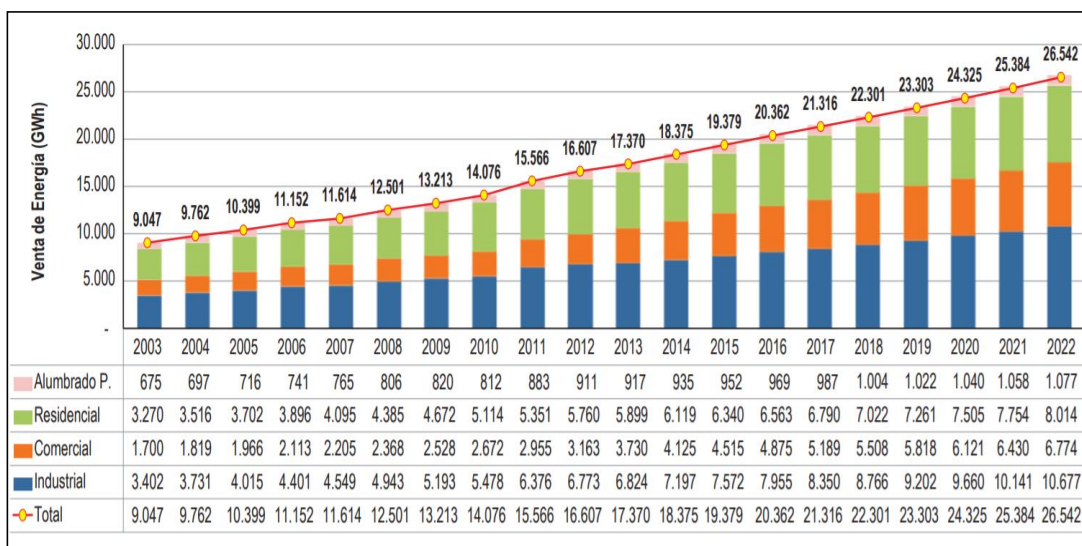


Figura 2.10: Evolución y proyección de facturación de energía eléctrica por consumidor
Fuente: (ARCONEL, 2016)

En la gráfica presentada en la figura 2.10 se puede observar como la demanda de energía del Ecuador se encuentra en crecimiento en todos los grupos de consumo.

Tabla 2.7: Porcentaje por tipo de consumidor en Guayaquil

TIPO	CONSUMO [MWh]	PORCENTAJE
RESIDENCIAL	1'166.449,37	32%
COMERCIAL	949.935,05	26%
INDUSTRIAL	1'507.211,38	42%
TOTAL	3'623.595,8	100%

Fuente: Galarza Chacón, L. (2013)

Según la tabla 2.7 el mayor consumo en [MWh], en la ciudad de Guayaquil, la generan las industrias con un 42% del total, seguido del sector residencial que posee un 32%, teniendo como menor consumidor al sector comercial que consume aproximadamente un 26%.

Estos datos claves, nos dan las pautas para determinar los lugares en los que se debe considerar una auditoría energética, ya que muy probablemente existan varias negligencias en sus instalaciones las cuales están provocando que su consumo no sea lo más eficiente posible.

2.3 Eficiencia energética y sus características

La eficiencia energética a nivel general se considera como el uso adecuado de la energía, esto aplica tanto para usuarios, como para los equipos que utilizan energía eléctrica para realizar un trabajo, esta eficiencia está en función de la energía útil requerida y la que se encuentra utilizando, la cual, generalmente es mayor. En la figura 2.11 se describen los beneficios que trae consigo la eficiencia energética.



Figura 2.11: Beneficios de la eficiencia energética

Fuente: (ETHOS, 2017)

Además se dice que un sistema eléctrico es eficiente cuando las pérdidas de energía son mínimas, para ello se deben presentar las siguientes características:

- Calidad del suministro
- Gestión de la demanda
- Gestión técnica

2.3.1 Calidad del suministro

El suministro de energía eléctrica debe ser óptimo, es decir, el flujo de energía debe ser constante y sin perturbaciones en la red, para garantizar la seguridad de las instalaciones de los usuarios finales.

Entre los principales factores que afectan a la calidad del suministro de energía eléctrica se tiene:

- Distorsión de onda de frecuencia
- Interrupciones del suministro
- Variaciones de voltaje
- Fenómenos transitorios

2.3.2 Gestión de la demanda

La gestión de la demanda considera una reducción en el consumo de energía eléctrica, mediante su ejecución manual en el uso de los equipos, es decir, utilizar los equipos de acuerdo a las necesidades existentes en un determinado momento; o también mediante sistemas automáticos, los cuales a través de sensores y sistemas de medición de la energía comandan el sistema, ajustando el consumo de energía de acuerdo a la demanda requerida.

2.3.3 Gestión técnica

La gestión técnica, se trata de tener una persona o grupo de personas los cuales, lleven un control periódico de las instalaciones eléctricas, para corroborar los datos reportados por los sistemas de medición, así como también evitar averías en la red, mediante la ejecución de mantenimientos.

2.4 Indicadores de eficiencia energética

En el Ecuador, posee aproximadamente 20 GWh de potencia instalada para abastecer al Sistema Nacional Interconectado, según datos del ARCONEL hasta el año 2012. Los cuales se distribuyen por todo el país desde las generadoras, transporte o transmisión, hasta su distribución final. Pero a lo largo del tendido de la red el sistema pierde una cantidad considerable de su energía, ya sea por perturbaciones en la propia red o simplemente por efecto Joule.

De acuerdo a la figura 2.12 que se ilustra a continuación, se observa la capacidad total instalada y su crecimiento anual, así como también la proporción global de las pérdidas en desde su transporte hasta la disposición final de los consumidores desde año 2003 hasta el 2012.

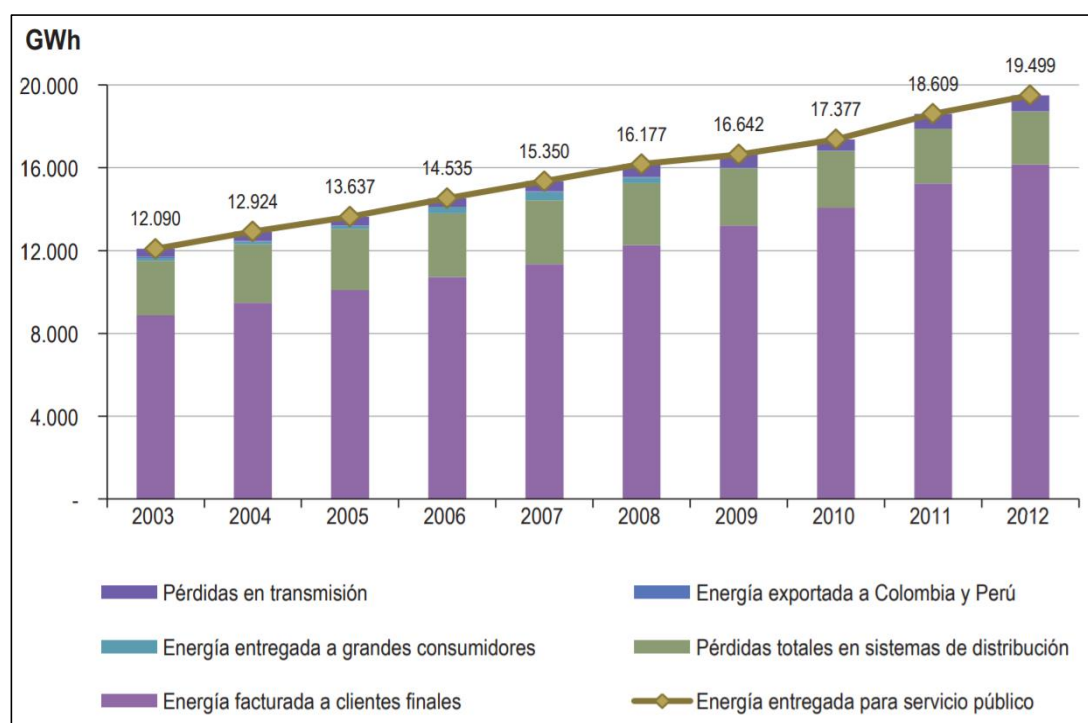


Figura 2.12: Capacidad instalada de generación hasta el año 2012

Fuente: (ARCONEL, 2016)

Como se observa, las pérdidas en transmisión son mínimas, mientras que la mayor cantidad de energía perdida se produce a nivel distribución, motivo por el cual es el punto a atacar para reducir el desperdicio de energía.

2.5 Pérdidas de energía a nivel distribución

Para que un sistema eléctrico pueda ser llamado eficiente, no debe reducir al mínimo su consumo, sino reducir al máximo sus pérdidas. Existen dos tipos de pérdidas de energía eléctrica que son:

- Pérdidas no técnicas: Son consideradas pérdidas comerciales, ya que no es una pérdida real de la energía, ya que es consumida, pero no es contabilizada por la empresa. Y esto se debe a robo o contrabando de energía o por desperfecto del aparato de medición.
- Pérdidas técnicas: Es la energía que se desaprovecha, o se pierde a lo largo de la red de distribución, la cual no es consumida, ya sea por bajo factor de potencia, uso de equipos de baja eficiencia o por calentamiento de los conductores por el efecto joule.

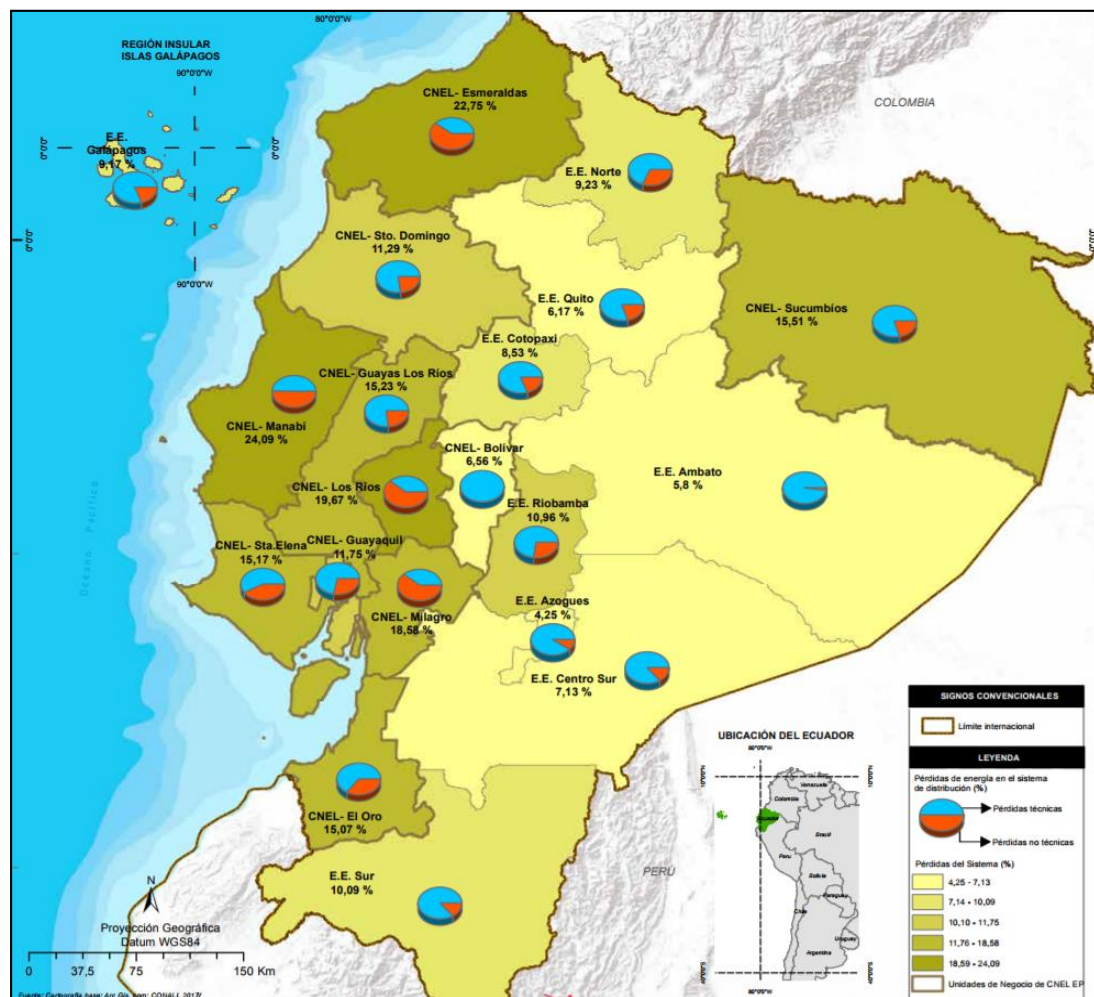


Figura 2.13: Pérdidas de energía en la red de distribución por empresa distribuidora
Fuente: (ARCONEL, 2016)

En la figura 2.13 se ilustra el mapa del Ecuador, con los porcentajes de pérdidas totales de energía eléctrica por empresa distribuidora, donde se observa que CNEL-Manabí es la que presenta el mayor porcentaje de pérdidas en la distribución de energía eléctrica con un 24,09%, seguido de CNEL-Esmeraldas con un 22,75% de pérdidas, mientras que por otro lado la E.E Azogues tiene la menor cantidad de pérdidas con un 4,25%. Cabe recalcar que estos porcentajes están en función de las pérdidas por empresas distribuidoras, esto no significa que sean las empresas que pierden mayor cantidad de GWh, ya que eso depende de la capacidad máxima instalada en cada una de las empresas, como si se ilustra en la figura 2.14.

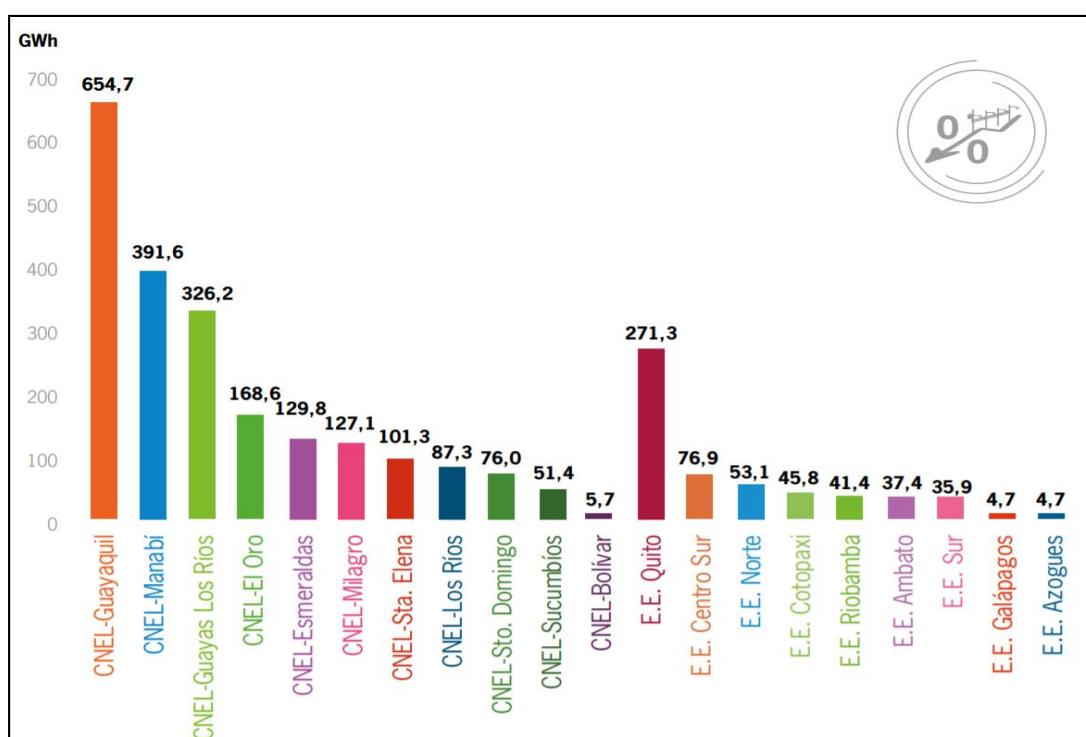


Figura 2.14: Pérdidas de energía en (GWh) por empresa distribuidora

Fuente: (ARCONEL, 2016)

Como se observa en la figura 2.14, la empresa que mayores pérdidas de energía le representa al país es CNEL-Guayaquil con 654,7 GWh, seguido de CNEL-Manabí con 391,6 GWh, y de CNEL- Guayas Los Ríos con 326,2 GWh, mientras que la E.E Quito posee 271,3 GWh de pérdidas.

Como es de conocimiento general, las conexiones a nivel de distribución generalmente son radiales, es decir que la potencia proviene del mismo nodo

o subestación. Las subestaciones entregan potencia a todos los grupos de consumo desde el residencial hasta el industrial, de ahí que proviene el problema con el bajo factor de potencia, ya que los consumidores industriales tienden a expandirse y esto los lleva a aumentar su carga.

Generalmente, el sistema de distribución en el Ecuador está a nivel de M/T con el fin de satisfacer a todos los grupos consumidores, especialmente a los industriales, los cuales por lo general poseen acometidas a nivel de M/T, mientras que el consumidor comercial o residencial habitualmente posee acometida a nivel de B/T. Los usos finales entre grupos de consumidores son de naturalezas diferentes, esto supone un desbalance en el sistema el cual se ve afectado por interrupciones o apagones que ponen en riesgo los equipos que no estén debidamente protegidos.

Una manera de sintetizar el proceso para llegar a tener un sistema eléctrico más eficiente se esquematiza en la la ilustración de la figura 2.15 mediante una pirámide invertida.



Figura 2.15: Pirámide del proceso jerárquico de la eficiencia energética
Elaborado por: Autor.

CAPÍTULO 3

CONSIDERACIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS

3.1 Transferencia de calor

Los edificios son grandes consumidores de energía en todos los países. En regiones con duras condiciones climáticas, una parte sustancial de la energía se destina a calentar y refrigerar edificios. Esta carga de calefacción y aire acondicionado puede reducirse por muchos medios; Entre ellos destaca el diseño y la selección adecuados de la envolvente del edificio y sus componentes (Al-Homoud, 2005).

3.1.1 Aislamiento térmico del edificio

Los aislamientos térmicos son materiales o combinaciones de materiales que se usan principalmente para suministrar resistencia al flujo de calor. La mayoría de materiales más conocidos son heterogéneos, los cuales tienen baja conductividad térmica y contienen bolsas de aire. Esto no es sorprendente, ya que el aire tiene una de las conductividades térmicas más bajas y se dispone de él con facilidad. La diferencia de temperatura es la fuerza impulsora para el flujo de calor; entre mayor sea esa diferencia, más grande es la razón de la transferencia de calor (Al-Homoud, 2005).



Figura 3.1: Edificio con envolvente de material reflexivo.
Fuente: (Arelux, 2017)

La magnitud del ahorro de energía como resultado del uso del aislamiento térmico varía según el tipo de edificio, las condiciones climáticas en las que se encuentra el edificio y el tipo de material aislante utilizado. La pregunta ahora en la mente de muchos propietarios de edificios ya no es el uso del aislamiento sino más bien el tipo, cómo y cuánto (Al-Homoud, 2005).

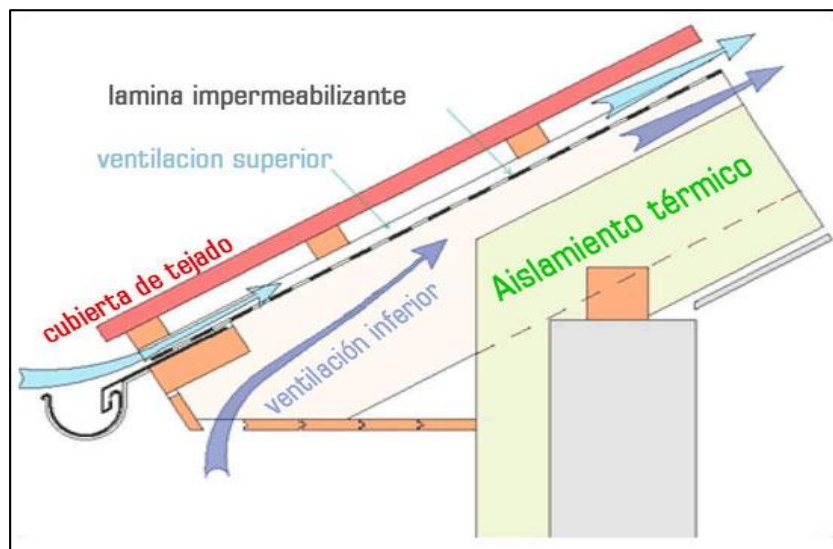


Figura 3.2: Uso recomendable de aislamiento térmico en cubiertas.
Fuente: (Aislafiber, 2013)





































































En la figura 3.2 se ilustra una cubierta con sistema de ventilación natural, donde se observa que el aire ingresa entre las dos capas que componen la cubierta, la cual contiene en el techo una capa de material impermeable el cual protege de las lluvias, y además de un aislamiento térmico interno el cual favorece al edificio por la reducción de la transmisión de calor.

3.1.2 Envoltente térmica

Se denomina envoltente térmica a la sumatoria de todos los cerramientos, comportamientos interiores por los que la edificación puede captar o disipar calor.

La envoltente térmica de la edificación está compuesta por los elementos del cerramiento que aíslan los ambientes interiores de zonas exteriores no climatizadas. A continuación en la tabla 3.1 se describen algunos materiales aislantes por el tipo de soporte y niveles de resistencia al calor.

Tabla 3.1: Tipos de aislantes, por tipo de soporte y niveles de resistencia

		 Térmica	 Acústica	 Condensación	 Techo y cubierta	 Suelo	 Muros	 Tabiques
Poliestireno extrusionado		****						
Aislamiento reflectante		*****						
Fibra de vidrio	 	***					 	 
Lana de roca	 	***					 	 
Cáñamo		**						
Viruta de madera		***						
Poliuretano		*						
Telas asfálticas	 	*					 	 
Corcho		**						

Fuente: (Merlin, 2017)

En sistemas de climatización, el proceso fundamental es la transferencia de calor, que básicamente es un proceso termodinámico capaz de realizar cambios de temperatura de un cuerpo a otro. Como ejemplos de dispositivos o aparatos que realizan este proceso se tienen: las calderas, los intercambiadores de calor, radiadores, refrigeradores, colectores solares, entre otros.

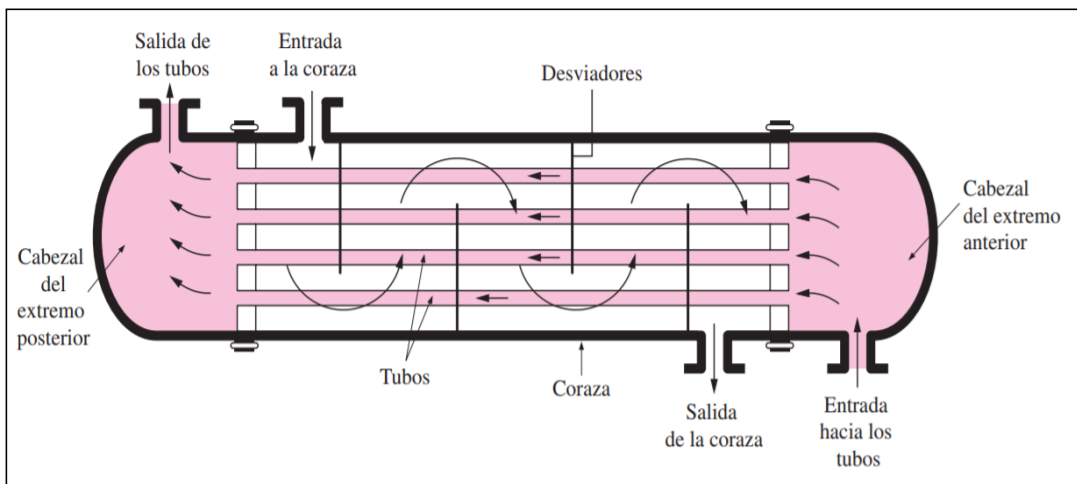


Figura 3.3: Esquema de un intercambiador de calor de coraza

Fuente: (Kreith, Manglik, & Bohn, 2012)

Como se conoce que el calor es una forma de energía capaz de ser transferida, también se debe conocer las formas en la que esta se transfiere, y es de las siguientes maneras: conducción, convección y radiación.

3.1.3 Transferencia de calor por conducción

La conducción es la transferencia de energía de las partículas más energéticas de una sustancia hacia las adyacentes menos energéticas, como resultado de interacciones entre esas partículas. La conducción puede tener lugar en los sólidos, líquidos o gases. En los gases y líquidos la conducción se debe a las colisiones y a la difusión de las moléculas durante su movimiento aleatorio. En los sólidos se debe a la combinación de las vibraciones de las moléculas en una retícula y al transporte de energía por parte de los electrones libres. (Kreith et al., 2012).

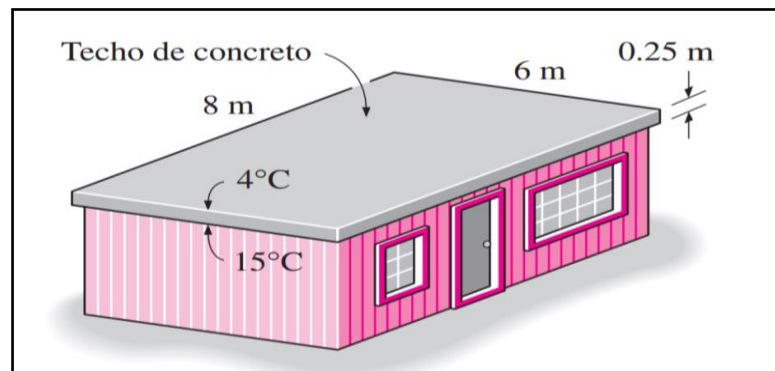


Figura 3.4: Esquema de conducción de calor en una casa.

Fuente: (Çengel, 2007)

En el gráfico presentado en la figura 3.4 se observa una vivienda en la cual se encuentran interactuando dos valores diferentes de temperatura debido que el interior tiene la presencia de un sistema de calefacción y la exterior está a temperatura ambiente, donde se tiene una cubierta de concreto la cual hace la función de aislante térmico.

A continuación en la tabla 3.2 se presentan algunos de los materiales más comunes y sus conductividades térmicas a temperatura ambiente dadas en ($W/m \cdot ^\circ C$).

Tabla 3.2: Conductividades térmicas de algunos materiales a la temperatura ambiente

Conductividades térmicas de algunos materiales a la temperatura ambiente	
Material	k, W/m · °C*
Cobre	401
Aluminio	237
Hierro	80.2
Vidrio	0.78
Ladrillo	0.72
Agua	0.607
Piel humana	0.37
Madera (roble)	0.17
Fibra de vidrio	0.043
Aire	0.026
Uretano, espuma rígida	0.026

Fuente: (Çengel, 2007)

3.1.4 Transferencia de calor por convección

La convección es el modo de transferencia de energía entre una superficie sólida y el líquido o gas adyacentes que están en movimiento y comprende los efectos combinados de la conducción y el movimiento de fluidos. Entre más rápido es el movimiento de un fluido, mayor es la transferencia de calor por convección. En ausencia de cualquier movimiento masivo de fluido, la transferencia de calor entre una superficie sólida y el fluido adyacente es por conducción pura (Çengel, 2007).

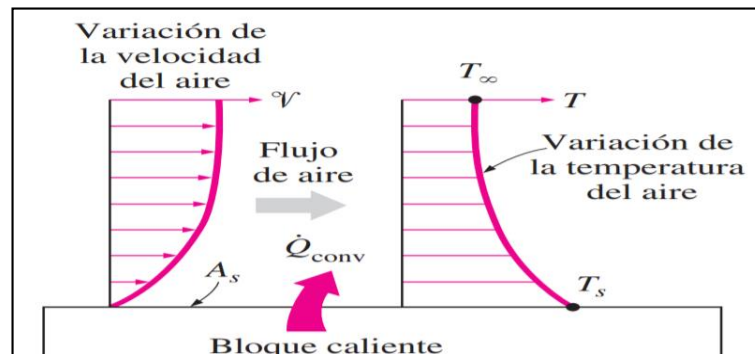


Figura 3.5: Transferencia de calor por convección.

Fuente: (Çengel, 2007)

3.1.5 Transferencia de calor por radiación

La radiación es un fenómeno volumétrico y todos los sólidos, líquidos y gases emiten, absorben o transmiten radiación en diversos grados. Sin embargo, la radiación suele considerarse como un fenómeno superficial para los sólidos que son opacos a la radiación térmica, como los metales, la madera y las rocas, ya que las radiaciones emitidas por las regiones interiores de un material de ese tipo nunca pueden llegar a la superficie, y la radiación incidente sobre esos cuerpos suele absorberse en unas cuantas micras hacia adentro de dichos sólidos (Çengel, 2007).

Un ejemplo evidente de la radiación en una edificación es la que emiten las personas que de acuerdo a la cantidad de ocupantes y la actividad que se encuentren cumpliendo en un determinado momento, se convierte en una carga térmica significativa para el edificio. En tabla 3.3 se muestran la radiación emitida en watts en diferentes actividades de acuerdo a la temperatura del lugar.

Tabla 3.3: La radiación emitida por un ser humano en watts

Cuadro De actividad	28 °C		27°C		26°C		24°C	
	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente
Sentado en reposo	52	52	58	47	64	41	70	30
Sentado trabajo ligero	52	64	58	58	64	52	70	47
Personas de pie	52	81	58	87	64	81	76	70
Personas que pasean	52	93	58	87	64	81	76	70
Persona que camina	64	186	70	180	81	169	99	151

Fuente: (Çengel, 2007)

3.2 Características operativas de sistemas HVAC

El servicio de sistemas HVAC o por sus siglas en inglés (Heating, Ventilating and Air Conditioning) cubre la circulación del aire, el control de la temperatura y el control de humedad. Las necesidades de ventilación y aire acondicionado varían ampliamente dependiendo de los requisitos del ambiente interior. En consecuencia, existe una variedad de sistemas HVAC.

El compresor (1) presuriza un refrigerante gaseoso, este se calienta durante este proceso. Los ventiladores soplan el aire a través del gas presurizado caliente, a la bobina del condensador (2); el gas refrigerante se enfría y se condensa en un líquido. El líquido presurizado se transporta por tubos a la unidad de control de aire. Entra en una válvula reguladora o de expansión (3), donde se expande y se enfría. El líquido frío circula a través de bobinas del evaporador (4), se sopla aire interior a través de las bobinas y se enfría mientras que el refrigerante se calienta y se evapora. Se sopla el aire enfriado a través de la canalización. El refrigerante, que ahora es un gas, vuelve a la unidad exterior donde se repite el proceso.

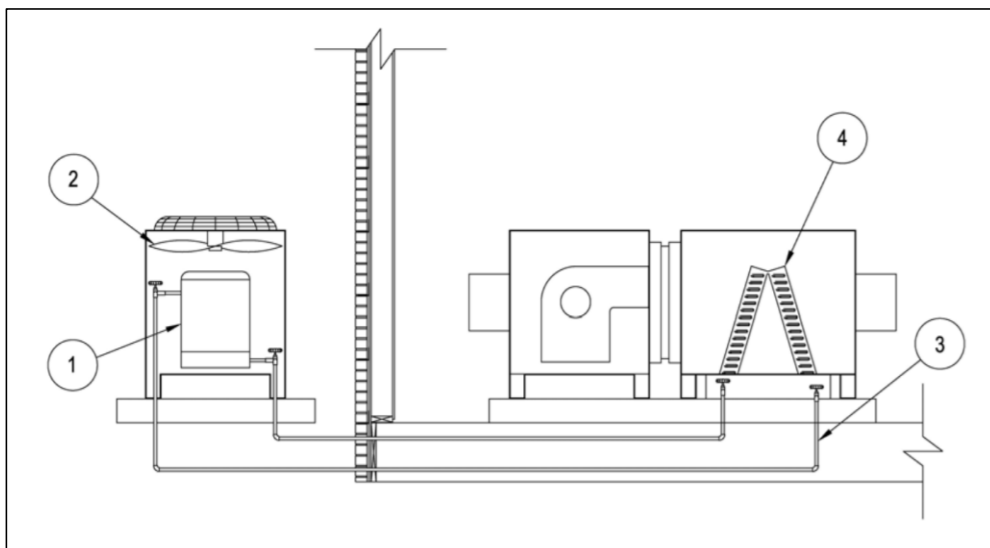


Figura 3.6: Componentes principales de un sistema HVAC
Fuente: ("HVAC", 2017)

La mayoría de los sistemas de aire tienen un sistema de conductos que proporcionan calor o frío a todas las zonas. Los sistemas de un solo conducto HVAC se pueden dividir en los siguientes:

- Los sistemas de una sola zona son el sistema de aire más simple ya que entregan un volumen constante de aire con la misma temperatura a toda la instalación. Se usan comúnmente, por ejemplo, en grandes almacenes, espacios industriales y auditorios.
- Los sistemas de volumen variable de aire (VAV) permiten controlar la temperatura individualmente en zonas separadas. Son ampliamente utilizados en grandes edificios.
- El recalentamiento se logra al agregar bobinas a ambos sistemas anteriores para permitir el acondicionamiento individualmente en cada zona. Se utilizan en espacios con requisitos de humedad precisos, como museos y algunos procesos industriales.
- Los sistemas multizona tienen un conducto dedicado directamente conectado con la unidad de transporte del aire que suministra aire acondicionado de forma independiente a cada zona. Son casi obsoletos, excepto en pequeños edificios con pocas zonas y distancias cortas de conducto.

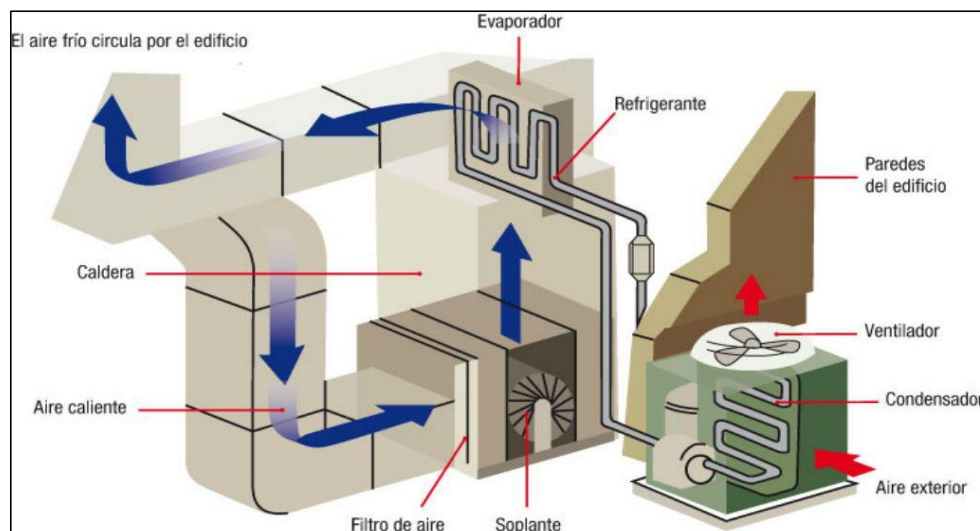


Figura 3.7: Componentes de una central de climatización
Fuente: (Graña, 2016)

3.2.1 El compresor y las funciones que cumple

Los compresores son una de las partes más importantes del ciclo de refrigeración. El compresor comprime el refrigerante, que fluye al

condensador, donde se enfría. Luego se mueve a la válvula de expansión, y el evaporador es finalmente succionado por el compresor. Para el correcto funcionamiento del ciclo de refrigeración, el refrigerante debe comprimirse a la presión correspondiente a la temperatura de saturación más alta que la temperatura del aire o agua naturalmente disponible. Es la función crucial que realiza el compresor. La compresión del refrigerante a la presión adecuada asegura su adecuada condensación y circulación durante todo el ciclo. La capacidad de refrigeración o aire acondicionado depende completamente de la capacidad del compresor.

Hay varios tipos de compresores utilizados en las máquinas de refrigeración y aire acondicionado, estos son:

- **Compresores recíprocos:** uno de los tipos más utilizados de compresores de refrigeración. Tienen una disposición de pistón y cilindro como el motor del automóvil. El movimiento alternativo del pistón debido a la potencia externa comprime el refrigerante dentro del cilindro. Hay tres tipos de compresores recíprocos: herméticamente sellados, semi-herméticamente sellados y abiertos. La apertura de los compresores alternativos puede ser del tipo de un solo cilindro o de varios cilindros.
- **Compresores de tornillo:** Los compresores de tornillo forman parte del par de tornillos de engrane entre los que se comprime el refrigerante. Pueden producir alta presión para pequeñas cantidades de gas. Consumen menos energía que los compresores recíprocos y se usan ampliamente.
- **Compresores rotativos:** Tienen dos elementos giratorios, como engranajes, entre los cuales se comprime el refrigerante. Estos compresores pueden bombear el refrigerante a presiones de condensación más bajas o más moderadas. Como pueden manejar un volumen pequeño del gas y producir menos presión, se usan en pocas aplicaciones.
- **Compresores centrífugos:** Los compresores centrífugos forman parte del impulsor o el soplador que puede manejar grandes cantidades de

gas, pero a una presión de condensación relativamente más baja. Es adecuado para trabajar con refrigerantes como R-11, R-113, etc.

- **Compresores Scroll:** Este compresor tiene un desplazamiento o espiral en órbita en el camino definido por un desplazamiento fijo correspondiente. El rolo fijo está unido al cuerpo del compresor. El rolo en órbita se acopla al cigüeñal en órbita en lugar de girarse. El movimiento orbital crea una serie de bolsas de gas que viajan entre los dos rollos. En la parte exterior del rolo, el bolsillo extrae gas, luego muévelo al centro del rolo donde se descarga. A medida que el gas se mueve en el bolsillo interior cada vez más pequeño, la temperatura y la presión aumentan a la presión de descarga deseada.

3.2.2 Tipos de condensadores y su funcionamiento

El propósito de un condensador en el ciclo de refrigeración por compresión es cambiar el gas caliente que se descarga desde el compresor a un líquido preparado para su uso en el evaporador. El condensador logra esta acción mediante la eliminación de suficiente calor del gas caliente, para asegurar su condensación a la presión disponible en el condensador. El calor se desplaza a otro medio, como agua o aire, para enfriar el condensador.

Los condensadores se clasifican por su método de enfriamiento se clasifican en tres grupos principales ilustradas en la figura 3.8:

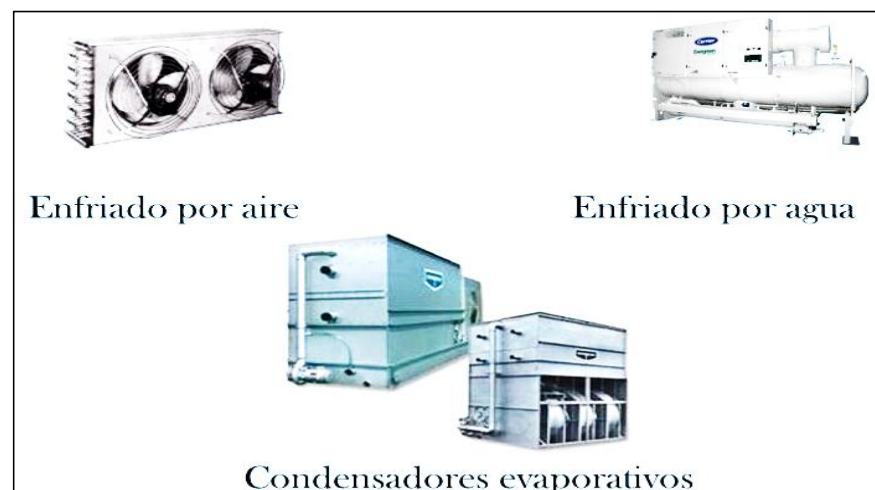


Figura 3.8: Tipos de condensadores

Fuente:(Galdames, 2014)

- Condensadores refrigerados por aire: Un condensador enfriado por aire consiste en una bobina de amplia superficie que un ventilador sopla al aire o es inducida por corriente natural. Este tipo de condensador se usa universalmente en unidades de refrigeración de pequeña capacidad y está diseñado principalmente para aires acondicionados residenciales o de oficinas pequeñas.
- Condensadores refrigerados por agua: Un condensador refrigerado por agua es similar a una especie de desastre similar, ya que el descubrimiento se logra solo con agua que circula a través de tubos o bobinas encerrados dentro de un caparazón. En un condensador enfriado por agua, el refrigerante circula por todo el espacio anular entre los tubos. Debido a su construcción, un condensador enfriado por agua también se conoce como condensador de doble tubería.
- Condensadores combinados de aire y agua: Este tipo de condensador también se conoce como un condensador evaporativo y consiste en una bobina creada por agua rociada desde arriba y luego entra aire frío desde el fondo y se sopla a través de las bobinas. A medida que el agua se evapora de la bobina, crea un efecto sorprendente que condensa el refrigerante dentro de la bobina.

3.2.3 Características de los evaporadores y sus tipos

Los evaporadores básicamente realizan una transferencia de calor que se sitúa en las bobinas o serpentines del evaporador, la cual se encuentra en la mitad interior de su sistema de climatización. A medida que el refrigerante se evapora en los serpentines, actúa como un disipador de calor para el aire que se mueve a través de él desde ventilador. El cobre conduce el calor fácilmente, por lo que las bobinas que contienen el refrigerante suelen estar hechas de este metal.

Para maximizar el área de superficie y proporcionar más potencia de enfriamiento, las bobinas de cobre tienen aletas metálicas o paletas que las rodean. En un sistema de bomba de calor dual o híbrido, las mismas bobinas

que actúan como sitios de evaporación en el verano para enfriar su casa se convierten en sitios de condensación en el invierno para proporcionar calor.

3.2.4 Función de los filtros de aire

Un filtro de aire generalmente está hecho de un material de fibra de vidrio hilado o de papel plisado o tela encerrada en un marco de cartón. Su función básica es limpiar el aire que circula a través de su sistema de calefacción y refrigeración. Los filtros atrapan y retienen muchos tipos de partículas y contaminantes que podrían afectar su salud y comodidad, incluyendo:

- Polvo y suciedad
- Fibras y pelusa
- Partículas de metal, yeso o madera
- Pelo y pieles de animales
- Bacterias y microorganismos

La eficiencia y el rendimiento del filtro a menudo se indican mediante el valor de informe de eficiencia mínimo de los filtros, o calificación MERV. Los valores MERV estándar varían de 1 a 16, y el número sirve como indicador de qué tan bien el filtro eliminará el material del aire. Los números MERV más altos indican una mejor filtración como se muestra en la figura 3.9.

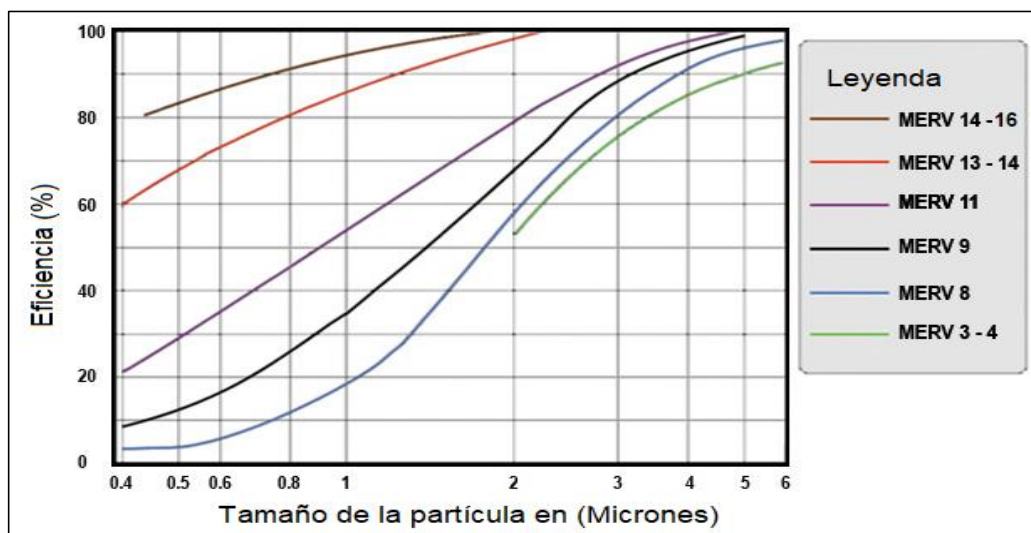


Figura 3.9: Calificación tipo MERV según el tamaño de las partículas
Fuente: (Liévanos & Romo, 2017)

- MERV 1-4: estos son filtros estándar comunes que proporcionan un nivel básico de filtración a bajo costo.
- MERV 6-8: estos filtros proporcionan una buena filtración y se usan comúnmente en entornos residenciales. A menudo están hechos de tela plisada o papel para proporcionar más superficies para capturar partículas.
- MERV 9-12: Los filtros de rango medio como estos son de una calidad relativamente alta y pueden capturar partículas muy pequeñas de 1 micra o más.
- MERV 13-16: estos filtros de alta eficiencia son los mejores filtros estándar disponibles. Pueden eliminar partículas muy pequeñas de 0.3 micras o más.

3.2.5 Función del refrigerante y sus características

En el ciclo de refrigeración el refrigerante cumple la función de absorber el calor del recinto que se desea climatizar, para luego liberarlo en un lugar donde no es objetable. Esto se logra evaporando, comprimiendo, condensando y repitiendo este ciclo.

De acuerdo a lo que indica el ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers) y las indicaciones de la EPA (Environmental Protection Agency) los tipos de refrigerantes reconocidos para la utilización en sistemas de climatización son:

- Derivados halogenados saturados (CFC, HCFC, HFC, PFC y Halones)
- Derivados halogenados insaturados
- Mezclas zeotrópicas
- Mezclas azeotrópicas
- Hidrocarburos saturados
- Hidrocarburos insaturados
- Compuestos orgánicos no alquílicos
- Compuestos inorgánicos

Actualmente el uso de refrigerantes ha sufrido una gran evolución, por motivos del cambio climático, lo que ha llevado a los fabricantes de equipos de climatización eficientes, del tipo CRV o de caudal de refrigerante variable a utilizar refrigerantes que no contaminen la capa de ozono, entre los que resalta un refrigerante conocido como R-410A, el cual corresponde a la familia de los derivados halogenados saturados o HCFC. A continuación, en la siguiente tabla se detallan las propiedades físicas de este refrigerante:

Tabla 3.4: Propiedades físicas del refrigerante R410A

PROPIEDADES FISICAS	R410A
Mezcla binaria	R32 / R125
Composición (%)	50 / 50
Peso molecular (Kg/Kmol)	72.6
Temperatura ebullición (°C)	52.7
Deslizamiento temperatura (Glide) (°C)	0.5
Temperatura crítica (°C)	72.5
Presión crítica (bar)	49.5
Densidad del líquido (25°C) (Kg/l)	1.07
Densidad del líquido (-25°C) (Kg/l)	1.27
Densidad del vapor (kg/m ³)	4.2
Presión del vapor (25°C) (bar)	16.5
Presión del vapor (-25°C) (bar)	3.34
Calor de vaporización (KJ/Kg)	257
Capacidad calor del líquido (25°C) (KJ/Kg K)	1.71
Capacidad calor del vapor (25°C) KJ/Kg K)	1.28
Conductibilidad térmica del líquido (25°C) (W/mK)	0.091
Conductibilidad térmica del vapor (25°C) (W/mK)	0.013
Solubilidad con el agua (25°C) ppm	2500
Límite de inflamabilidad (% vol.)	Ninguno
Toxicidad (AEL) ppm	1000
ODP	0

Fuente:(Gas Servei, 2017)

Como se describe en la tabla 3.5, el refrigerante R410A es básicamente una mezcla de dos refrigerantes R32/R125 con una proporción del 50/50, y como punto característico principal es que no es inflamable, lo cual nos indica directamente que no daña la capa de ozono.

3.2.6 Transporte y distribución del aire

Para transportar el aire y cumplir de manera eficiente con el ciclo de refrigeración, se utilizan conductos y difusores de aire los cuales cumplen un papel fundamental en los sistemas de climatización, ya que básicamente es por donde se transporta el aire para ser distribuido en las diferentes zonas del recinto.

Los materiales constructivos de los conductos deben garantizar la propiedad de no propagar el fuego en caso de incendios, además de no presentar ningún tipo de fugas.

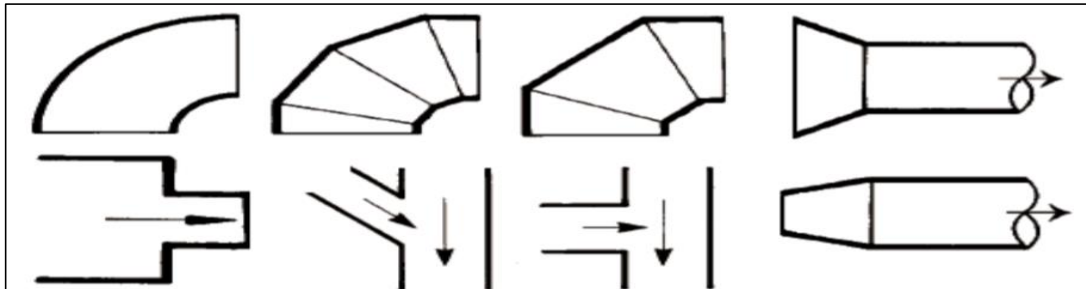


Figura 3.10: Tipos de bocas y ductos para difusores

Fuente:(Ramirez, 2013)

En la figura 3.11 se ilustran algunas configuraciones en las que se pueden conectar los conductos de aire, así como algunas derivaciones, las cuales sirven para distribuir el aire hacia otras zonas donde sea requerida.

Mientras que los difusores, tienen como función principal alcanzar una correcta difusión del aire en el recinto. De acuerdo a las necesidades que se presenten se pueden utilizar de techo o de pared.

En la figura 3.12 se ilustran cuatro tipos de difusores de aire generalmente utilizados, donde se destacan el tipo rejilla y el lineal, ya que son los más utilizados por fines de estética y su versatilidad al momento de difundir el aire.

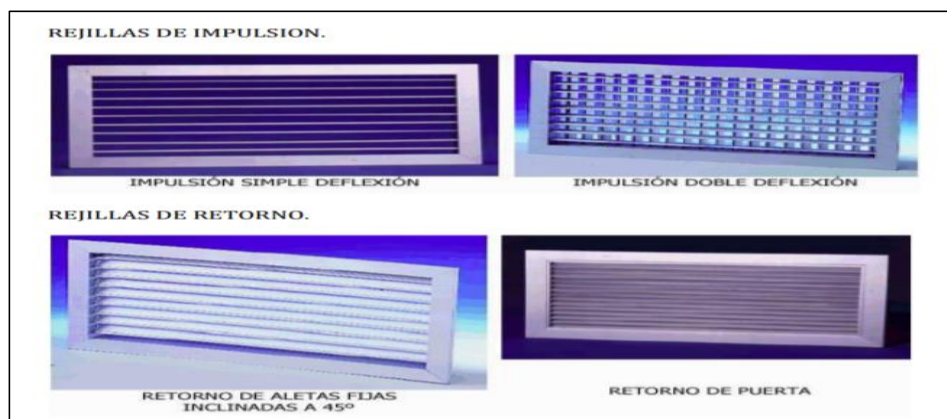


Figura 3.11: Tipos de difusores para climatización

Fuente: (Ramirez, 2013)

3.3 Sistemas de flujo variable de refrigerante y sus características

Los sistemas VRF o de múltiples unidades de fan coils interiores pueden estar conectado a una unidad exterior. La unidad exterior tiene uno o más compresores Scroll o del tipo inverter, por lo que su velocidad puede variarse cambiando la frecuencia de la fuente de alimentación al compresor.

A medida que cambia la velocidad del compresor, también lo hace la cantidad de refrigerante entregado por el compresor. Cada unidad de fan coil interior tiene su propia medición dispositivo controlado por la unidad interior en sí, o por la unidad exterior. Como cada unidad interior envía una demanda a la unidad exterior, la unidad exterior ofrece la cantidad de refrigerante necesario para cumplir con los requisitos individuales de cada unidad interior.

Estas características hacen que el sistema VRF sea ideal para todas las aplicaciones que tienen requisitos de carga parcial basado en el uso o la orientación del edificio, así como aplicaciones que requieren zonificación.

3.3.1 Ventajas energéticas de los sistemas VRF

Los sistemas de flujo variable de refrigerante poseen grandes ventajas desde el punto de vista energético, ya que al utilizar una unidad condensadora con varios compresores del tipo Scroll, es capaz de adaptarse su consumo de acuerdo a las condiciones que se presenten a lo largo de su tiempo de operación, lo cual reduce en más de 30% el consumo de energía eléctrica con respecto a los sistemas convencionales.

- En un sistema VRF, ya que la velocidad del compresor se puede variar, el compresor no funciona y apagado, pero funciona continuamente por períodos más largos.
- El flujo de refrigerante requerido se suministra a la bobina del ventilador interior y una vez que se alcanza el punto de ajuste, el flujo de refrigerante se ajusta para mantener la habitación temperatura suavemente sin fluctuación.

- Posee distintos puntos de ajuste, el interior las velocidades del ventilador de la unidad y las posiciones de la persiana se pueden cambiar para proporcionar comodidad adicional en el espacio.

En la figura 3.12 se ilustran las diferencias entre los sistemas split, multi-split y el de flujo de refrigerante variable VRF.

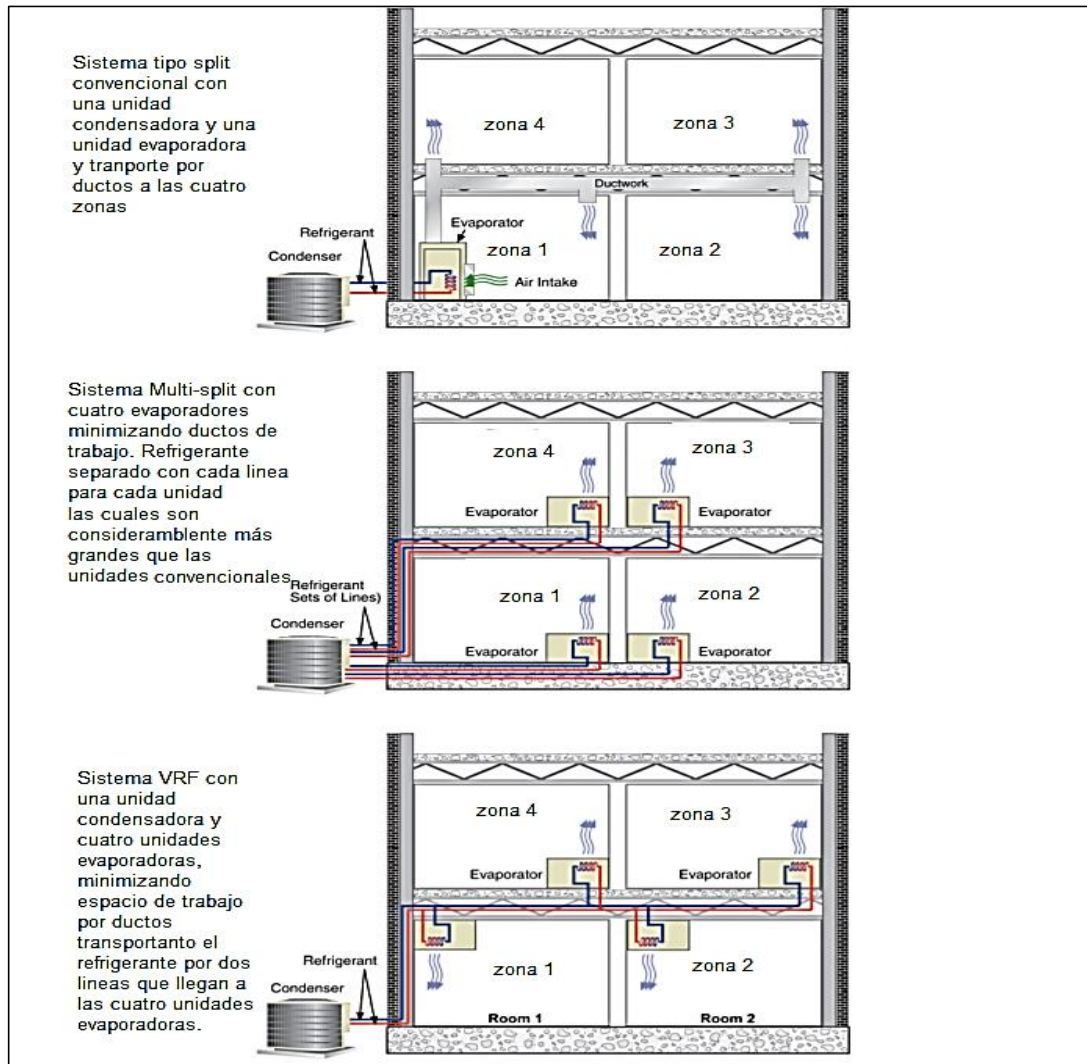


Figura 3.12: Características de los sistemas de climatización
Fuente (Morton & Ammi, 2008)

3.3.2 Características operativas de los sistemas VRF

La recuperación de calor se logra fácilmente con el refrigerante cuando algunas de las unidades interiores están calentando y algunas de las unidades se están enfriando. De acuerdo con un fabricante publicado datos, si existe una demanda del 50% de refrigeración total y una demanda del 50% de

calefacción completa, en el modo de recuperación de calor, el compresor solo tendría un 48% de carga (Inman, 2007).

- Las pérdidas de los conductos se limitan al aire de ventilación, que normalmente es aproximadamente 1/5 del aire flujo de un sistema de conductos que circula y acondiciona tanto el aire de ventilación como el aire recirculado (Dado que los conductos a menudo están en espacios no acondicionados, las pérdidas de conductos pueden no contribuir a la construcción del acondicionamiento del espacio).
- El refrigerante se usa directamente, ya que tanto el fluido de trabajo como el fluido de transferencia de calor tienden a hacer que el sistema VRF sea más eficiente que los sistemas que usan aire o agua como un medio secundario de fluido de transferencia de calor para suministrar calefacción o refrigeración.
- El uso del R-410A y otras características tales como compresores de velocidad variable, ventiladores de velocidad múltiple, circuitos de refrigerante, válvulas de expansión electrónicas y controles avanzados contribuye a mejorar el rendimiento a baja temperatura que puede evitar o minimizar la necesidad de calor suplementario en los diferentes climas.

3.4 Recursos para la conservación de la energía

Cuando se habla de conservación de energía, nos referimos a la reducción de la demanda de energía eléctrica, y no significa que se debe desconectar nuestra carga, sino más bien tratar de utilizar la energía y las condiciones climáticas del exterior.

Existen diversos factores que inciden en nuestra demanda energética, y una de ellos son las instalaciones o el diseño propio de la edificación, el cual debe guardar una arquitectura bioclimática capaz de que haga posible la utilización de recursos como la luz solar para la iluminación en el día y otros recursos como el viento, que favorezca a la climatización de la edificación. Otro factor importante es el tipo de equipos que se utilizan, que de acuerdo a su eficiencia pueden significar un gran cambio en nuestra demanda. El

desarrollo tecnológico nos ha llevado a innovar con la finalidad de reducir las emisiones de gases tóxicos al ambiente.

3.4.1 Recurso de ventilación

En construcciones en uso, y dependiendo del tipo de edificación existen varios modos y técnicas de ventilación. Una manera de renovar el aire que se encuentra al interior se puede dar de manera natural por medio de las infiltraciones, rejillas de ventilación y ventanas que se abren o mediante ventilación mecánica controlada en nuevos edificios.

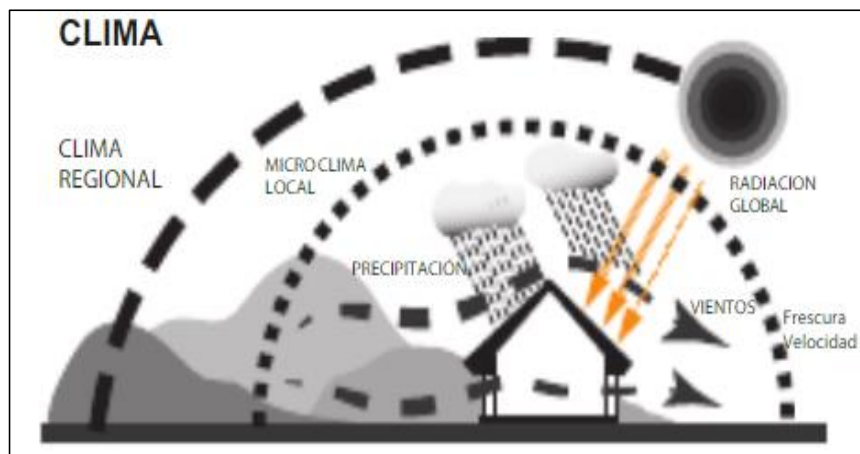


Figura 3.13: Diseño bioclimático de ventilación en una edificación
Fuente: (Gonzalo & Nota, 2003)

Los principios de ventilación natural en edificios son relativamente pocos y sencillos, dependiendo del viento, la flotabilidad térmica. Sin embargo, hay toda una gama de formas sutiles y sofisticadas para aprovechar las fuerzas impulsoras naturales para promover la ventilación. Esto se ejemplifica en varios edificios nuevos y antiguos que utilizan fuerzas motrices naturales para la ventilación, tal como se ilustra en la figura 3.13.

La combinación de las fuerzas motrices naturales y mecánicas se conocen comúnmente como ventilación híbrida. Sin embargo, se utiliza el término ventilación natural, incluso si existen ventiladores instalados en los edificios. La razón de esto es que nuestro foco está en la "parte natural" del sistema de ventilación, por concepto de eficiencia energética (Kleiven, 2003).

3.4.2 Iluminación natural

La iluminación natural o luz natural es la proveniente del sol, durante el día. En arquitecturas bioclimáticas de edificios es utilizada para iluminar de manera parcial o total un predio dejando en segundo plano la iluminación artificial, la cual entra a funcionar solo cuando es requerida.



Figura 3.14: Iluminación natural en el Aula Magna de la UCSG
Elaborado por: Autor.

En la figura 3.14 se ilustra una fotografía tomada desde el mezzanine del Aula Magna de la UCSG a las 15:00 p.m, donde se puede observar una iluminación natural producto de los vidrios instalados en la partes superiores de las paredes que componen el cerramiento del establecimiento, la cual es de gran aporte energético, ya que el consumo en horas del día por conceptos de iluminación se reduce hasta en un 50%.

CAPÍTULO 4

CÁLCULOS OPERATIVOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

4.1 Condiciones climáticas de la edificación

La forma tradicional más común de evaluar las propiedades del aire es con el uso de gráfico psicrométrico que muestra las propiedades termodinámicas del aire a nivel del mar barométrico presión de 29.921 pulgadas de mercurio.

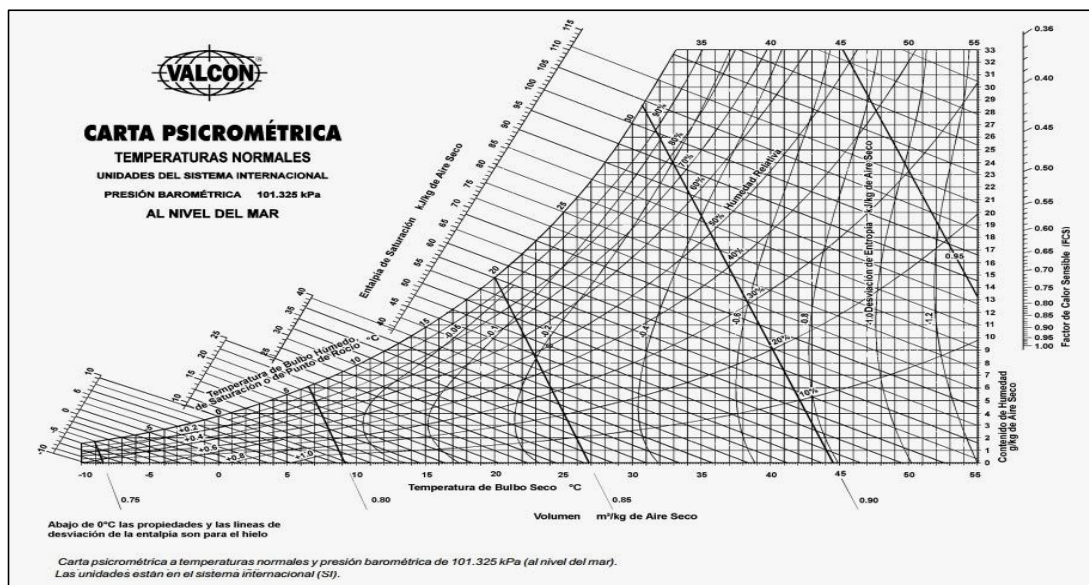


Figura 4.1: Carta psicrométrica de temperaturas a nivel del mar

Fuente: (Vega, 2013)

Para cualquier punto dado en el gráfico psicrométrico de la figura, se pueden leer las siguientes propiedades:

- Temperatura de bulbo seco: Es la temperatura del aire registrada por un termómetro ordinario.
- Temperaturas de bulbo húmedo: la temperatura registrada por un termómetro cuya bombilla es cubierto por una mecha húmeda y expuesto a una corriente de aire que se mueve rápidamente.
- Temperatura del punto de rocío: la temperatura a la cual comienza la condensación de humedad cuando el aire se enfría.

- Humedad relativa: RH es una expresión del contenido de humedad de una atmósfera dada como un porcentaje de la humedad de saturación a la misma temperatura.
- Humedad absoluta: el peso del vapor de agua en gramos o libras de humedad por libra de aire seco o gramos de vapor de agua por kg de aire, es decir, g / kg. También es conocido como contenido de humedad o relación de humedad.
- Humedad de saturación: el aire a una temperatura dada puede soportar solo una cierta cantidad de humedad y nada más. Esto se conoce como la humedad de saturación.
- Entalpía: una propiedad térmica que indica la cantidad de calor en el aire por encima de dato arbitrario, en Btu por libra de aire seco. El dato para aire seco es 0 ° F y, para la humedad contenido 32 ° F de agua.
- Desviación de entalpía: la entalpía indicada anteriormente, para cualquier condición dada es la entalpía de saturación. Debe ser corregido por la desviación de entalpía debido a que el aire no está en el estado saturado. La desviación de entalpía es en Btu por libra de aire seco. La desviación de entalpía es aplicada donde se requiere una precisión extrema; sin embargo, en el aire acondicionado normal estima que se omite.
- Volumen específico: los pies cúbicos de la mezcla por libra de aire seco o metro cúbico de la mezcla por kg de aire seco representado en m³/kg. Es el recíproco de la densidad
- Calor sensible: es el contenido de calor que causa un aumento en la temperatura del bulbo seco.
- Calor latente: es el contenido de calor debido a la presencia de vapor de agua en la atmósfera. Eso es el calor, que se requería para evaporar la cantidad dada de humedad.
- Calor total: Es la suma de calor sensible y latente.
- Factor de calor sensible: Es la relación entre el calor sensible y el total.

Las temperaturas de bulbo seco, bulbo húmedo y punto de rocío y la humedad relativa son tan relacionado que, si se conocen dos propiedades, entonces se pueden determinar todas las otras propiedades.

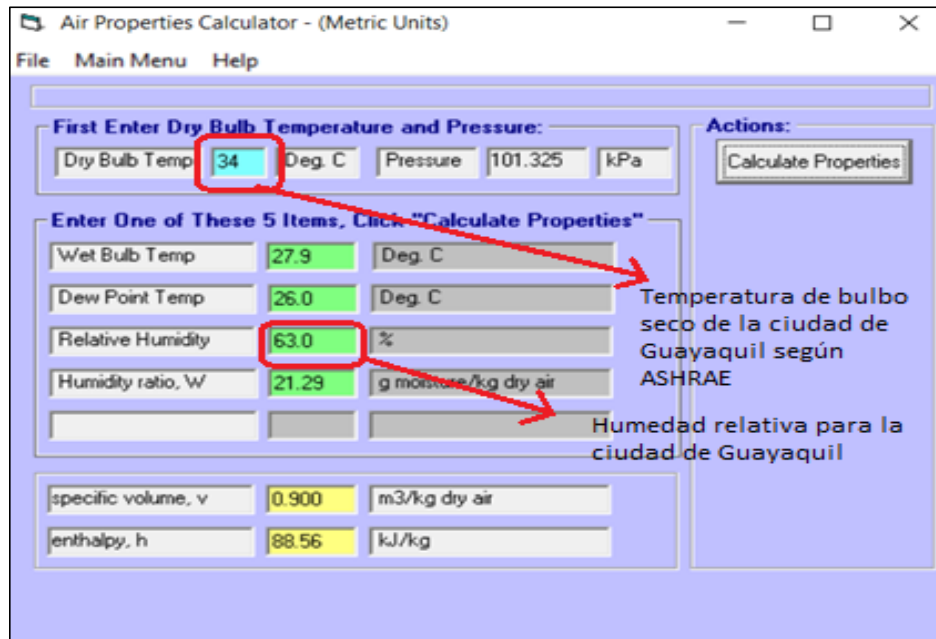


Figura 4.2: Software de cálculo de propiedades del aire

Fuente: Elaborado por el autor.

Una vez que algunas cosas fundamentales se entienden, no es realmente tan difícil de entender el cuadro psicrométrico. Además de la existencia de softwares que facilitan el cálculo de estas propiedades conociendo a penas dos parámetros, preferentemente la temperatura de bulbo seco y la humedad relativa del ambiente como se ilustra en la figura 4.2.

4.2 Cálculo de la carga térmica del edificio

Para calcular la carga térmica en existente en un recinto es necesario conocer los parámetros de la carga térmica sensible de la envolvente de la edificación, la cual incluye paredes y techo, infiltraciones del aire exterior, cristales y renovaciones diarias de aire, además de las aportaciones internas.

4.2.1 Carga térmica sensible de paredes y techo

Conocido como el coeficiente de transmisión de calor “K” ó “U” es un valor que sirve para referenciar la cantidad de calor que se transferirá a través de las superficies y se calcula en $\frac{Kcal}{h \times m^2 \times ^\circ C}$ ó $\frac{Watts}{m^2 \times ^\circ C}$ con la siguiente expresión:

$$K \text{ ó } U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

Siendo:

- K ó U = Transmitancia térmica del cerramiento ($\frac{Watts}{m^2 \cdot ^\circ C}$).
- $\frac{1}{\alpha_1}$ = Resistencia térmica superficial interior ($m^2 K / W$).
- $\frac{1}{\alpha_2}$ = Resistencia térmica superficial exterior ($m^2 K / W$).
- e = Espesor de las láminas del cerramiento (m).
- λ = Conductividad térmica de las láminas del cerramiento ($W/m K$).

Tabla 4.1: Resistencias térmicas superficiales de los cerramientos

Valores aproximados de los coeficientes globales de transferencia de calor		
Situación real	U	
	Btu/h ft ² ·°F	W/m ² ·°C
Pared exterior de ladrillo, yeso en el interior, sin aislar.	0,45	2,55
Pared exterior estructural, yeso en el interior, sin aislar	0,25	1,42
Con aislamiento de lana de roca	0,07	0,4
Ventana de vidrio plano	1,10	6,2
Ventanas de doble vidrio plano	0,40	2,3
Condensador de vapor de agua	200-1000	1100-5600
Calentador de agua de alimentación	200-1000	1100-8500
Condensador de Freón 12 refrigerado	50-150	280-850

Fuente: (Kreith et al., 2012)

Para calcular la carga térmica del cerramiento del establecimiento, es necesario conocer el coeficiente de calor de las distintas superficies existentes.

$$Q_{st} = K \times A \times (T_e - T_i)$$

Siendo:

- Q_{st} = Coeficiente de transmisión térmica de la pared o techo en $\frac{Kcal}{h \times m^2 \cdot ^\circ C}$
ó $\frac{Watts}{m^2 \cdot ^\circ C}$
- A = Superficie de la pared o techo en m^2
- T_e = Temperatura exterior o mayor
- T_i = Temperatura interior o menor

Estas cargas térmicas sensibles se incluyen las paredes, techos, puertas, y ventanas, lo que significa que al final se debe realizar una suma total de todas estas cargas térmicas.

4.2.2 Carga térmica sensible por infiltraciones del aire exterior

Para garantizar el confort de los ocupantes del establecimiento es fundamental renovar el aire del interior, para ello se utilizan sistemas de extracción-ventilación para que renueven el aire interior.

Para calcular el calor sensible que se presenta en este proceso se utiliza la siguiente fórmula:

$$Q_{si} = V_{ae} \times 0,33 \times (T_e - T_i)$$

Donde:

- V_{ae} = Caudal del aire exterior caliente que se introduce al local en $m^3/hora$
- T_e = Temperatura exterior o mayor en $^{\circ}C$
- T_i = Temperatura interior o menor en $^{\circ}C$

Para obtener el valor de V_{ae} en $\frac{m^3}{hora}$, se calcula mediante la tasa de renovación horaria, la cual se la obtiene de la tabla multiplicado por el volumen del local.

$$V_{ae} = V \times N$$

Donde:

- V = Volumen del local en m^3
- N =Número de renovaciones por hora o ren/hora

A continuación, en la tabla 4.2 se establecen el número mínimo de renovaciones por hora según el tipo de local o establecimiento. Estas renovaciones significan la cantidad de veces por hora en la que el aire que es climatizado se renueva.

Tabla 4.2: Renovaciones del aire interior por tipo de establecimiento

Tipo de Local		Nº. Renovaciones de aire por hora
	Privados Públicos	4-5
		8-15
Salas de cines y de teatros		5-8
Aulas		5-7
Salas de conferencias		5-7
Cocinas	Privadas Combinadas	15-25
		15-30
Laboratorios		8-15
Locales de aerografías		10-20
Despachos de reuniones		6-8
Cámaras blindadas		3-6
Vestuarios		6-8
Gimnasios		4-6
Tiendas y comercios		4-8
Salas de reuniones		5-10
Salas de espera		4-6
Lavanderías		10-20
Talleres	Alta variación Poca variación	10-20
		3-6
Habitaciones (hoteles...)		3-8
Iglesias modernas (techos bajos)		1-2
Oficinas de bancos		3-4
Hospitales		5-6
Cafés		10-12
Restaurantes de comida rápida		15-18
Obradores de panadería		25-35

Fuente: (ingemecanica, 2017)

4.2.3 Carga térmica sensible por aportaciones internas

Para calcular la carga térmica sensible por aportaciones, se deben considerar tres elementos que son:

- Q_{il} = Ganancia interna de calor sensible por iluminación (Watts).
- Q_{oc} =Ganancia interna de calor sensible por ocupantes (Watts).
- Q_{ee} =Ganancia interna de calor sensible por equipos eléctricos (Watts).

Cada uno de estos de estos elementos debe ser calculado por separado para luego realizar una suma algebraica de los mismos, teniendo como unidad

el Watt. Para calcular estos Watts, basta con multiplicar los watts que consume la luminaria o el equipo eléctrico por la cantidad existente en el establecimiento.

Mientras que para calcular la ganancia interna de calor sensible en $Kcal/hora$ por ocupantes nos remitimos a la tabla, y se selecciona el valor que se adapte a la situación habitual que se presentaría en el establecimiento y se multiplica por el número máximo de ocupantes que puede albergar el predio. Finalmente se realiza una sumatoria de todas las cargas térmicas sensibles por aportaciones internas en Watts:

$$Q_{aip} = Q_{il} + Q_{oc} + Q_{ee}$$

4.2.4 Carga térmica sensible por radiación a través del cristal

Este tipo de carga térmica se le atribuye al calor que irradia el sol a los cristales de forma directa y difusa. Para calcular este tipo de carga se considera el tamaño y la forma del cristal.

Para calcular la cantidad de calor que ingresa al establecimiento por el calor irradiado por el sol a los cristales se utiliza la siguiente fórmula:

$$Q_{radiación} = \text{Área de visión} \times \text{Coef. rad solar} \times \text{Fact. incremento solar real}$$

Donde:

- El área de visión está dada en m^2 , y se trata específicamente de la superficie del cristal.
- El coeficiente de sombra es un valor adimensional que depende de las especificaciones del cristal utilizado, como referencia 0,7.
- El factor del incremento solar real se debe primero determinar la ubicación y orientación con su respectiva latitud, y así poder determinar la hora y fecha en la que el aumento del calor irradiado por el sol dado en $\frac{Watts}{m^2}$ es mayor.

Tabla 4.3: Factores de radiación solar para 2.1488° de latitud sur

Orientación	HORA SOLAR												
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
S	0	6.06	12.1	13.3	14.39	14.39	14.4	14.39	14.4	13.3	12.1	6.06	0
SE	0	97.3	121	103	69.69	31.82	14.4	14.39	14.4	13.3	12.1	6.06	0
E	0	137	171	155	109.8	48.1	14.4	14.39	14.4	13.3	12.1	6.06	0
NE	0	97.3	121	103	69.69	31.82	14.4	14.39	14.4	13.3	12.1	6.06	0
N	0	6.06	12.1	13.3	14.39	14.39	14.4	14.39	14.4	13.3	12.1	6.06	0
NO	0	6.06	12.1	13.3	14.39	14.39	14.4	31.82	69.7	103	121	97.35	0
O	0	6.06	12.1	13.3	14.39	14.39	14.4	48.1	110	155	171	137.5	0
SO	0	6.06	12.1	13.3	14.39	14.39	14.4	31.82	69.7	103	121	97.35	0
Horizontal	0	32.6	99.6	167	215.5	246.2	257	246.2	226	167	103	32.57	0

Fuente: (Carrier,2008)

En la siguiente tabla se muestran los factores de incremento solar real en las horas solares que generalmente rondan desde las 7 A.M hasta las 17 P.M, todo esto con respecto a la orientación en la que se encuentran dispuestos los cristales. $\left(\frac{BTU}{hora}/ft^2\right)$, el cual debe ser convertido a $\left(\frac{Watts}{m^2}\right)$.

4.2.5 Carga térmica latente de infiltraciones y aportaciones internas

Esta carga térmica se calcula en función del volumen y de la humedad absoluta del aire interior y exterior mediante la siguiente expresión:

$$Q_{li} = V_{ae} \times 0,84 \times (W_e - W_i)$$

Siendo:

- V_{ae} = Caudal del aire exterior caliente que se introduce al local en $m^3/hora$
- W_e = Humedad absoluta del aire exterior g_{H_2O}/Kg_{aire}
- W_i = Humedad absoluta del aire interior g_{H_2O}/Kg_{aire}

Para obtener el valor de V_{ae} en $\frac{m^3}{hora}$, se obtiene por la tasa de renovación horaria, la cual se la obtiene de la tabla multiplicado por el volumen del local.

$$V_{ae} = V \times N$$

Donde:

- V = Volumen del local en m^3
- N =Número de renovaciones por hora o ren/hora

Mientras que para calcular la ganancia interna de calor latente en $Kcal/hora$ por ocupantes nos remitimos a la tabla 3.3, y escoge el valor que se adapte a la situación habitual que se presentaría en el establecimiento y lo se multiplica por el número máximo de ocupantes que puede albergar el predio.

4.3 Cálculo del sistema de iluminación

El cálculo de la cantidad de lúmenes o flujo luminoso se relaciona directamente con la potencia máxima de iluminación y la superficie total que se desea iluminar, considerando la distancia entre la luminaria y el plano de trabajo.

Los factores fundamentales que se deben tener en cuenta al realizar el diseño de una instalación y que definen la calidad de una iluminación son los siguientes:

- Nivel de iluminación
- Distribución de luminancias en el campo visual
- Limitación de deslumbramiento
- Modelado
- Color
- Estética

4.3.1 Cálculo de la cavidad del local

Para calcular la cavidad del local que se requiere en un establecimiento es fundamental calcular la altura a la que se va a situar la luminaria, y esto se obtiene de la siguiente expresión:

$$K = \frac{5 \times hm (largo + ancho)}{(largo \times ancho)}$$

La cavidad del local es la distancia entre el plano de trabajo y el plano de montaje de la luminaria en metros.

$$hm = h - (PT - PML)$$

- hm= Altura de la cavidad del local (metros)
- h= Altura del local (m)
- PT= Plano de trabajo (m)
- PML= Plano de montaje de la luminaria (m)

$$K = \frac{5 \times hm (largo + ancho)}{(largo \times ancho)}$$

4.3.2 Cálculo del flujo luminoso

Para calcular el nivel de iluminación o flujo luminoso que se requiere en un establecimiento es fundamental calcular la altura a la que se va a situar la luminaria, y esto se obtiene de la siguiente expresión:

$$\varphi_{total} = \frac{\text{Luminancia media} \times \text{Área del local}}{\text{Coeficiente de utilización} \times \text{Factor de mantenimiento}}$$

El flujo luminoso también debe estar en función del coeficiente de utilización C_u , que es la relación que existe entre flujo recibido por un objeto o

cuerpo y el flujo luminoso de lámpara dada por las especificaciones técnicas del fabricante y además del coeficiente de mantenimiento C_m , el cual indica el grado de conservación del dispositivo de iluminación.

4.3.3 Cálculo del número de dispositivos

Para calcular la cantidad de luminarias se relaciona el flujo luminoso total de iluminación en la zona con el número de lámparas que tiene cada dispositivo de iluminación por su flujo luminoso, el cual se calcula con la siguiente fórmula:

$$n^{\circ} \text{ luminaria o grupo} = \frac{\varphi_{\text{total}}}{\varphi_{\text{luminaria}} \times \text{número de luminarias por grupo}}$$

4.3.4 Cálculo del flujo luminoso real

Para calcular el flujo luminoso real de iluminación en la zona, se relaciona el número de luminarias que tiene cada grupo, el número de grupos, y por su flujo luminoso, el cual se calcula con la siguiente fórmula:

$$\varphi_{\text{real}} = n^{\circ} \text{ de luminarias por grupo} \times n^{\circ} \text{ de grupos de luminarias} \times \varphi_{\text{luminaria}}$$

4.3.5 Cálculo de la luminancia promedio real

Para calcular la luminancia promedio real, se relaciona flujo luminoso real, el coeficiente de utilización, el factor de mantenimiento, entre el área iluminada, y se calcula con la siguiente fórmula:

$$E_{\text{promedio}} = \frac{\varphi_{\text{real}} \times (\text{Coeficiente de utilización} \times \text{Factor de mantenimiento})}{(\text{largo} \times \text{ancho})}$$

4.3.6 Cálculo del valor de la eficiencia energética de la instalación

De acuerdo a varios estudios se ha destinado una tabla que proporciona los valores en Watts/m², que se adecuan eficientemente al tipo de uso a la que está destinada la luminaria, y este valor se obtiene de la siguiente expresión:

$$VEEI = \frac{(Pot. luminaria \times n^{\circ} \text{ de lum. por grupo} \times n^{\circ} \text{ de luminarias}) \times 100 \text{ lx}}{(largo \times ancho) \times (E_{promedio})}$$

4.3.7 Algoritmo de análisis del sistema de iluminación

En el algoritmo se se muestra el proceso seguido generalmente para analizar los sistemas de iluminación existentes, para poder determinar si se cumplen o no con los criterios técnicos necesarios para una iluminación eficiente. En la figura 4.3 se muestra un modelo base de un algoritmo para un proyecto de iluminación:

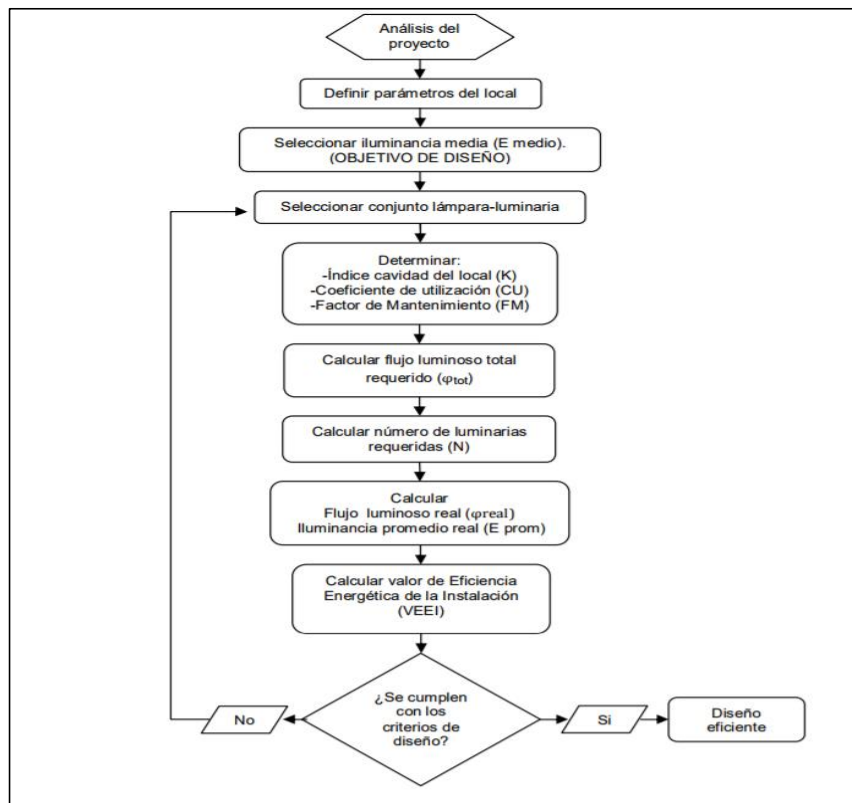


Figura 4.3: Algoritmo para análisis de instalaciones de iluminación
Fuente: (Rodríguez & Llano, 2012)

4.4 Software para cálculo de la iluminación Dialuxevo

Dialuxevo, es un software libre de diseño y simulación de sistemas de iluminación en modelado 3D, el cual ofrece al usuario la capacidad de importar archivos en formatos .dwg, construidos en softwares como Autocad, Sketchup o *Rhino* (Anexo 11) para ser utilizados como plantillas para la simulación de luminarias. En la figura 4.3 se ilustra la pantalla principal del programa.

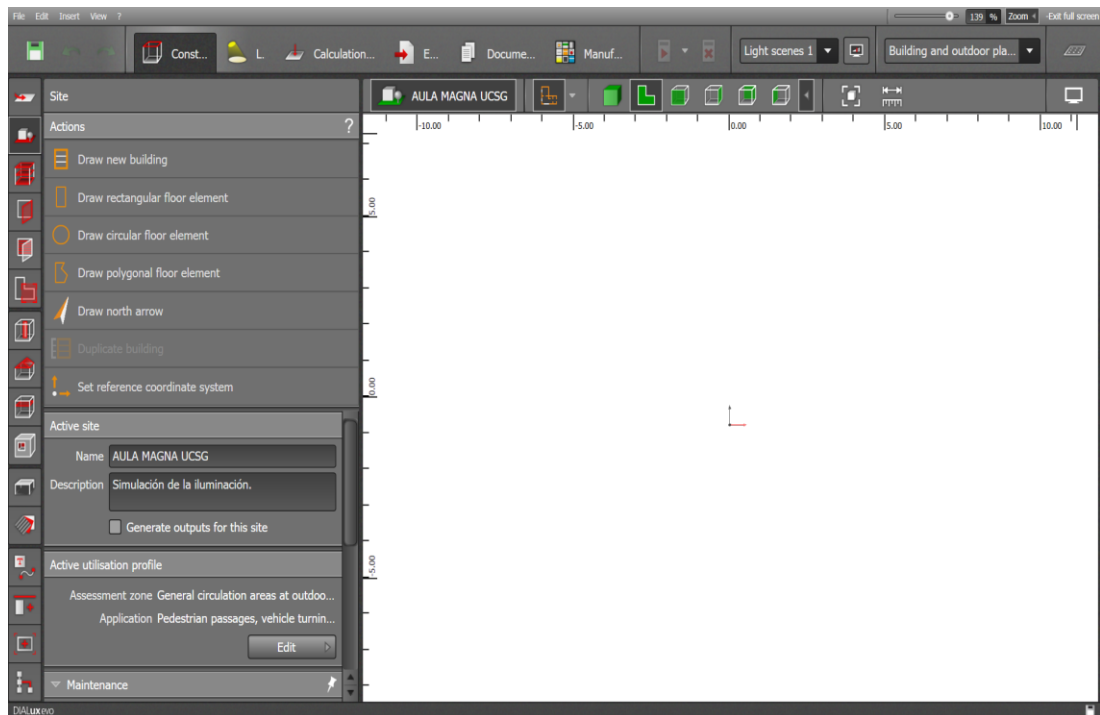


Figura 4.4: Pantalla principal del software Dialuxevo

Elaborado por: Autor

Como se observa en la figura 4.3, en la pantalla principal del programa se tiene en la barra superior las funciones del programa, tales como:

- **Construction:** Se utiliza para ingresar los datos constructivos y el lugar de emplazamiento del proyecto de iluminación.
- **Light:** Se utiliza para ingresar el sistema de luminarias en el plano construido o importado de formato .dwg.
- **Calculation:** Sirve para calcular los lux, de acuerdo a los parámetros y luminarias que hayan ingresado de acuerdo a su emplazamiento y mostrar el espectro de cobertura de la iluminación.
- **Manufacturer:** Nos indica algunas de las marcas y especificaciones de luminarias con las cuales se pueden realizar las simulaciones.

En la figura 4.5 que se muestra a continuación, se puede observar el plano del Aula Magna de UCSG en vista lateral, cargado desde el formato .dwg, para iniciar con el diseño de la iluminación.

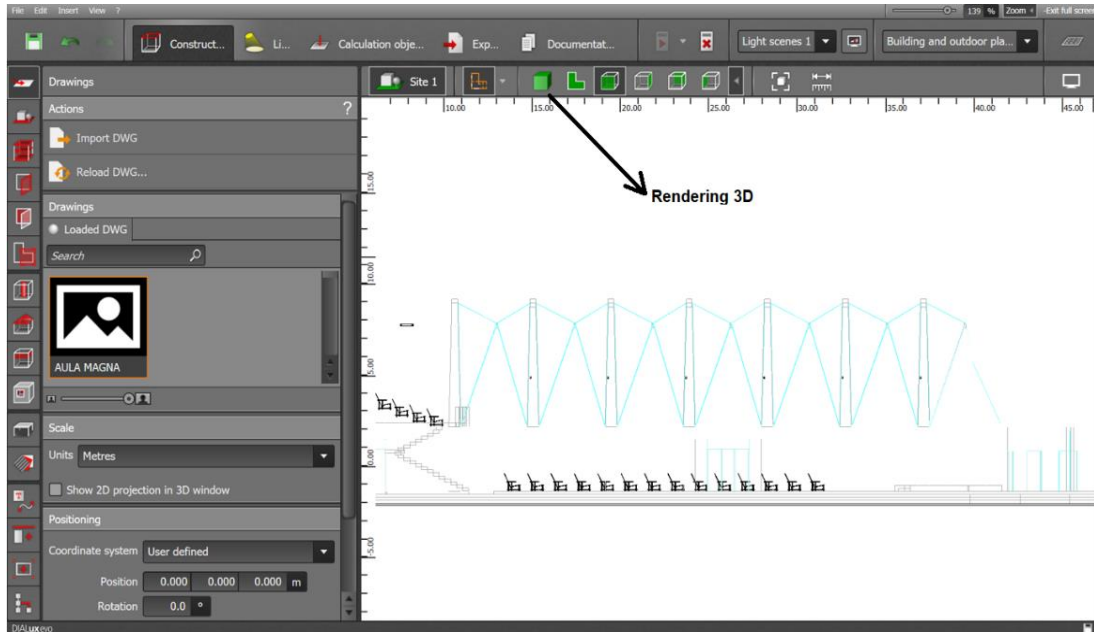


Figura 4.5: Modelado importado al software Dialuxevo
Fuente: Captura del software, realizada por el autor.

Mediante la opción “3D rendering” ubicada en la parte superior y simbolizada por un cubo color verde se muestra el renderizado tridimensional del plano importado, como se muestra en la figura 4.6.

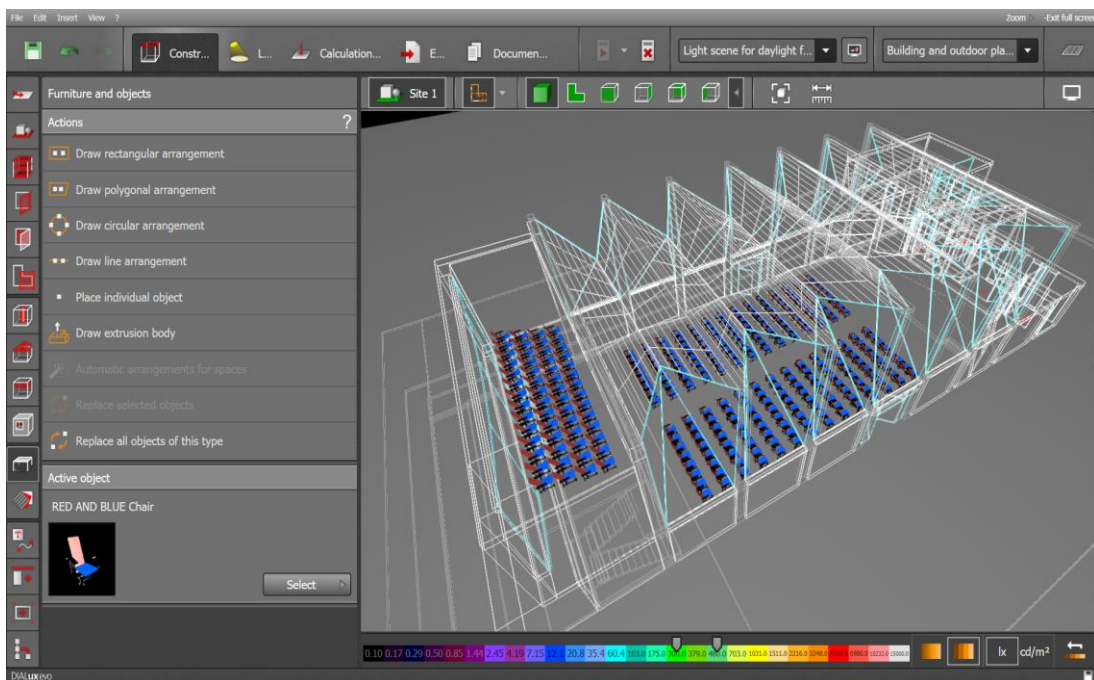


Figura 4.5: Modelado renderizado en 3D importado al software Dialuxevo
Elaborado por: Autor

Luego de ya tener el modelado 3D renderizado en el programa, se realiza el emplazamiento de las luminarias en el plano tridimensional; cabe recalcar que el software posee una serie de modelos y marcas de luminarias con su respectiva ficha técnica para garantizar que la simulación tenga el mínimo margen de error al momento de efectuar el cálculo virtual.

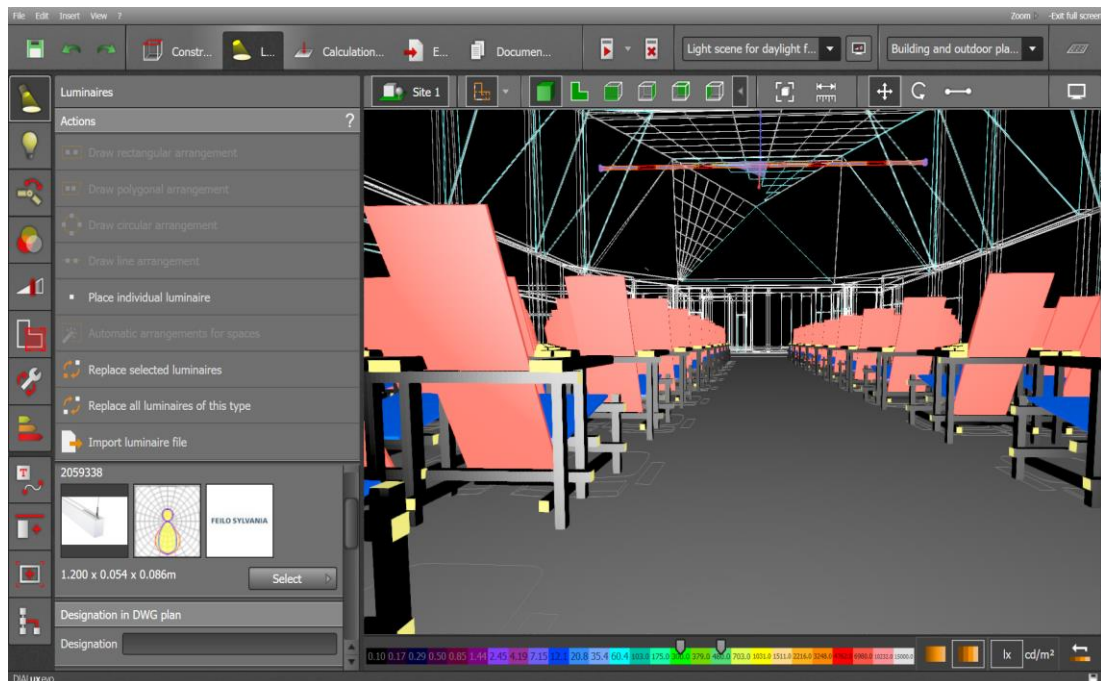


Figura 4.6: Emplazamiento de luminarias en el software Dialuxevo

Elaborado por: Autor

En la figura 4.6 se emplazan las luminarias equivalentes a las existentes en el Aula Magna de la UCSG, para nuestro caso escogimos una luminaria de la Marca “FEILO SYLVANIA” (véase el Anexo 9), misma que se encuentra en los catálogos del software.

Antes de realizar es cálculo del sistema de iluminación, es necesario hacer una vista en perspectiva de las instalaciones para verificar que estén correctamente colocadas en el plano. En el caso de haber correcciones se recomienda que sean realizadas previo a la simulación del cálculo, de esta manera se garantiza que el software nos entregue datos reales y de óptima precisión.

En la figura 4.7 se muestra una vista en perspectiva de las instalaciones, una vez verificado que se encuentran correctamente colocadas todas las luminarias en el plano.

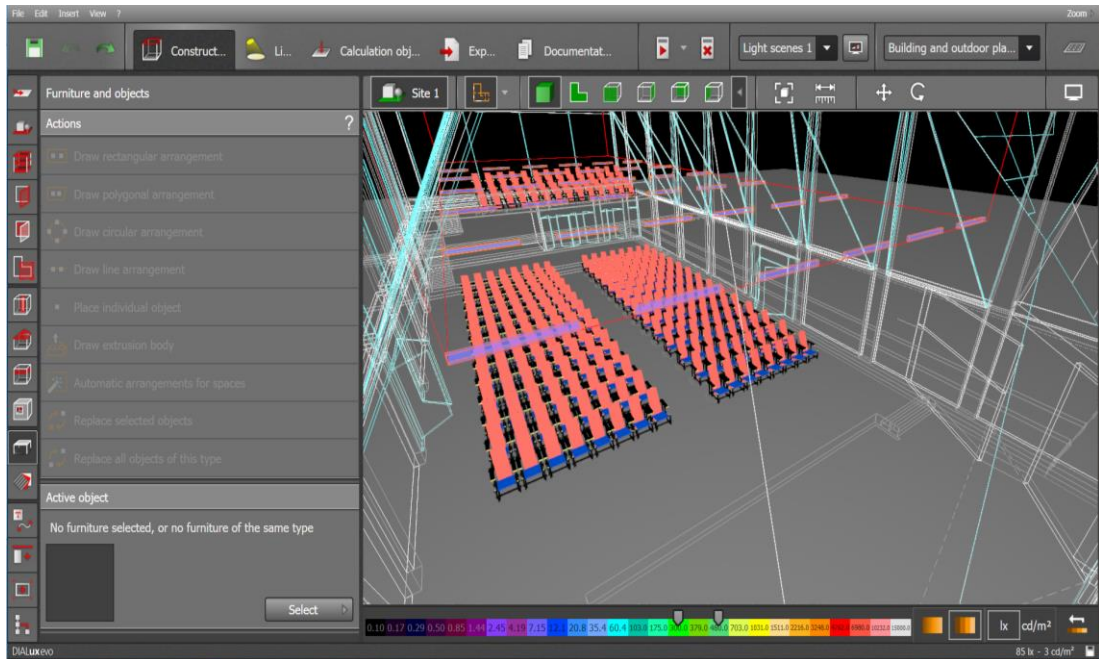


Figura 4.7: Vista en perspectiva de las luminarias colocadas en Dialux
Elaborado por: Autor

Por último, en la parte superior de la pantalla del software se encuentra una opción llamada “Start Calculation”, la cual nos dará los resultados de los lux promedio de la instalación del sistema de iluminación, mediante una barra con una gama de colores que se encuentra ubicada en la parte inferior de la pantalla la cual hace referencia a los valores de luminancia media, tal como se ilustra en la figura 4.8, donde se observa que el valor medio es de 480 lux.

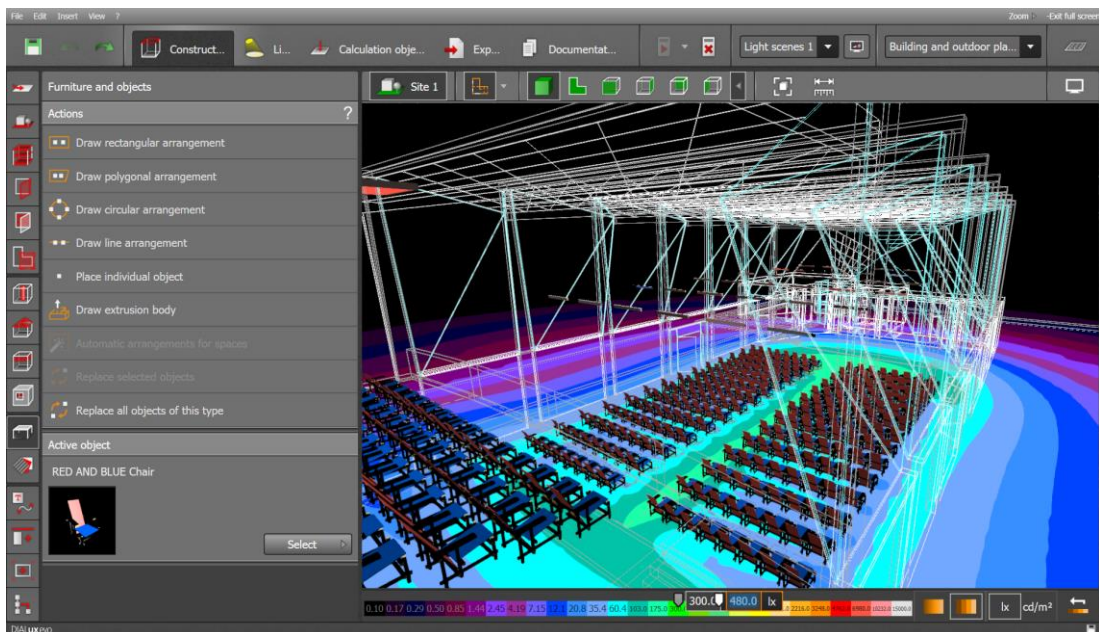


Figura 4.8: Espectro de luminancia media calculada en Dialux
Elaborado por: Autor

CAPÍTULO 5

NORMAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Actualmente, las normativas técnicas ecuatorianas que se establecen para la eficiencia energética hacen referencia a construcción y aportan con datos y requerimientos de confort como lo describe la norma NTE INEN 2506 “Eficiencia Energética en Edificaciones”, que establece los procedimientos para el cálculo de aislamiento térmico y materiales que deben considerarse en el diseño de la envolvente térmica de la edificación.

Otra de las normas que hace hincapié en la construcción de edificaciones eficientes es las NEC-11 que en su capítulo 13, abarca temas de climatización e iluminación, así como también las instalaciones eléctricas de la edificación.

5.1 Aspectos técnicos constructivos

De acuerdo a lo establecido los requisitos establecidos por las NEC- 11 en su capítulo 13, se deben clasificar los cerramientos y particiones interiores de una edificación:

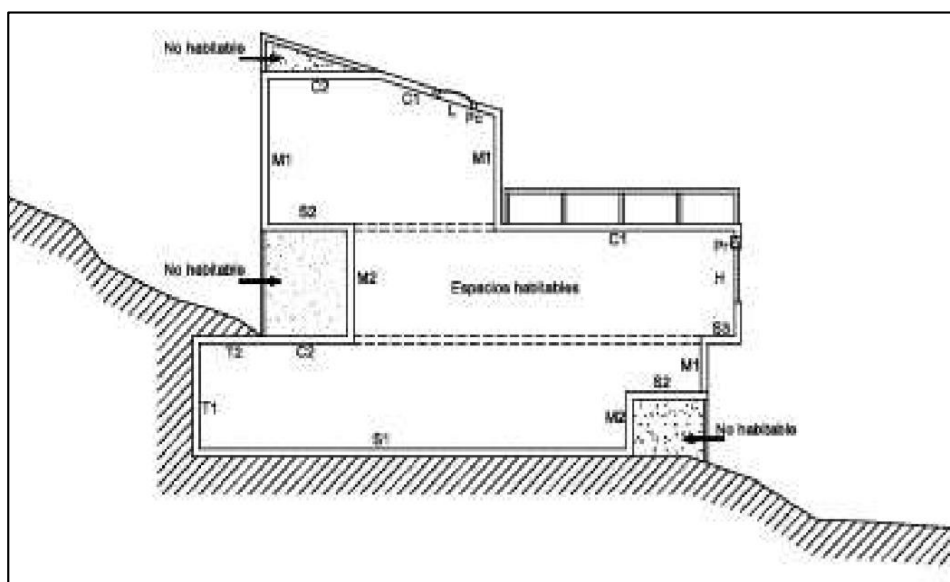


Figura 5.1: Esquema de la envolvente de una edificación.

Fuente: (NEC-11: Capítulo 13, 2011)

De acuerdo a la figura 5.1 donde se ilustra una edificación con la clasificación de sus cerramientos y particiones interiores, en la tabla 5.1 se especifican a que corresponde cada componente.

Tabla 5.1: Clasificación de la envolvente de una edificación

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

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

Fuente: (NEC-11: Capítulo 13, 2011)

5.2 Exigencias en el diseño de la edificación

La orientación del edificio será en función de la ventilación, protección del sol, ganancias de calor y de la calidad del aire del ambiente.

Las zonas térmicas estarán etiquetadas como ZT1, ZT2 y ZT3, se requiere que las fachadas principales tengan orientaciones que vayan de Este y Oeste ya que así maximizan la ganancia solar directa en la mañana o en la tarde; mientras que, para las zonas térmicas ZT4, ZT5 y ZT6 es recomendable que, las orientaciones vayan de Norte y Sur ya que así, se evitan la exposición directa al sol en la mañana y en la tarde y son capaces de manera fácil de ser protegidas de la radiación solar del mediodía.

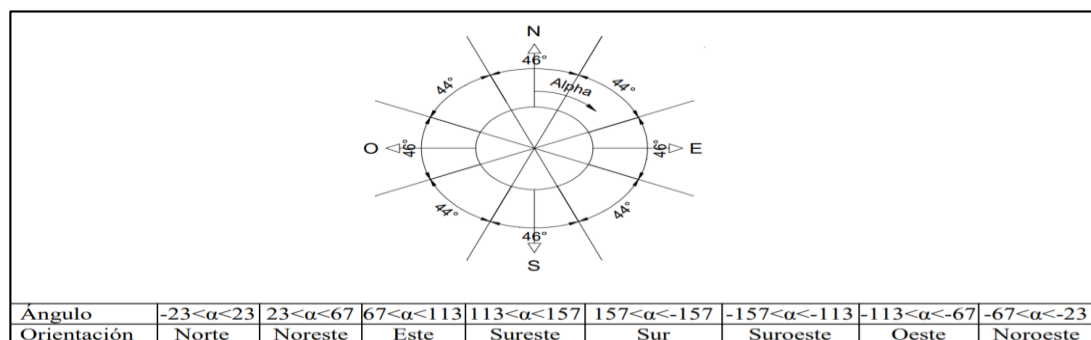


Figura 5.2: Definición de las orientaciones

Fuente: (NEC-11: Capítulo 13, 2011)

5.3 Ventilación y calidad del aire

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

- Clase A: establecimientos que requieren una alta calidad en el aire tales como centros de salud, laboratorios, bibliotecas, museos y centros parvularios.
- Clase B: establecimientos que requieren una mediana calidad en el aire tales como departamentos, casas, hoteles, edificios públicos, restaurantes, locales deportivos, etc.
- Clase C: establecimientos que requieren de una baja calidad de circulación ocasional.

Tabla 5.2: Caudales mínimos de aire por ocupante y concentración máxima permisible

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

Fuente: (NEC-11: Capítulo 13, 2011)

En la tabla 5.2 se muestran los caudales mínimos por cada ocupante y la concentración máxima en partes por millón en volumen al interior del establecimiento, para garantizar una calidad óptima del aire que está siendo climatizado.

5.3.1 Control en las instalaciones de climatización

Para favorecer al ahorro de energía eléctrica es necesario que las instalaciones de sistemas de climatización posean un control automático, el cual se ajuste a la demanda requerida en tiempo real.

Según (“(NEC-11 Capítulo 13: Eficiencia energética en la construcción en Ecuador, 2011)”, s/f, p. 29) El empleo de controles de tipo todo-nada está limitado a las siguientes aplicaciones:

- Límites de seguridad de temperatura y presión,
- Control de la emisión térmica de generadores de instalaciones individuales.
- Control de temperatura en ambientes abastecidos por aparatos unitarios, siempre que la potencia térmica nominal total del sistema no sea mayor que 70 kW, los ventiladores que sean de un caudal mayor a 5 m³/s tendrán que llevar un dispositivo indirecto que mida y controle el caudal de aire.

5.4 Consideraciones en iluminación

En lo que respecta a los sistemas para iluminación se deberá dar cumplimiento a lo que se establece en la norma ISO 8995-1 que trata de la iluminación de las áreas de trabajo “Iluminación de interiores en lugares de trabajo” (“NEC-Capítulo 13”, s/f, p. 30).

Esta norma identifica los parámetros que influyen en el rendimiento visual. También presenta los criterios que deben ser satisfechos para alcanzar un ambiente visual aceptable. Se aplica a las áreas de trabajo en edificios, industrias, oficinas, bibliotecas, museos, espacios de circulación, garajes, hospitales, etc. pero no para aquellas áreas donde se usa baja luminancia como proyección, visualización de transparencias, y manejo de material fotosensible (“NEC-Capítulo 13”, s/f, p. 30).

El valor de eficiencia energética en la instalación VEEI en (W/m²) por cada 100 lux, será utilizado para calcular la eficiencia en cada zona iluminada, haciendo uso de la siguiente expresión:

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m}$$

Siendo:

- P = Potencia total instalada en [Watts].
- S = Superficie a la que se ilumina [m²].
- E_m = Iluminancia media horizontal mantenida [lux].

También se deberán tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Utilización de la luz natural.
- Rendimiento de las luminarias.

A continuación en la tabla 5.3 se muestran los valores máximos de VEEI que deben presentar cada luminaria por el tipo de actividad para la que se encuentra siendo utilizada:

Tabla 5.3: Valores límite de eficiencia energética de la instalación

<i>Zonas de actividad diferenciada</i>	VEEI límite
administrativo en general	3,0
andenes de estaciones de transporte	3,0
pabellones de exposición o ferias	3,0
salas de diagnóstico ⁽¹⁾	3,5
aulas y laboratorios ⁽²⁾	3,5
habitaciones de hospital ⁽³⁾	4,0
recintos interiores no descritos en este listado	4,0
zonas comunes ⁽⁴⁾	4,0
almacenes, archivos, <i>salas técnicas</i> y cocinas	4,0
aparcamientos	4,0
espacios deportivos ⁽⁵⁾	4,0
estaciones de transporte ⁽⁶⁾	5,0
supermercados, hipermercados y grandes almacenes	5,0
bibliotecas, museos y galerías de arte	5,0
zonas comunes en edificios no residenciales	6,0
centros comerciales (excluidas tiendas) ⁽⁷⁾	6,0
hostelería y restauración ⁽⁸⁾	8,0
religioso en general	8,0
salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias ⁽⁹⁾	8,0
tiendas y pequeño comercio	8,0
habitaciones de hoteles, hostales, etc.	10,0
locales con nivel de iluminación superior a 600lux	2,5

Fuente: (Hernanz, 2014)

PARTE II APORTACIONES

CAPÍTULO 6

LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN EN LAS INSTALACIONES

6.1 Introducción

En todo proyecto eléctrico, el análisis previo de la información es fundamental, para determinar las acciones que se deben llevar a cabo en base a una propuesta, por ello se realizó un levantamiento de información con la finalidad de conocer el estado de las instalaciones y equipos eléctricos en el Aula Magna de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, y así, mediante el conocimiento de esta información fundamentar nuestro análisis técnico que favorezca a la eficiencia energética del lugar.

6.2 Ubicación y emplazamiento

- Ubicación

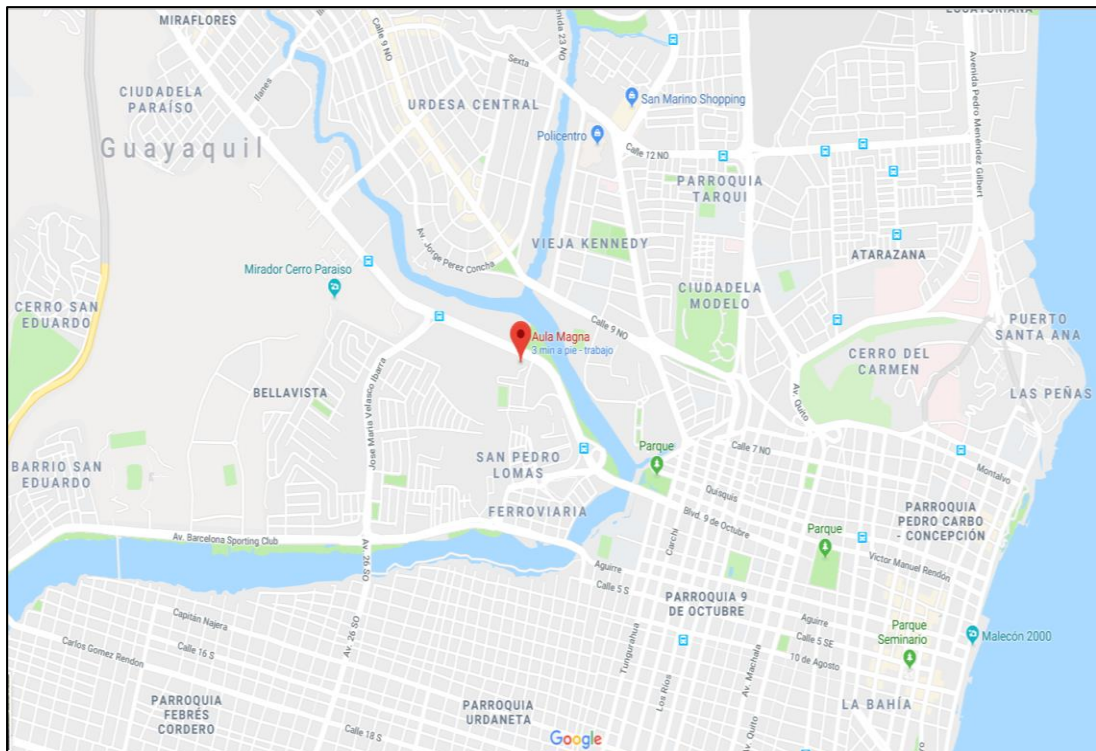


Figura 6.1: Ubicación del Aula Magna de la UCSG
Elaborado por: Autor

El siguiente análisis energético tuvo lugar en la ciudad de Guayaquil, provincia del Guayas, específicamente en el interior de las instalaciones de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, misma que se encuentra ubicada en el Km 1.5 de la Av. Carlos Julio Arosemena.

- Emplazamiento

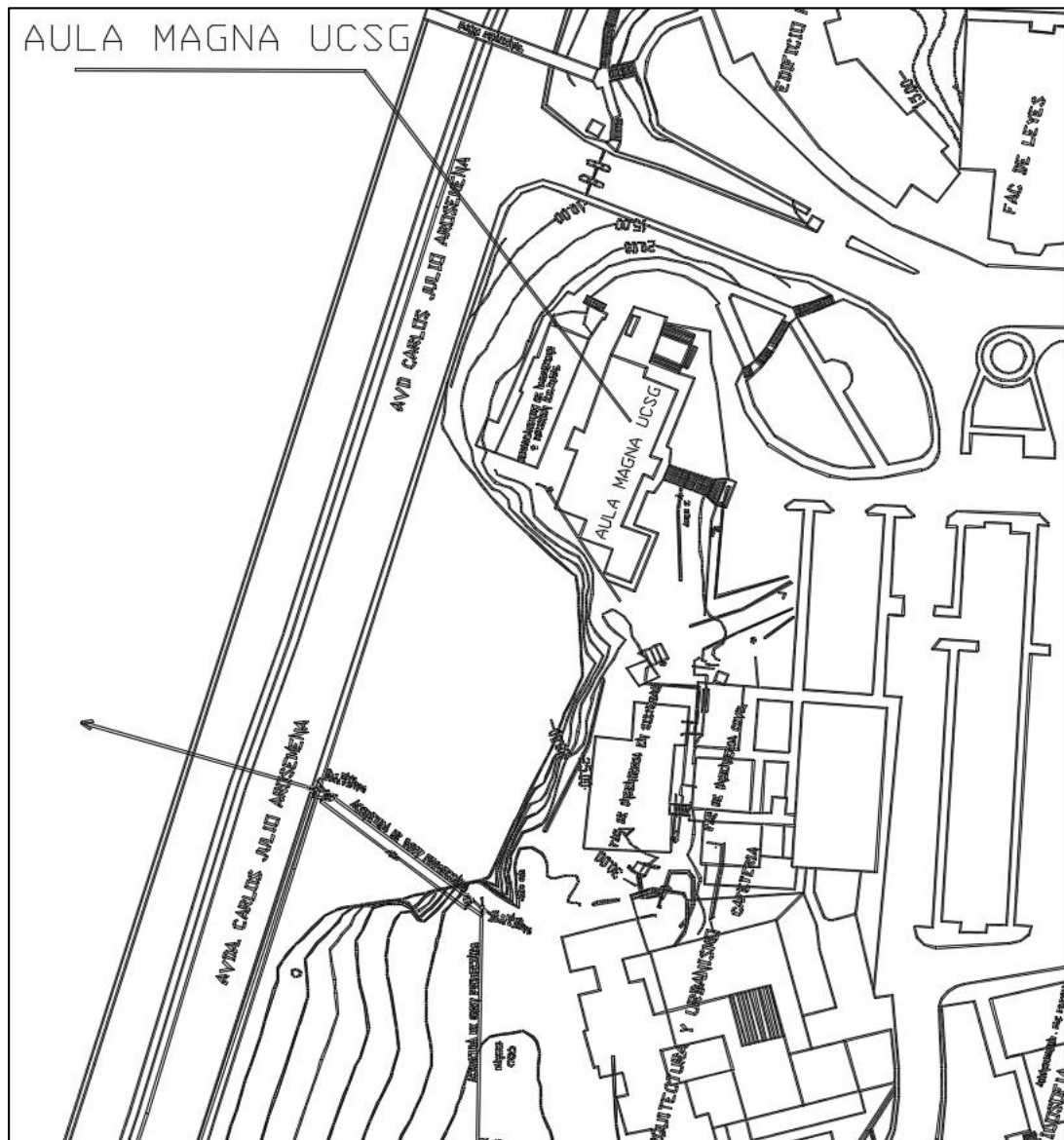


Figura 6.2: Emplazamiento del Aula Magna de la UCSG

Elaborado por: Autor

El Aula Magna de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil se encuentra ubicada sobre un cerro que se encuentra a la derecha del acceso principal, correspondiente a la Av. Carlos Julio Arosemena, con un área de 690 m² de construcción.

6.3 Descripción de las instalaciones eléctricas

Capacidad del banco de transformadores:

- Transformadores de 3x50KVA

Tipo de conexión del banco de transformadores:

- Δ (Tierra) - Δ (Tierra)

Calibre y # de conductores en el lado primario:

- 3#2 AWG Cu 15KV- 52 m. Subt. + 3#1/0 Al- 30 m. aéreo + 3#2 AWG Cu 15KV- 26 m. Subt.

Calibre y # de conductores en el lado secundario:

- C/Fase 3# 2/0 AWG 600V+ Neutro 1#1/0 AWG 600V

Amperaje del disyuntor principal:

- 3P-400 A

Voltajes de línea a neutro:

- Fase A: 118V; Fase B: 118V; Fase C: 208V

Voltajes de línea a línea:

- V_{AB} : 232V; V_{BC} : 232V; V_{AC} : 232V

Amperajes en hora pico

- Fase A: 213A; Fase B: 180A; Fase C: 182^a

6.4 Descripción de los equipos existentes

Centrales de acondicionamiento de aire:

- 4 centrales manejadoras de aire, tipo paquete de 15 Ton. c/u
- 2 centrales manejadoras de aire, tipo paquete de 5 Ton. c/u

Dispositivos de iluminación interior:

- 6 lámparas en arreglos de 6x1- tipo LED reflectivas de 7275 lm, 123 W
- 2 lámparas LED reflectivas de 7275 lm, 123 W

CAPÍTULO 7

CÁLCULO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DEL AULA MAGNA

7.1 Condiciones climáticas exteriores

Como se había mencionado anteriormente, existen software libres que nos ayudan a hallar las propiedades, conociendo dos parámetros, que en nuestro caso son estos, para la ciudad de Guayaquil:

Tabla 7.1: Propiedades climáticas conocidas en la ciudad de Guayaquil

Propiedades climáticas	Valor	“Unidad” ó “%”
Temperatura de bulbo seco	34	°C
Humedad relativa	63	%

Fuente: Elaborado por el autor.

Mediante el software libre “EZ Air properties Psychrometric calculator”, se ingresan los dos parámetros que se describen en la tabla 7.1.

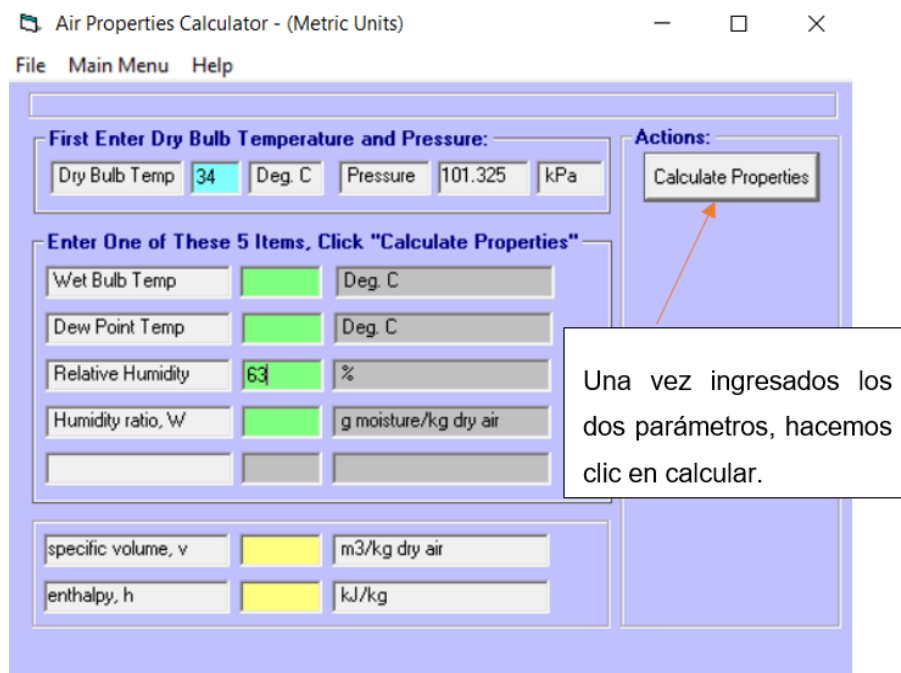


Figura 7.1: Ingreso de propiedades climáticas conocidas al software
Elaborado por: Autor

Una vez hecho clic en “Calculate Properties”, automáticamente se calcularán y aparecerán los valores restantes que se desea conocer, como se muestra en la figura 7.2.

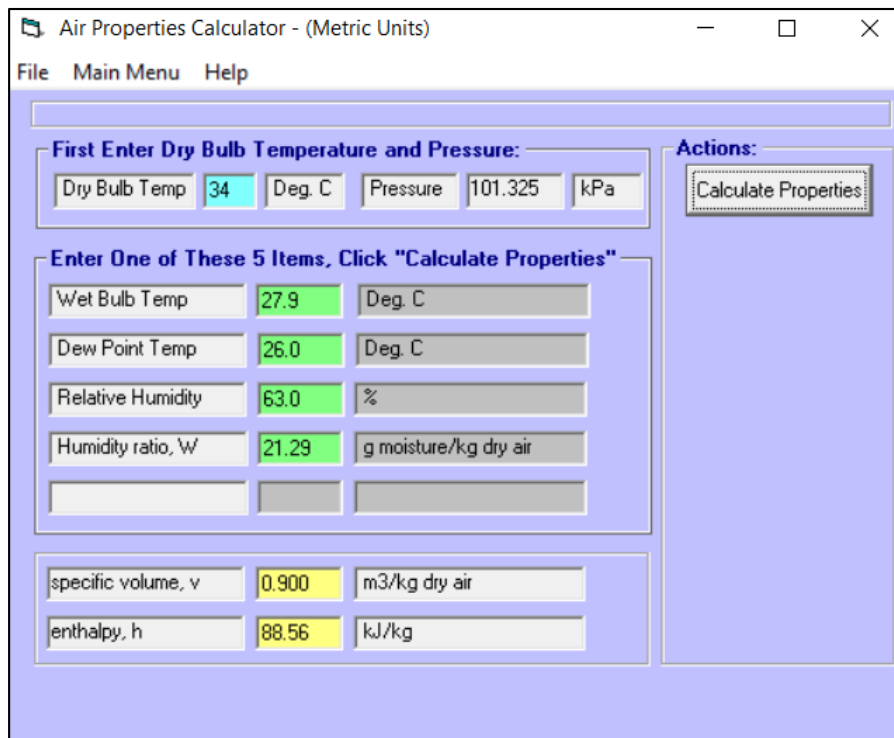


Figura 7.2: Propiedades calculadas mediante el software
Elaborado por: Autor

Una vez calculadas las propiedades faltantes, se procedió a tabularlas, con su respectivo valor y sus unidades, como se muestra en la tabla 7.2.

Tabla 7.2: Propiedades climáticas calculadas mediante software

Propiedades climáticas	Valor	“Unidad”
Temperatura de bulbo húmedo	27.9	°C
Temperatura del punto de rocío	26	°C
Humedad absoluta:	21.29	g_{H_2O} / Kg_{aire}
Entalpía	88.56	kJ / kg
Volumen específico	0.900	m^3 / Kg_{aire}

Fuente: Elaborado por el autor

7.2 Cálculo de la demanda térmica

Para calcular la carga térmica se hace uso de las fórmulas y tablas descritas en capítulos anteriores, que están realionadas con los criterios recomendables para realizar un análisis mediante la obtención de valores.

Carga térmica sensible de paredes y techo:

- Pared: Sección A

En la figura 7.3 se ilustra la vista de la sección A, donde se localiza una de las paredes pertenecientes al cerramiento del Aula Magna de la UCSG, y de acuerdo a la medidas se tiene, 105 m² de superficie de pared con un coeficiente standard para paredes exteriores de 1,42 Watts/m²*°C.

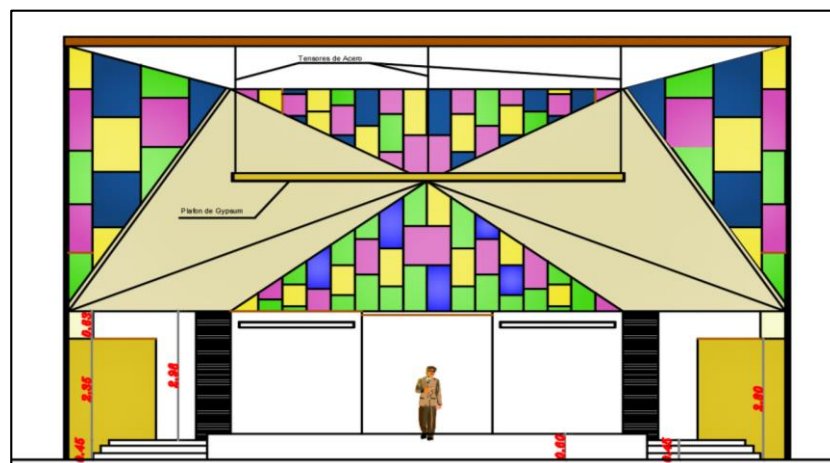


Figura 7.3: Vista de la sección A

Fuente: Tomado de los planos del Aula Magna UCSG

$$Q_{st} = K \times A \times (Te - Ti)$$

$$Q_{st} = 1,42 \text{ Watts}/m^2 * ^\circ C \times 105 m^2 \times (34 ^\circ C - 24 ^\circ C)$$

$$Q_{st} = 1491 \text{ Watts}$$

- Pared: Sección B

En la figura 7.4 se ilustra la vista de la sección B, donde se localiza una de las paredes pertenecientes al cerramiento del Aula Magna de la UCSG, y

de acuerdo a la medidas se tiene, 194,4 m² de superficie de pared con un coeficiente para paredes exteriores de 1,42 Watts/m²*°C.

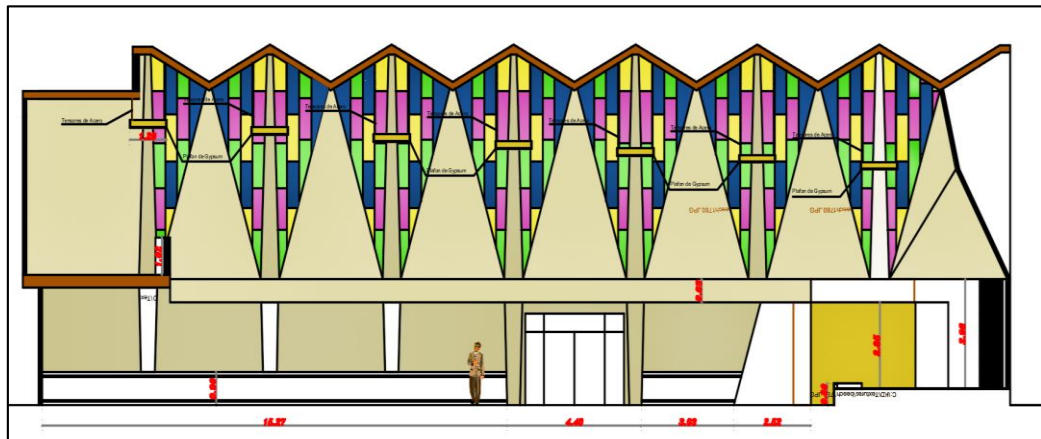


Figura 7.4: Vista de la sección B

Fuente: Tomado de los planos del Aula Magna UCSG

$$Q_{st} = 1,42 \text{ Watts/m}^2 * \text{°C} \times 194,4 \text{ m}^2 \times (34 \text{ °C} - 24 \text{ °C})$$

$$Q_{st} = 2760,48 \text{ Watts}$$

- Pared: Sección C

En la figura 7.5 se ilustra la vista de la sección C, donde se localiza una de las paredes pertenecientes al cerramiento del Aula Magna de la UCSG, y de acuerdo a la medidas se tiene, 96,7 m² de superficie de pared con un coeficiente standard para paredes exteriores de 1,42 Watts/m²*°C.



Figura 7.5: Vista de la sección C

Fuente: Tomado de los planos del Aula Magna UCSG.

$$Q_{st} = 1,42 \text{ Watts}/\text{m}^2 * ^\circ\text{C} \times 96,7 \text{ m}^2 \times (34^\circ\text{C} - 24^\circ\text{C})$$

$$Q_{st} = 1373,14 \text{ Watts}$$

- Pared: Sección D

En la figura 7.6 se ilustra la vista de la sección D, donde se localiza una de las paredes pertenecientes al cerramiento del Aula Magna de la UCSG, y de acuerdo a la medidas se tiene, 42,8 m² de superficie de pared con un coeficiente standard para paredes exteriores de 1,42 Watts/m²*°C.

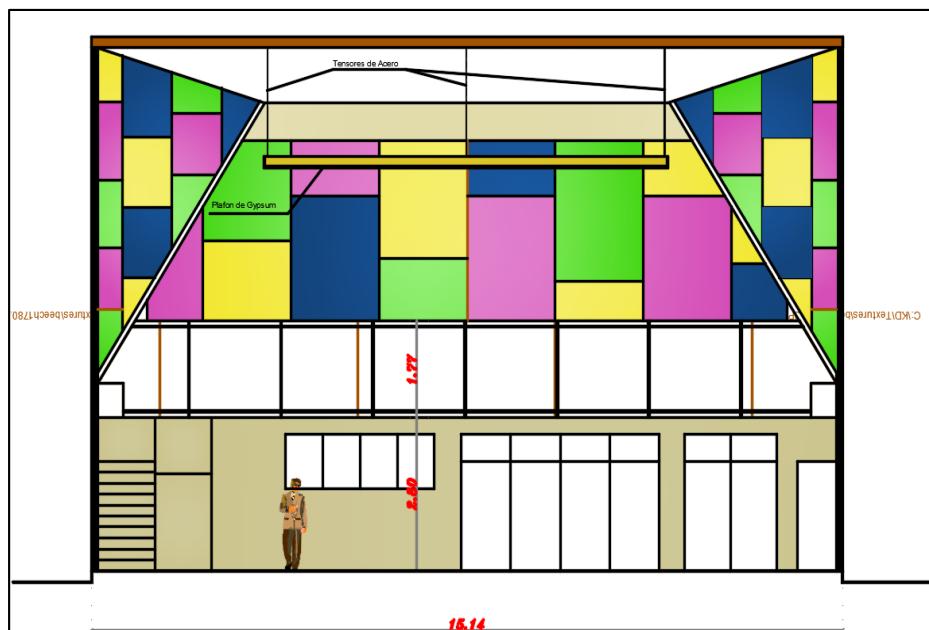


Figura 7.6: Vista de la sección D
Fuente: Tomado de los planos del Aula Magna UCSG

$$Q_{st} = 1,42 \text{ Watts}/\text{m}^2 * ^\circ\text{C} \times 42,8 \text{ m}^2 \times (34^\circ\text{C} - 24^\circ\text{C})$$

$$Q_{st} = 607,76 \text{ Watts}$$

- Techo

En la figura 7.7 se ilustra la vista del techo en modelado 3D, y de acuerdo a la medidas se tiene, 667,88 m² de superficie de pared con un coeficiente standard para paredes exteriores de 1,42 Watts/m²*°C.

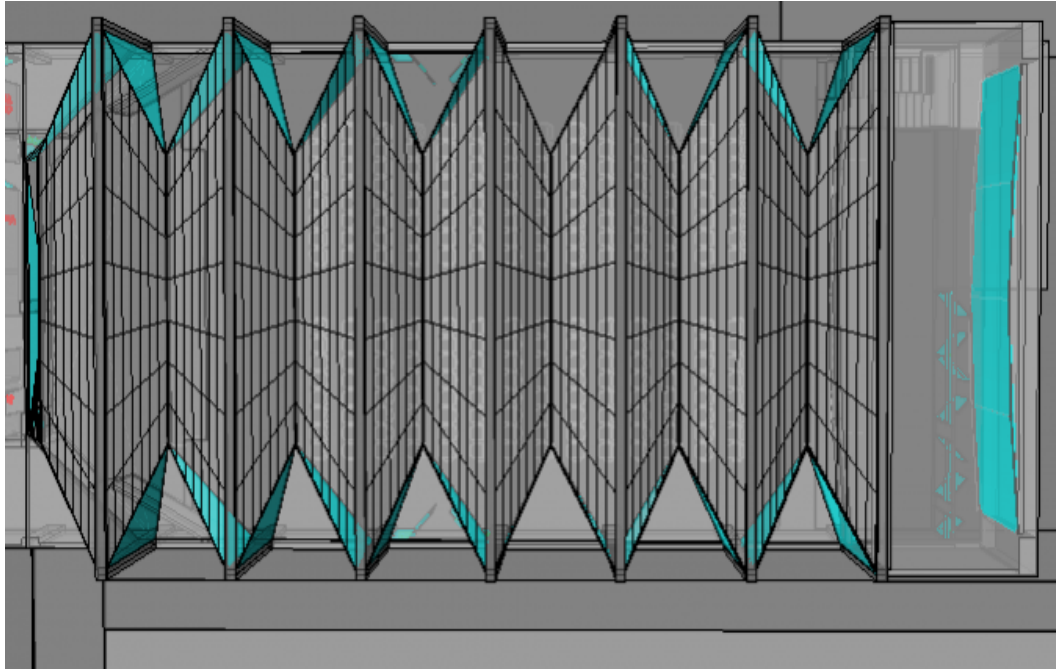


Figura 7.7: Vista del techo en modelado 3D
Elaborado por: Autor

$$Q_{st} = 1,42 \text{ Watts}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \times 667,88 \text{ m}^2 \times (34^\circ\text{C} - 24^\circ\text{C})$$

$$Q_{st} = 6645,6 \text{ Watts}$$

$$\sum Q_{st} = 1491 + 2760,48 + 1373,14 + 607,76 + 6645,6$$

$$\sum Q_{st} = 12877,98 \text{ Watts}$$

Carga térmica sensible por radiación a través de los cristales:

De acuerdo a las mediciones realizadas en los planos del Aula Magna se cálculo la superficie en m^2 de los cristales en cada sección.

$$Q_{\text{radiación}} = \text{Área de visión} \times \text{Coef. rad solar} \times \text{Fact. incremento solar real}$$

Mediante la tabla 7.3 que se muestra a continuación se detallan los valores medidos y calculados, respecto de la radiación a través de los cristales.

Tabla 7.3: Calor por radiación a través de los cristales por cada sección

Sección	Superficie de cristales	Qradiación
A	30,5 m ²	12383 W
B	71,20 m ²	28907,2 W
C	71,20 m ²	28907,2 W
D	64 m ²	25984 W
	Total	96181.4 W

Elaborado por: Autor

Carga térmica latente de infiltraciones y aportaciones internas

- Carga térmica latente de infiltraciones

Para realizar el cálculo de la carga térmica latente de infiltraciones, se hace uso de las propiedades del aire que se describen en la psicrométrica, y para ello se hace uso del software *Air Properties Calculator*, el cual nos indicará los valores de humedad relativa tanto para el aire exterior, así como también del interior; todo esto con respecto con los valores máximos de temperatura y humedad relativa, los cuales deben ser ingresados en el programa, para calcular los valores de las propiedades que se necesita, en la siguiente expresión:

$$Q_{li} = V_{ae} \times 0,84 \times (W_e - W_i)$$

W_e = Humedad absoluta del aire exterior (condiciones climáticas de la ciudad).

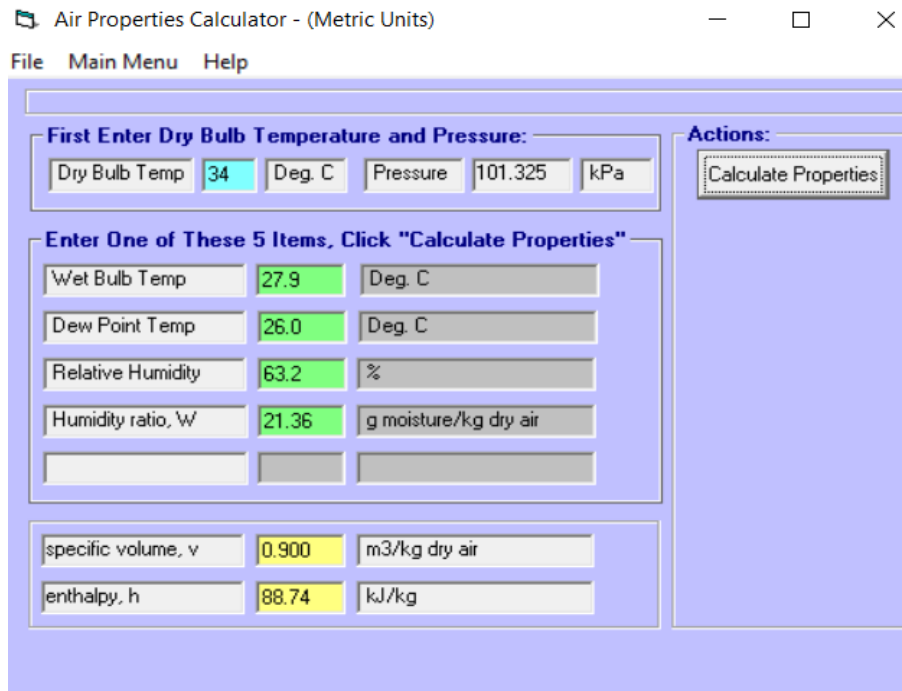


Figura 7.8: Cálculo de la humedad relativa aire exterior en software
Elaborado por: Autor

- $W_e = 21,36 \text{ } g_{H_2O} / Kg_{aire}$

W_i = Humedad absoluta del aire interior (condiciones con climatización)

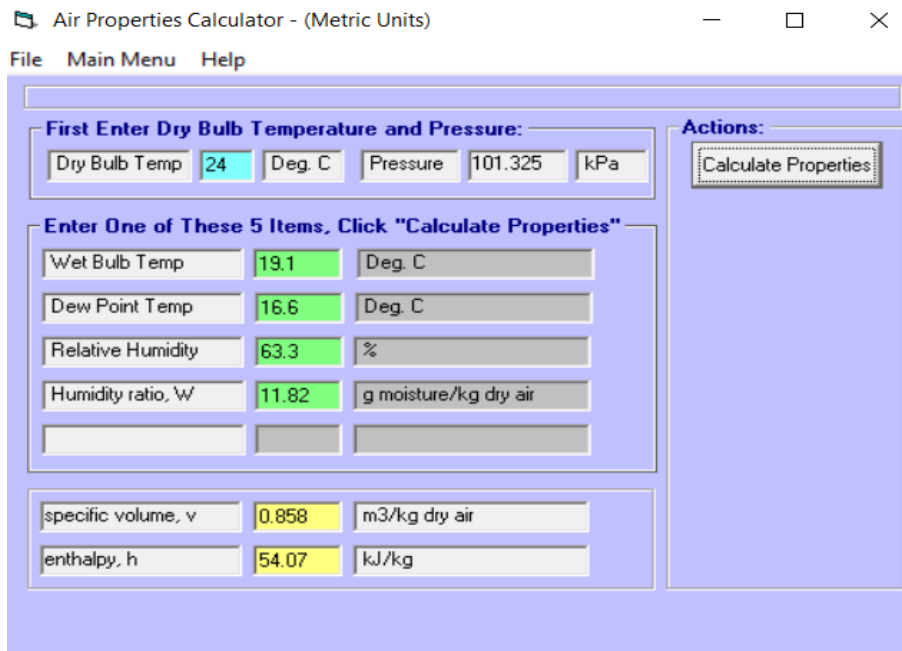


Figura 7.9: Cálculo de la humedad relativa aire interior en software
Elaborado por: Autor.

- $W_e = 11,82 \text{ } g_{H_2O} / Kg_{aire}$

$$Q_{li} = V_{ae} \times 0,84 \times (W_e - W_i)$$

$$V_{ae} = (467\text{m}^2 \times 9\text{ m}) \times 5 \text{ }^{ren}/\text{hora}$$

$$V_{ae} = 25218 \text{ m}^3/\text{hora}$$

$$Q_{li} = 21015 \text{ m}^3/\text{hora} \times 0,84 \times (21,36 - 11,82) \text{ }^{g_{H_2O}}/Kg_{aire}$$

$$Q_{li} = 168405,80 \text{ Watts}$$

Carga térmica latente y sensible por aportaciones internas:

- Personas

$$Q_{lpersonas} = n^\circ \text{ de personas} \times \text{calor latente en watts por persona}$$

$$Q_{lpersonas} = 350 \text{ personas} \times 47 \text{ watts}$$

$$Q_{lpersonas} = 16450 \text{ Watts}$$

$$Q_{spersonas} = n^\circ \text{ de personas} \times \text{calor sensible en watts por persona}$$

$$Q_{spersonas} = 350 \text{ personas} \times 70 \text{ watts}$$

$$Q_{spersonas} = 24500 \text{ Watts}$$

- Iluminación

$$Q_{siluminación} = 36 \text{ luminarias} \times 123 \text{ W}$$

$$Q_{siluminación} = 4428 \text{ W}$$

Carga térmica sensible por aportaciones del aire exterior:

$$Q_{si} = V_{ae} \times 0,33 \times (T_e - T_i)$$

$$Q_{si} = 25218 \text{ m}^3/\text{hora} \times 0,33 \times (34^\circ\text{C} - 24^\circ\text{C})$$

$$Q_{si} = 83219,4 \text{ Watts}$$

7.3 Cálculo de la demanda por iluminación

En cuanto a la iluminación, el Aula Magna posee un sistema con tecnología LED, para efectos de comprobación se realizarán los cálculos pertinentes, con el fin de medir su eficiencia VEEI.

Tabla 7.4 Ficha técnica del proyecto de iluminación

Aula Magna UCSG	
Tipo de edificación:	Local planta baja, con mezzanine.
Geometría del local:	Rectangular, con un desnivel.
Tipo de actividad:	Sala de conferencias
Dimensiones del local (largo x ancho x alto):	28,75m x 15,14m x 9,00m
Luminancia requerida:	500 lx
Reflectancias efectivas:	Paredes y techo: (Crema) 79%
	Piso: (Mármol blanco) 45%
Factor de mantenimiento:	0,88
Coefficiente de utilización	0,69

Elaborado por: Autor.

- **Cálculo de la cavidad del local**

$$hm = h - (PT - PML)$$

$$h = 9m - (7m + 0,85m)$$

$$h = 6,15 m$$

$$K = \frac{5 \times hm (largo + ancho)}{(largo \times ancho)}$$

$$K = \frac{5 \times 6,15m (28,75m + 14,15m)}{(28,75m \times 15,14m)} = 3,10$$

Para efectos de calculo se selecciona al valor más cercano en la tabla, siendo $K = 3$ el valor más aproximado correspondiente a la cavidad del local.

- **Cálculo del flujo luminoso requerido**

$$\varphi_{\text{total}} = \frac{\text{Luminancia media} \times \text{Área del local}}{\text{Coeficiente de utilización} \times \text{Factor de mantemiento}}$$

$$\varphi_{\text{total}} = \frac{500 \text{ lx} \times (28,75 \times 15,14)}{0,69 \times 0,88} = 358428,03 \text{ lx}$$

- **Cálculo del número de luminarias**

$$n^{\circ} \text{ luminarias} = \frac{\varphi_{\text{total}}}{\varphi_{\text{luminaria}} \times \text{número de luminarias por grupo}}$$

$$n^{\circ} \text{ luminarias} = \frac{358428,03 \text{ lx}}{7275 \text{ lm} \times 6 \text{ luminarias}} = 8,21$$

Siendo 8* el valor más aproximado para satisfacer la cantidad de luminarias requeridas en grupos de 6 luminarias cada una.

Debido a la geometría del local se evalúan las zonas de mayor importancia visual, dado el caso que se trata de una sala de conferencias se dividirá en dos zonas, donde se hace énfasis en la iluminación de la parte baja del local, reduciendo los pares de luminarias para la parte a baja a 6, y para la parte alta (mezzanine) se dispondrán de 2 luminarias.

- **Cálculo del flujo luminoso real**

$$\varphi_{\text{real}} = n^{\circ} \text{ de luminarias por grupo} \times n^{\circ} \text{ de luminarias} \times \varphi_{\text{luminaria}}$$

$$\varphi_{\text{real}} = 6 \times 8 \times 7275 \text{ lm}$$

$$\varphi_{\text{real}} = 349200 \text{ lm}$$

- **Cálculo de la luminancia promedio real**

$$E_{\text{promedio}} = \frac{\varphi_{\text{real}} \times (\text{Coeficiente de utilización} \times \text{Factor de mantenimiento})}{(\text{largo} \times \text{ancho})}$$

$$E_{\text{promedio}} = \frac{349200 \text{ lm} \times (0,69 \times 0,88)}{(28,75\text{m} \times 15,14\text{m})} = 487,12 \text{ lx}$$

Como el valor de la luminancia promedio real se encuentra dentro de los parámetros aceptados para este tipo de establecimiento, se dá por comprobado el correcto diseño del sistema de iluminación, bajo los párametros técnicos requeridos.

Mediante este resultado se puede deducir el porcentaje de iluminación, cubierto por el sistema de iluminación (487,12 lx) respecto al máximo requerido 500 lx.

$$\% \text{iluminación promedio} = 97.42\%$$

Este valor porcentual indica la cantidad de demanda cubierta por las luminarias con respecto al valor óptimo requerido el cual es de 500 lx.

- **Cálculo del valor de la eficiencia energética en la intalación VEEI**

$$VEEI = \frac{(\text{Pot. luminaria} \times \text{n}^\circ \text{ de lum. por grupo} \times \text{n}^\circ \text{ de luminarias}) \times 100 \text{ lx}}{(\text{largo} \times \text{ancho}) \times (E_{\text{promedio}})}$$

$$VEEI = \frac{(123 \text{ W} \times 6 \times 8) \times 100 \text{ lx}}{(28,75\text{m} \times 15,14\text{m}) \times (487,12 \text{ lx})} = 2,78 \text{ Watts}/\text{m}^2$$

Este valor hace referencia a los watts de potencia que el sistema de iluminación utiliza por cada metro cuadrado para cubrir la demanda de iluminación del establecimiento que de acuerdo a la tecnología de cada luminaria puede ser un valor elevado, o para nuestro caso, mínimo.

De acuerdo a los parámetros máximos establecidos para este tipo de locales, el cual es de $8 \text{ Watts} / \text{m}^2$, significa que el sistema es realmente eficiente por necesitar menor cantidad de watts por m^2 .

- **Simulación del sistema de iluminación Dialux**

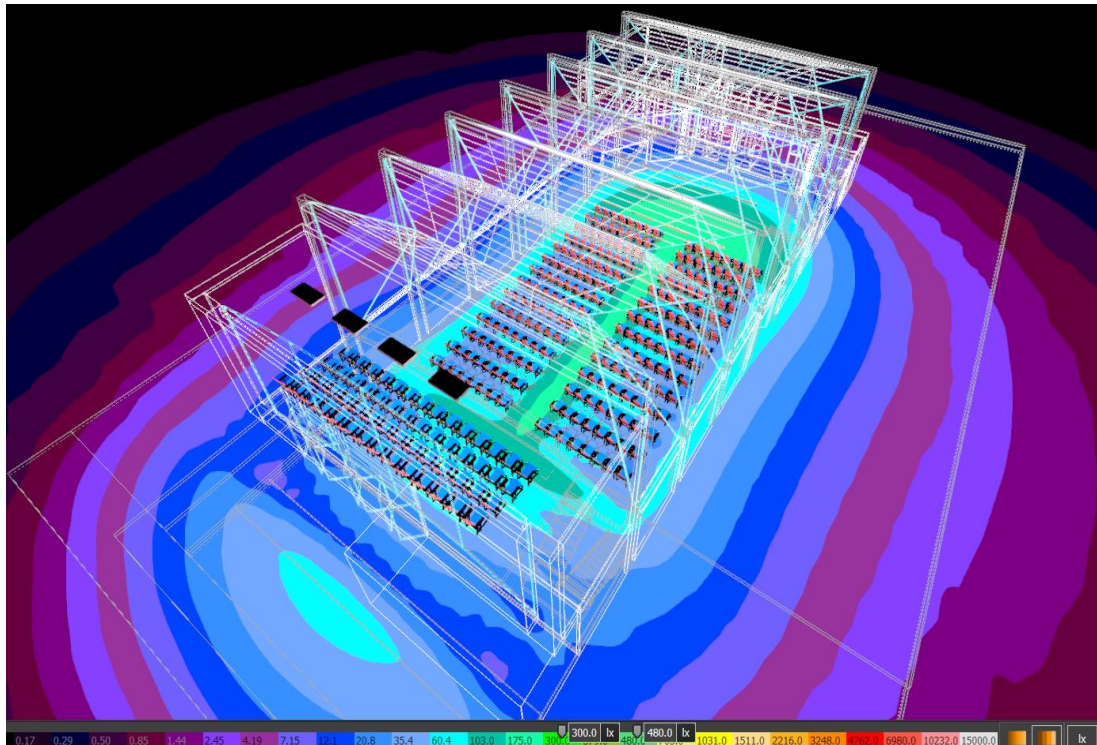


Figura 7.10: Simulación del sistema de iluminación con el software Dialux

Elaborado por: Autor

En la figura 7.10 se ilustra una captura de imagen del software Dialux con la simulación del sistema de iluminación actual del Aula Magna de la UCSG.

De acuerdo con la simulación realizada en el software, se obtuvo como resultado 480 lux de luminancia media, lo que tiene relación con el cálculo teórico obtenido, el cual fue de 487.12 lux, lo que significa un 2.64% de error para esta simulación.

Cabe recalcar que para que el margen de error de la simulación sea mínimo, las luminarias simuladas deben guardar especificaciones iguales o equivalentes a las utilizadas en el edificio real.

7.4 Consumo de energía eléctrica del Aula Magna

Para obtener el cálculo del consumo de energía eléctrica en el Aula Magna se realizó con el promedio de horas de utilización mensuales del

establecimiento, considerando los equipos de mayor impacto en materia de consumo energético, como son los sistemas analizados (climatización e iluminación).

Mediante la tabla 7.4 mostrada a continuación se dan a conocer el consumo eléctrico del establecimiento considerando los tiempos promedio de utilización de los equipos descritos.

Tabla 7.5: Consumo eléctrico del Aula Magna UCSG

Consumo eléctrico promedio del sistema de climatización del Aula Magna de la UCSG					
Equipos	Cantidad	Potencia promedio (Kw)	Tiempo de uso (períodos típicos) (horas)	Tiempo de uso mensual (horas)	Consumo Kwh
Central YORK de 15 Ton	4	32	8 horas	40	5120
Central Carrier de 5 Ton	2	7.5	8 horas	160	2400
Total Kw-hora al mes					7520
Consumo eléctrico promedio del sistema de iluminación interior del Aula Magna de la UCSG					
Equipos	Cantidad	Potencia promedio (Kw)	Tiempo de uso (períodos típicos) (horas)	Tiempo de uso mensual (horas)	Consumo Kwh
Lámparas LED de 123 W	6	0.123	8 horas	160	118.08
Reflectivas LED 123	2	0.123	8 horas	160	39.36
Total Kw-hora al mes					157.44
	Valor del Kw	\$ 0.09			7677.44
				Total a pagar en dólares	\$ 690.97

Elaborado por: Autor.

**Nota importante: Estos valores de consumo son valores referenciales, ya que el consumo exacto del establecimiento depende del tiempo de consumo mensual y del factor de coincidencia, que se refiere a momento en el que todas las cargas se encuentran operando.*

Las cuatro centrales de aire marca YORK de 15 Ton son utilizadas en promedio 40 horas en el mes, teniendo como consumo unos 5120 Kwh al mes, mientras que por otro lado se tienen dos centrales de aire marca Carrier de 5 Ton consumen unos 2400 kwh al mes, lo que deja un total de consumo por concepto de equipos de climatización de aproximadamente 7520 Kwh.

En cuanto al consumo por concepto de iluminación interior se tiene un total de 157.44 Kwh al mes teniendo en cuenta unas 160 horas de uso al mes.

CAPÍTULO 8

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA ACTUAL Y PLAN DE MEJORAS

En este capítulo se realiza una calificación energética de los equipos, respecto de su dimensionamiento y la calidad de las instalaciones del Aula Magna de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Teniendo en cuenta los valores obtenidos en los cálculos tanto de la carga térmica del establecimiento, como del sistema de iluminación. Respecto de lo cual se realizará una calificación de las instalaciones conforme se encuentran en la actualidad, y así realizar una propuesta de posibles mejoras en cuanto al consumo de energía eléctrica.

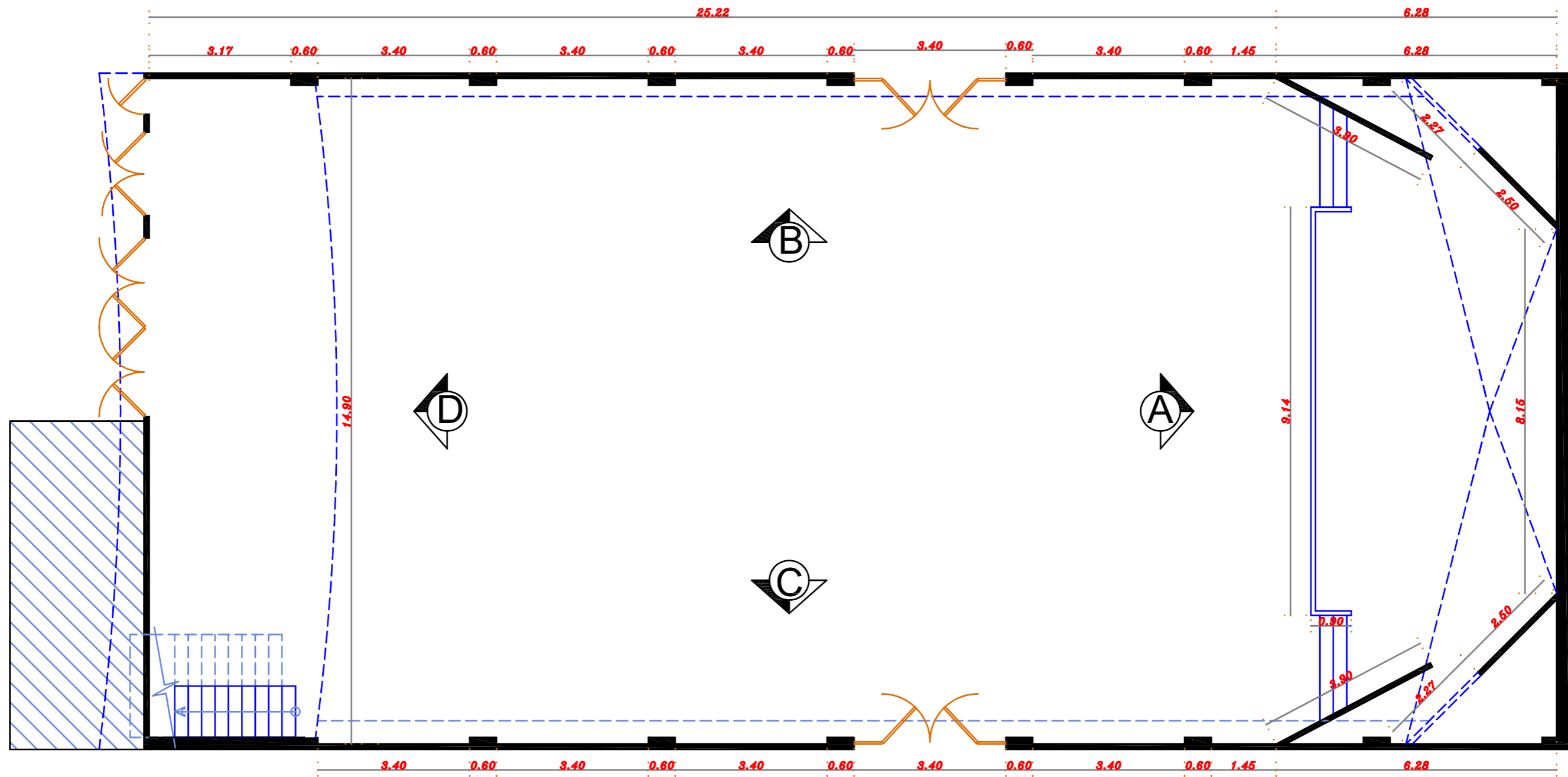
8.1 Identificación del edificio

Tabla 8.1: Información inicial del proyecto para la calificación energética

Datos de entrada del proyecto de calificación energética	
Nombre del edificio:	Aula Magna "Monseñor César Antonio Mosquera Corral"
Uso del Edificio:	Actos/ Salón de conferencias
Zona climática:	Tropical
Volúmen de estudio de la envolvente térmica:	4203 m ³
Condiciones normales de utilización promedio:	5 días tiempo completo (8 horas), por mes.
Sistema de envolvente:	Muros de pared exterior estructural, con yeso en el interior, sin aislar.

Elaborado por: Autor.

Figura 8.1: Plano arquitectónico del Aula Magna de la UCSG



Planta Baja
Escala: 1-----100



PROYECTO:
EDIFICIO AULA MAGNA

UBICACION:
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CONTENIDO:
IMPLANTACION PLANTA BAJA

ACTUALIZACIÓN 2013:

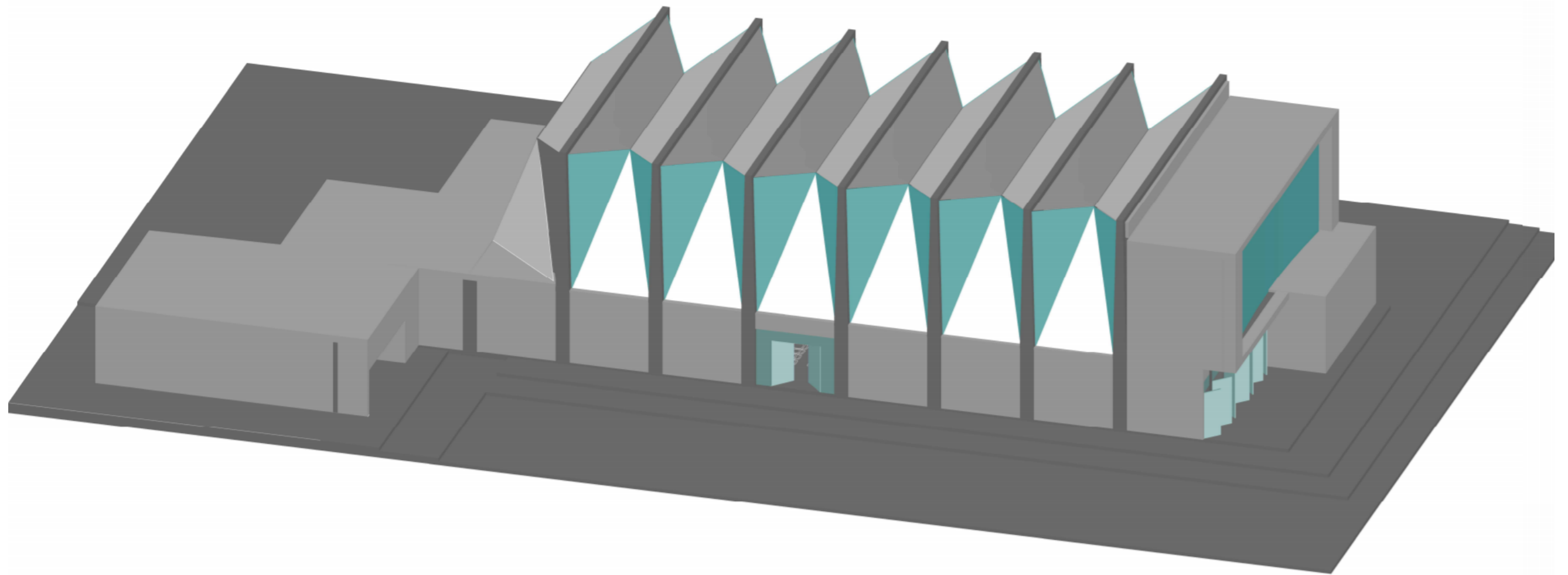
APROBACIÓN :
Ec. Mauro Toscanini Segale
Rector Universidad Católica de Stgo de Gquil

FECHA:
01/2013

ESCALA:

HOJA N°:
1

Figura 8.2: Modelado 3D del Aula Magna de la UCSG



Universidad Católica
de Santiago de Guayaquil

PROYECTO:
AULA MAGNA UCSG

UBICACIÓN:
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CONTENIDO:
MODELADO 3D DEL AULA MAGNA DE
LA UCSG

ACTUALIZACIÓN 2018:
PEDRO RODRÍGUEZ

NOTAS:

8.2 Análisis de los resultados de las instalaciones evaluadas

8.2.1 Análisis de resultados de la carga térmica del edificio

Para analizar la eficiencia del sistema de climatización que posee el Aula Magna de la UCSG, se comparará los resultados obtenidos de la carga térmica, para establecer si es capaz de cubrir la demanda térmica en condiciones normales de funcionamiento de los equipos.

Tabla 8.2: Resumen de resultados de los cálculos de la carga térmica del Aula Magna

Resultados de los cálculos de la carga térmica del Aula Magna		
Tipo de carga térmica	Carga térmica en Watts	Carga térmica en BTU/hora
Carga térmica sensible de paredes y techo:	<i>12877,98 Watts</i>	<i>44058,53 BTU/hora</i>
Carga térmica sensible por radiación a través de los cristales:	<i>96181.4 Watts</i>	<i>329058,69 BTU/hora</i>
Carga térmica latente de infiltraciones y aportaciones internas:	<i>168405,80 Watts</i>	<i>576154,97 BTU/hora</i>
Carga térmica latente y sensible de aportaciones internas:	<i>28428 Watts</i>	<i>97258,73 BTU/hora</i>
Carga térmica sensible por aportaciones del aire exterior:	<i>83219,4 Watts</i>	<i>284712,70 BTU/hora</i>

Elaborado por: Autor.

En la tabla 8.2 se tabuló un resumen de las cargas térmicas en Watts, que son resultado de los cálculos realizados de acuerdo a los parámetros que se presentan en condiciones normales en Aula Magna de la UCSG, este resumen es una base para la construcción de un gráfico donde se

establecerán los valores porcentuales de las cargas térmicas más significativas para poder definir y calificar el rendimiento de los equipos instalados actualmente en el edificio.

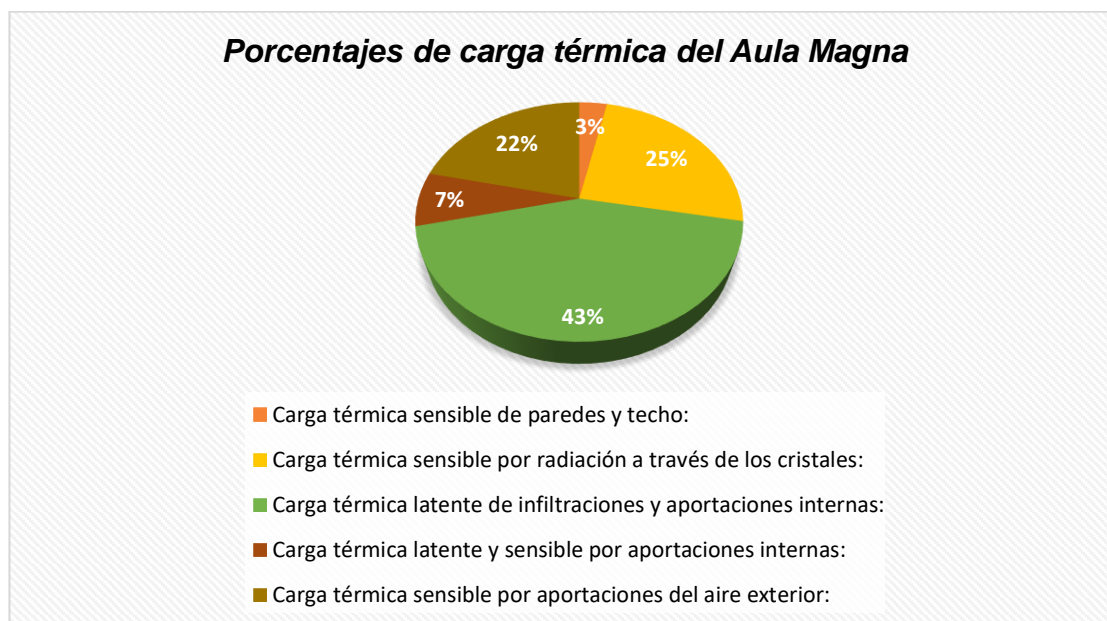


Figura 8.3: Porcentajes: Carga térmica del Aula Magna UCSG
Elaborado por: Autor.

En la figura 8.3 se muestran los porcentajes que representan cada una de las cargas térmicas en el Aula Magna, correspondientes a los valores calculados en Watts.

Tabla 8.3: Resultados de los cálculos de climatización del Aula Magna

Equipos de climatización instalados en el Aula Magna				
Centrales	Cantidad	Toneladas de refrigeración	Potencia eléctrica en Kw	Potencia térmica BTU/hora
Central manejadora de aire tipo paquete Marca YORK de 15 Ton.	4	60	32Kw por cada equipo	720000 BTU/hora por los 4 equipos
Central de aire Marca Carrier de 5 Ton.	2	10	7.5 Kw por cada equipo	120000 BTU/hora por los 2 equipos

Elaborado por: Autor.

En la figura 8.4 se ilustra un gráfico comparativo entre el sistema instalado actualmente y el calculado, el cual nos da una referencia del valor de la demanda que resta por cubrir por parte del sistema.

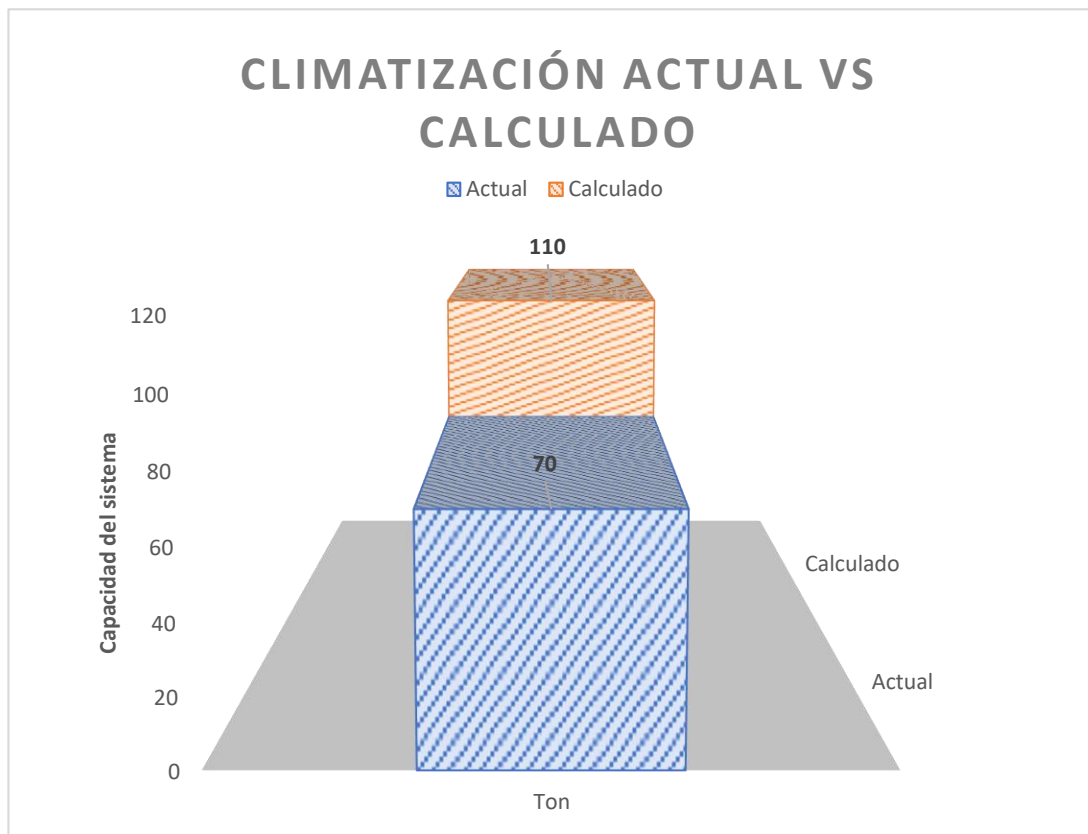


Figura 8.4: Capacidad del sistema de climatización actual vs el calculado
Elaborado por: Autor.

En cuanto a la eficiencia de equipos instalados, se deduce en primera instancia de acuerdo al gráfico que se ilustra en la figura 8.4, que la capacidad de enfriamiento del sistema es insuficiente por el simple hecho que no cumple la demanda térmica del edificio en condiciones normales de funcionamiento.

Ahora si bien es cierto estos valores fueron obtenidos asumiendo que la temperatura del aire exterior es 34 °C promedio; pero como se conoce, este valor es variable, por lo que en algunas épocas del año donde la temperatura disminuye a una temperatura pico de 28°C, y la capacidad instalada puede ser suficiente para satisfacer la demanda térmica de la edificación.

8.2.2 Análisis de los resultados de la iluminación del edificio

Nuestro análisis de la iluminación interior está en función de los requerimientos que presentan las salas de conferencia, respecto de la calidad de visualización de los asistentes hacia el escenario o estrado.

Tabla 8.4: Resultados de los cálculos de la iluminación del Aula Magna

Resultados de los cálculos de iluminación del Aula Magna	
Luminancia requerida:	500 <i>lx</i>
Cálculo de la cavidad del local:	$K = 3,10$
Cálculo del flujo luminoso requerido:	358428,03 <i>lx</i>
Cálculo del número de luminarias:	8 <i>Luminarias</i>
Cálculo del flujo luminoso real:	$\varphi_{real} = 349200 \text{ lm}$
Cálculo de la luminancia promedio real:	$E_{promedio} = 487,12 \text{ lx}$
Cálculo del valor de la eficiencia energética en la instalación VEEL:	$VEEL = 2,78 \text{ Watts}/m^2$

Elaborado por: Autor

En cuanto a la eficiencia del sistema de iluminación del Aula Magna, se deduce que las luminarias instaladas cumplen con los requerimientos para una buena calidad de visualización, la cual es de 487.12 lx, donde el mínimo para este tipo de establecimientos es de 300 lx y el máximo de 500 lx, por lo que se puede decir, que es un sistema de iluminación de alta eficiencia.

Tabla 8.3: Resumen de los resultados de luminancia media calculado y simulado.

Valores calculados y simulados del sistema de iluminación del Aula Magna	
Cálculados	Luminancia media: 487.12 <i>lx</i> (pág. 80)
Simulación Dialux	Luminancia media: 480 <i>lx</i> (pág. 81)

Elaborado por: Autor

8.3 Calificación energética de los sistemas evaluados

8.3.1 Calificación del sistema de climatización

La calificación energética porcentual del sistema de climatización del Aula Magna de acuerdo a la cobertura de la demanda térmica del edificio, la cual actualmente se encuentra aproximadamente cubriendo en un 63,66 %, de acuerdo con los cálculos realizados.

Tabla 8.4: Calificación energética de las instalaciones de climatización

Calificación de las instalaciones de climatización.	
<p>Mayor eficiencia</p> <p>Menor eficiencia</p>	<p>63,66% de cobertura de la demanda térmica del edificio</p>
<p>Edificio: Aula Magna UCSG Localidad/Zona Climática: Tropical *** Uso del Edificio: Conferencias y salón de actos Equipos de climatización: Categoría A* Anexo 3</p> <p>La calificación de eficiencia energética se la realiza en función del dimensionamiento de los equipos de climatización con respecto a la cobertura de la demanda térmica máxima del edificio en condiciones normales de funcionamiento.</p>	<p>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD E+D EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO</p>

Elaborado por: Autor.

8.3.2 Calificación del sistema de iluminación

La calificación energética porcentual del sistema de iluminación del Aula Magna de acuerdo al nivel de luminancia promedio real, la cual actualmente es de aproximadamente 487.12 lx, y que representa un 97,42 % de acuerdo a los cálculos realizados.

Tabla 8.5: Calificación energética de las instalaciones de iluminación

Calificación del sistema de iluminación.	
<p>Mayor eficiencia</p> <p>Menor eficiencia</p>	<p>97.42% con respecto a al nivel de lx máximos requeridos.</p>
<p>Edificio: Aula Magna UCSG Uso del Edificio: Conferencias y salón de actos Luminancia requerida: 500 lux - Anexo 8 Luminaria utilizada: Categoría A*</p> <p>La calificación de eficiencia energética se la realiza en función del nivel de luminancia óptima requerida por el tipo de establecimiento que se desea iluminar y el tipo de luminaria utilizada.</p>	<p>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD E+D EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO</p>

Elaborado por: Autor.

8.4 Propuesta de mejoras en las instalaciones

- Climatización

En cuanto el sistema de climatización del Aula Magna, de acuerdo a los resultados obtenidos a través de los cálculos, se presenta la necesidad de implementar dos unidades adicionales de mínimo 15 ton de las mismas características de las instaladas actualmente, y así de esa manera satisfacer la demanda térmica del lugar en las condiciones especificadas en los cálculos.

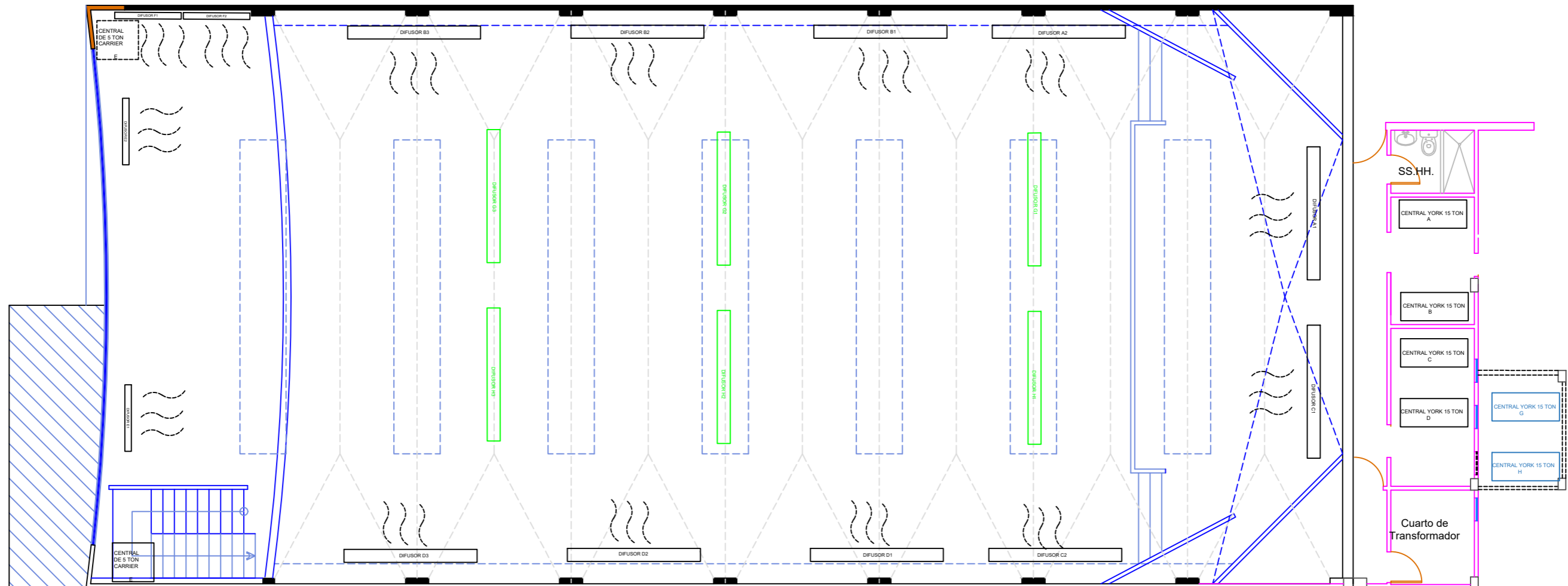
La implementación de nuevas unidades, aumentaría al menos en un 30% la eficiencia de los equipos, y generaría un ahorro energético considerable cuando las condiciones de la demanda energética disminuyan, ya sea por condiciones climáticas o por la cantidad de ocupantes; por cuanto el sistema trabajará en estado de ahorro por la disminución del trabajo de los compresores de cada una de las unidades manejadoras de aire. Además de la inclusión de difusores lineales en la parte superior del edificio, para una mejora en la distribución del aire y del ciclo de convección que se realiza constantemente por las unidades.

- Iluminación

De acuerdo con los cálculos y la simulación del sistema de iluminación actual del Aula Magna, se puede señalar que el sistema es eficiente desde el punto de vista de los requerimientos para la óptima visualización de los asistentes, pero en cuanto al control aún es análogo; por tanto se propone una mejora para que el control de la iluminación se lo realice por medio de un panel conmutado; para que sea controlado tanto desde el cuarto principal, como desde el mismo estrado, por los ponentes que se presentan en la sala de conferencias.

A continuación en las figuras 8.5 y 8.6 se ilustran planos referenciales de las propuestas planteadas para las mejoras en la calificación energética del Aula Magna de la UCSG:

Figura 8.5: Propuesta de mejora en el sistema de climatización



PROYECTO:
AULA MAGNA UCSG

UBICACIÓN:
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

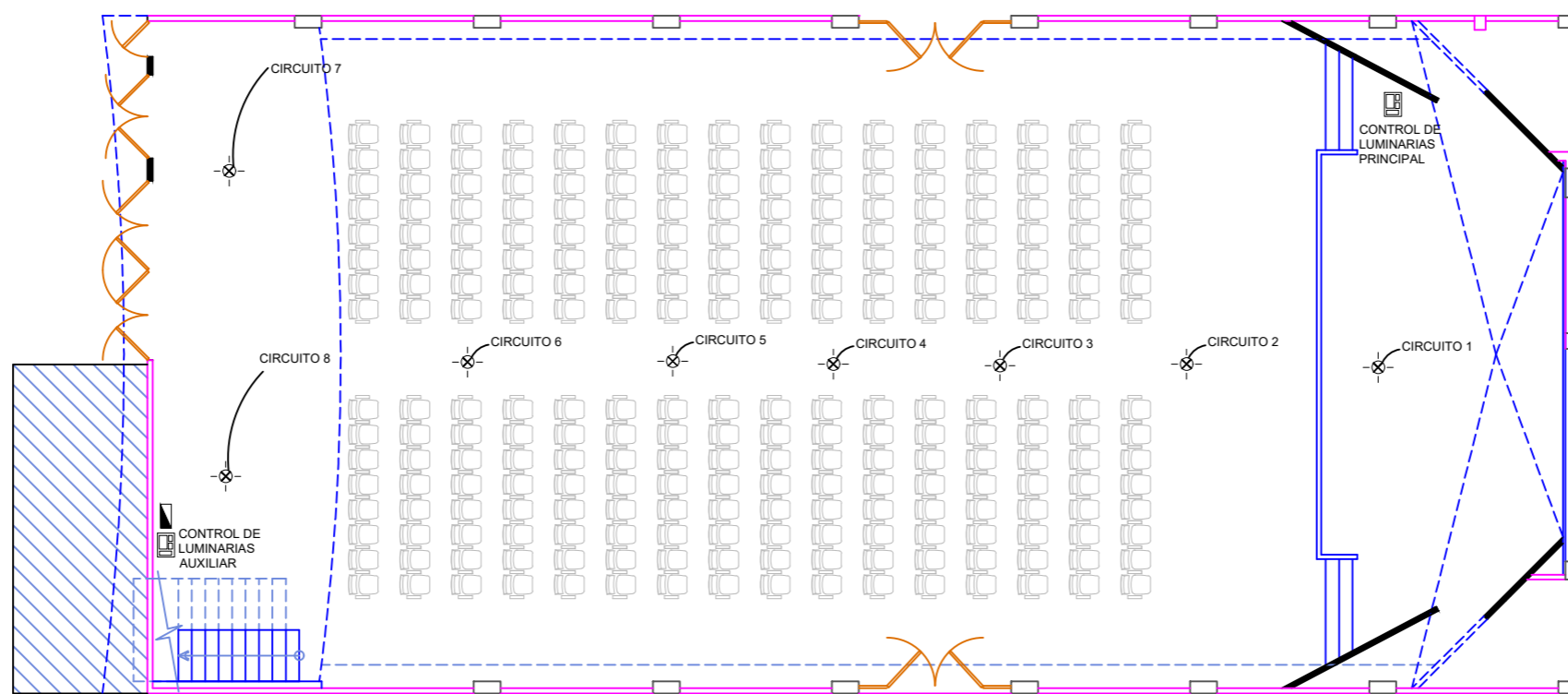
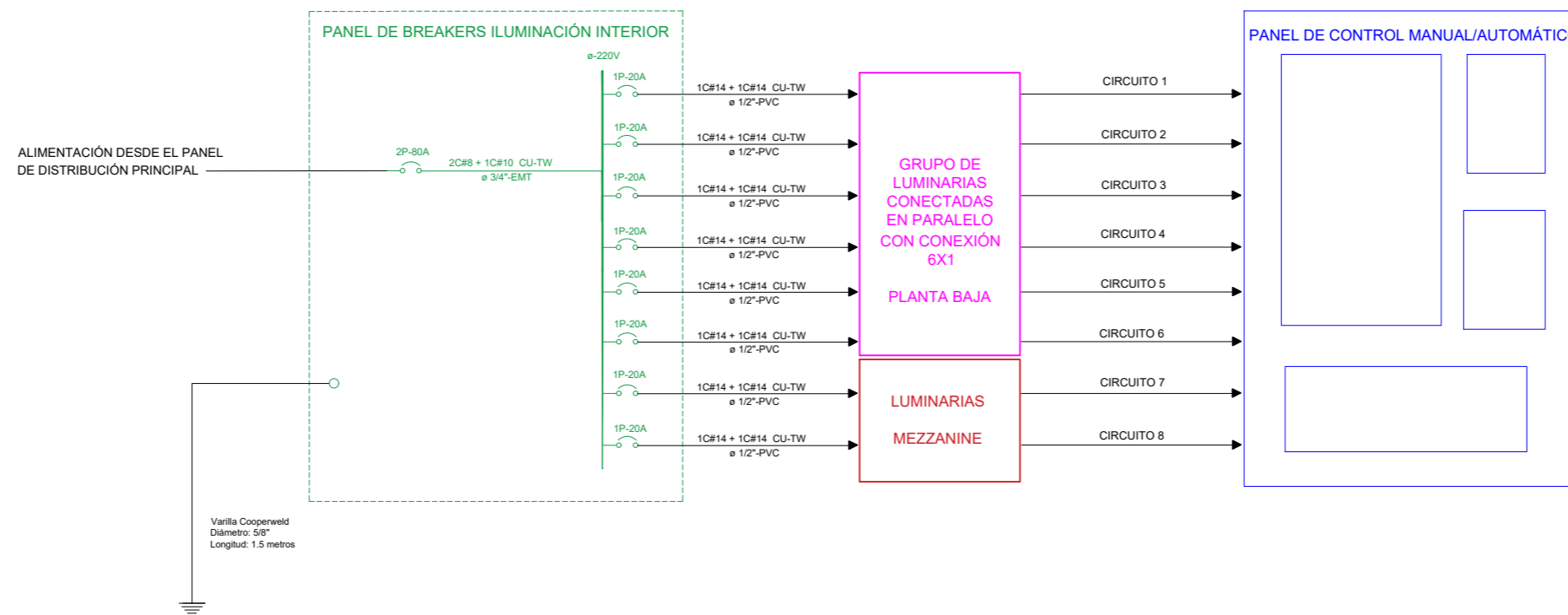
CONTENIDO:
PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS UNIDADES MANEJADORAS DE AIRE MARCA YORK

ACTUALIZACIÓN 2018:
PEDRO RODRÍGUEZ

NOTAS:

- EN COLOR NEGRO SE INDICAN LAS UNIDADES Y DIFUSORES EXISTENTES.
- EN COLOR CELESTE SE INDICAN LAS NUEVAS UNIDADES.
- EN COLOR VERDE SE INDICAN LOS NUEVOS DIFUSORES, EN LA PARTE SUPERIOR DEL EDIFICIO.

Figura 8.6: Propuesta de mejora en el sistema de iluminación



SIMBOLOGÍA ELÉCTRICA

	GRUPO DE LUMINARIAS
	PANEL DE BREAKERS
	INTERCOMUNICADOR
	BREAKER



PROYECTO:
AULA MAGNA UCSC

UBICACIÓN:
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

CONTENIDO:
PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE LA ILUMINACIÓN

ACTUALIZACIÓN 2018:
PEDRO RODRÍGUEZ

NOTAS:

- EN LA SIMBOLOGÍA ELÉCTRICA SE ESPECIFICAN A QUE CORRESPONDE CADA UNO DE LOS ELEMENTOS PRESENTES EN EL DISEÑO.

CAPÍTULO 9

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 CONCLUSIONES

En el presente proyecto se destaca el cálculo de las cargas térmicas de la edificación, el cual favorece al correcto dimensionamiento de los equipos de climatización, y por consiguiente nos garantiza una mayor eficiencia en el uso de la energía eléctrica.

Cuando un sistema de climatización está en función de los requerimientos máximos de un edificio, favorece al confort de las personas y aumenta la vida útil de los equipos.

En cuanto a la iluminación, siempre se pueden proponer mejoras; los controles automatizados favorecen al ahorro de energía, además de la inclusión de la domótica es posible incrementar considerablemente el rendimiento, para una mejora en la visualización. Existe un margen mínimo de error entre la simulación de la iluminación y los cálculos teóricos, por lo que para efectos de diseño es totalmente factible hacer uso de estas herramientas digitales.

Con la evaluación de las instalaciones y equipos del edificio, se debe hacer énfasis en la capacidad instalada y compararla con la requerida, para así tener una perspectiva global de la instalación. Los cálculos teóricos son necesarios al momento de calificar una instalación en general, ya que con ellos se realizan comparaciones para determinar porcentualmente que tan eficiente puede ser.

Mediante este proyecto, se puede concluir que es de total urgencia la implementación de normativas específicas para la calificación energética de los edificios, que abarquen temas tanto constructivos, como del uso e implementación de equipos de alta eficiencia.

9.2 RECOMENDACIONES

Para garantizar una mayor eficiencia en la distribución del aire del sistema de climatización es recomendable, ubicar los nuevos difusores en la parte superior del edificio, para de esta manera asegurar una óptima climatización.

Realizar mantenimientos periódicos de limpieza de filtros y ductos en las instalaciones de climatización, para asegurar el correcto funcionamiento de los equipos y evitar averías.

Innovar constantemente en el control automatizado de la iluminación para darle un uso más eficiente a las luminarias.

Se recomienda realizar un estudio para la implementación de energías renovables para reducir el consumo de energía de la red pública.

Se recomienda realizar un análisis de intervención para las mejoras de la eficiencia energética en la industria.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Al-Homoud, D. M. S. (2005). Performance characteristics and practical applications of common building thermal insulation materials. *Building and Environment*, 40(3), 353–366. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2004.05.013>

ARCONEL. (2016). Estadística anual y multianual del sector eléctrico. Recuperado el 14 de marzo de 2018, a partir de <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/08/Estad%C3%ADstica-anual-y-multianual-sector-el%C3%A9ctrico-2016.pdf>

Arelux. (2017). Aislantes térmicos Arelux - Especialistas en aislamiento térmico reflexivo. Recuperado el 14 de marzo de 2018, a partir de <https://arelux.com/aislantes-termicos/>

Çengel, Y. A. (2007). *Transferencia de calor y masa: un enfoque práctico*. McGraw-Hill.

Chavez. (2012). *Proyecto de factibilidad para uso de paneles solares en generación fotovoltaica de electricidad en el complejo habitacional “ San Antonio” de Riobamba*. ESPOCH. Recuperado a partir de http://www.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/TECNOLOGICAS_20/Electricidad/73.pdf

Diagrama: Proceso de generación de la energía eléctrica. (s/f). Recuperado el 18 de febrero de 2018, a partir de <http://www.greenpeace.org/chile/es/multimedia/fotos/photos/proceso-de-generacion-de-energia-electrica/>

Escudero, J. M., & López, J. M. E. (2008). *Manual de energía eólica/ Guide to Wind Energy*. Mundi-Prensa Libros.

ETHOS. (2017). Hacia un México Sostenible: APP en Eficiencia Energética. Recuperado el 14 de marzo de 2018, a partir de <https://ethos.org.mx/es/ethos-publications/hacia-mexico-sostenible-app-eficiencia-energetica/>

Fernando, S. N., Daniel, G. G., & Adeline, R. (2010). *Energía de la biomasa II (Energías renovables)*. Prensas de la Universidad de Zaragoza.

Galdames. (2014). *Condensadores Evaporativos*. Recuperado a partir de <http://slideplayer.es/slide/15550/>

Gas Servei. (2017). Ficha técnica R410A. Recuperado el 14 de marzo de 2018, a partir de <https://www.gas-servei.com/images/Ficha-tecnica-R410A.pdf>

Gonzalo, G. E., & Nota, V. M. (2003). *Manual de arquitectura bioclimática*. Nobuko.

Graña, R. (2016). ¿Cómo funciona el aire acondicionado? Recuperado el 24 de enero de 2018, a partir de <http://comofuncionaque.com/como-funciona-el-aire-acondicionado/>

Hernanz. (2014). La iluminación y su eficiencia energética en el nuevo CTE DB HE3. Recuperado el 25 de enero de 2018, a partir de <http://www.certificadosenergeticos.com/iluminacion-eficiencia-energetica-nuevo-cte-db-he3>

HVAC. (2017). Recuperado el 24 de enero de 2018, a partir de https://www.uky.edu/bae/sites/www.uky.edu/bae/files/CAPITULO_7.pdf

ingemecanica. (2017). Ventilación y Renovación de Aire Interior en los Edificios. Recuperado el 25 de enero de 2018, a partir de <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn251.html>

INTEF. (2010). Hydraulic energy. Recuperado el 20 de enero de 2018, a partir de http://recursostic.educacion.es/newton/web/materiales_didacticos/e_hidraulica/e_hidraulica.html

Jaime G. Molina P. (2004). *Mini Hidraulica*. Universidad Mayor de San Andrés. Recuperado a partir de <https://es.scribd.com/doc/7287533/Mini-Hidraulica>

Jimbo. (2017). Biogas Energy. Recuperado el 20 de enero de 2018, a partir de <https://www.thegreenage.co.uk/tech/biogas-energy/>

Khasreen, M. M., Banfill, P. F. G., & Menzies, G. F. (2009). Life-Cycle Assessment and the Environmental Impact of Buildings: A Review. *Sustainability*, 1(3), 674–701. <https://doi.org/10.3390/su1030674>

Kleiven, T. (2003). *Natural Ventilation in Buildings Architectural concepts, consequences and possibilities*.

Kreith, F., Manglik, R. M., & Bohn, M. S. (2012). *Principios de transferencia de calor*. Cengage Learning Editores.

Liévanos & Romo. (2017). | Climatización el arte de preservar Mundo HVAC&R. Recuperado a partir de <https://www.mundohvacr.com.mx/2013/09/climatizacion-el-arte-de-preservar/>

Manwell, J. F., McGowan, J. G., & Rogers, A. L. (2010). *Wind Energy Explained: Theory, Design and Application*. John Wiley & Sons.

Merlin. (2017). Aislamiento - Eficiencia Energética - Leroy Merlin. Recuperado el 8 de enero de 2018, a partir de http://www.leroymerlin.es/ideasYConsejos/eficienciaenergetica/eficiencia_aislamiento.html

Morton & Ammi. (2008). Variable Refrigerant Flow: An Emerging Air Conditioner and Heat Pump Technology. Recuperado a partir de https://aceee.org/files/proceedings/2008/data/papers/3_228.pdf

(NEC-11 Capítulo 13: Eficiencia energética en la construcción en Ecuador, 2011). (s/f). Recuperado a partir de <https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/nec2011-cap-13-eficiencia-energ3a9tica-en-la-construccic3b3n-en-ecuador-021412.pdf>

NEC-Capítulo 13. (s/f). Recuperado a partir de <https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/nec2011-cap-13-eficiencia-energ3a9tica-en-la-construccic3b3n-en-ecuador-021412.pdf>

Ramirez. (2013). *Proyecto de acondicionamiento de aire para un quirofono perteneciente a un hospital localizado en la ciudad de Toluca, Estado de México*. Recuperado a partir de

<http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/12059/1/TESIS%20%20AIRE%20ACONDICIONADO.pdf>

Schallenberg, Piernavieja, & Hernández. (2008). *Energías Renovables y Eficiencia Energética*. Recuperado a partir de <http://www.cienciacanaria.es/files/Libro-de-energias-renovables-y-eficiencia-energetica.pdf>

Vega. (2013). Carta Psicrométrica. Recuperado el 14 de marzo de 2018, a partir de <http://psicrometria-imi131.blogspot.com/2013/11/carta-psicrometrica.html>

ANEXOS

Anexo 1. Condiciones climatológicas en la Ciudad de Guayaquil

Table 1: Climatic conditions of a typical meteorological year in **Guayaquil**, Ecuador [12].

Month	Dry Bulb Temperature (°C)			%RH			Average Dew Point (°C)
	Max.	Min.	Aveg.	Max.	Min.	Aveg.	
Jan	33.4	21.2	26.3	100	34	69	19.8
Feb	31.9	20.9	26.0	100	45	76	21.2
Mar	32.5	21.6	26.3	98	49	77	21.7
Apr	32.5	21.8	26.2	100	45	74	21.0
May	32.8	21.2	25.7	100	40	72	20.0
Jun	30.2	19.0	23.9	98	45	74	18.6
Jul	30.1	18.2	23.7	99	48	72	18.1
Aug	29.7	18.7	23.5	100	45	71	17.8
Sept	30.0	18.4	23.5	97	42	71	17.7
Oct	31.2	19.3	24.0	96	39	70	17.9
Nov	31.5	19.2	24.2	100	41	69	17.8
Dec	32.3	20.8	26.1	97	38	64	18.5

MES	HELIOFANIA (Horas)	TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA (°C)					HUMEDAD RELATIVA (%)				PUNTO DE ROCIO (°C)	TENSION DE VAPOR (hPa)	PRECIPITACION(mm)			Número de días con precipitación		
		ABSOLUTAS		M E D I A S			Máxima	Minima	Media	Máxima			Minima	Media	Mensual		Máxima en 24hrs	día
		Máxima	Minima	Máxima	Minima	Mensual												
ENERO	66.0	35.2	15	31.0	23.2	27.0				73	21.5	25.7	151.0	40.9	16	15		
FEBRERO	69.6	34.3	27	31.4	23.2	27.0	99	4	52	26	78	22.6	27.4	110.8	24.3	13	14	
MARZO	171.2			33.3		28.5				69	21.9	26.3	37.0	19.3	31	4		
ABRIL	118.8	33.9	5	32.5	22.9	27.4	97	18	52	5	75	22.2	26.8	360.1	99.9	18	19	
MAYO	134.4		21.4	32.6	23.2	27.6	94	27	53	9	71	21.8	26.1	2.5	1.7	31	2	
JUNIO	66.9	33.0	5	30.5	22.9	26.4	94	16	55	13	75	21.4	25.5	3.5	1.8	2	4	
JULIO	50.9			29.4	22.3	25.3				79	21.3	25.3	15.5	8.0	14	4		
AGOSTO	90.8	31.6	6	29.7	21.3	24.7	97	12	61	9	79	20.6	24.3	0.0	0.0	1	0	
SEPTIEMBRE	150.0	33.8	5	31.0	21.0	25.0	95	30	51	10	76	20.2	23.7	0.0	0.0	1	0	
OCTUBRE	88.5			30.0	20.5	24.7	97	12	50	30	74	19.5	22.7	0.1	0.1	3	1	
NOVIEMBRE	144.8	34.6	29	31.5	21.0	26.0	89	3	45	29	68	19.4	22.6	0.9	0.9	13	1	
DICIEMBRE	113.5	35.0	26	32.6	23.1	27.5	97	30	41	7	64	19.8	23.2	24.1	19.2	28	4	
VALOR ANUAL	1265.4			31.3		26.4				73	21.0	25.0	705.5	99.9				

MES	EVAPORACION (mm)		NUBOSIDAD MEDIA (Octas)	VELOCIDAD MEDIA Y FRECUENCIAS DE VIENTO																Vel. Mayor Observada (m/s)	VELOCIDAD MEDIA (Km/h)					
	Suma Mensual	Máxima en 24hrs		N	NE		E	SE		S	SW		W	NW	CALMA	Nro OBS										
					(m/s)	%		(m/s)	%		(m/s)	%					(m/s)	%	(m/s)			%	(m/s)	%		
ENERO	117.5		7	1.0	9	1.1	15	1.0	3	1.5	4	1.3	20	1.4	25	1.5	2	1.0	4	17	93	2.0	SW	1.8		
FEBRERO	102.4	10.1	27	7	1.0	6	1.1	18	1.3	4	1.3	11	1.2	13	1.3	14	1.0	1	2.0	1	32	84	3.0	SW	1.5	
MARZO	170.2			6	1.0	5	1.1	14	1.0	3	1.6	10	1.1	30	1.3	14	0.0	0	1.2	10	14	93	3.0	SE	2.8	
ABRIL	119.0			7	1.0	1	1.1	24	1.0	8	1.3	17	1.3	7	1.4	27	0.0	0	1.5	4	12	90	3.0	NW	0.2	
MAYO	142.3	7.8	10	6	1.7	3	1.8	4	1.5	2	1.5	13	1.5	12	1.5	45	0.0	0	1.5	4	16	93	3.0	SE	3.4	
JUNIO	119.4	5.5	4	7	0.0	0	1.2	7	2.3	3	1.9	16	1.4	10	1.4	52	0.0	0	0.0	0	12	90	4.0	SE	3.1	
JULIO	105.8			7																						3.0
AGOSTO	134.5	5.2	11	7	0.0	0	1.2	7	1.0	1	1.5	16	1.5	18	2.0	56	2.0	1	0.0	0	1	93	3.0	SW	3.4	
SEPTIEMBRE	157.2	7.9	30	6	0.0	0	1.8	6	2.0	1	1.3	22	3.0	2	1.9	63	0.0	0	1.0	1	4	90	3.0	S	4.3	
OCTUBRE	133.0	5.7	8	7	0.0	0	2.3	4	2.0	1	3.3	22	3.7	15	3.9	50	2.0	1	1.0	1	7	93	6.0	SE	3.6	

Anexo 2. Temperaturas extremas en ciudades del Ecuador

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

Anexo 3. Especificaciones técnicas central de la central YORK

Component	Description	Model			
		90	120	180	240
EVAPORATOR BLOWER ¹	Centrifugal Blower (Dia. X Wd. in.)	15 X 15	15 X 15	18 X 18	(2) X15 X 12
	Fan Motor HP (Belt Drive)	1-1/2	2	3	3, 5
EVAPORATOR COIL	Rows Deep	3	3	3	3
	Finned Length (in.)	46	46	54	83
	Fins per Inch	13	13	13	13
	Face Area (ft.2)	8.6	10.2	12.0	18.4
HOT WATER COIL	Rows Deep	2	2	2	2
	Finned Length (in.)	46	46	54	83
	Fins Per Inch	12	12	12	12
	Face Area (ft.2)	6.8	6.8	10.3	14.5
	Inlet Connection	1" NPTE	1" NPTE	1-3/8" O.D	1-3/8" O.D
	Outlet Connection	1" NPTE	1" NPTE	1-3/8" O.D	1-3/8" O.D
STEAM COIL	Rows Deep	1	1	1	1
	Finned Length (in.)	45.5	45.5	54	83
	Fins Per Inch	8	8	8	8
	Face Area (ft.2)	6.6	6.6	10.13	13.8
	Inlet Connection	1-1/2" NPTE	1-1/2" NPTE	1-1/2" NPTE	1-1/2" NPTE
	Outlet Connection	1-1/2" NPTE	1-1/2" NPTE	1-1/2" NPTE	1-1/2" NPTE
AIR FILTERS	Quantity Per Unit (16" X 25" X 1")	4	4	0	0
	Quantity Per Unit (20" X 20" X 1")	0	0	6	0
	Quantity Per Unit (20" X 22" X 1")	0	0	0	8
	Total Face Area (ft.2)	11.1	11.1	16.7	24.4

1. Refer to Blower Motor and Drive Data table for additional blower and drive information.
All of these 1750 RPM motors are solid base, 56 frame with 1.15 service factor, inherent protection and permanently lubricated ball bearings.

NE180C00D								
3.0	208-3-60	9.6	None	---	---	---	12.0	15
			10 KW	7.5	1	20.8	38.1	40
			16 KW	12	2	33.4	53.7	60
			26 KW	19.5	2	54.2	79.8	80
			36 KW	27	2	75.1	105.8	110
			72 KW	72	2	150.1	162.1	175
	230-3-60	9.4	None	---	---	---	11.8	15
			10 KW	10	1	24.1	41.8	45
			16 KW	16	2	38.5	59.9	60
			26 KW	26	2	62.5	89.9	90
			36 KW	36	2	86.6	120.0	125
			72 KW	72	2	173.2	185.0	200
	460-3-60	4.7	None	---	---	---	5.9	15
			10 KW	10	1	12.0	20.9	25
			16 KW	16	2	19.2	29.9	30
			26 KW	26	2	31.3	45.0	45
			36 KW	36	2	43.3	60.0	70
			72 KW	72	2	86.6	92.5	100

Anexo 4. Métodos de instalaciones de la central YORK

VERTICAL AND HORIZONTAL INSTALLATION - NE240

The unit has two distinct modules; a blower module and a coil module. The unit is shipped in the vertical position as shown in illustrations 1. The blower module can be repositioned in the field as shown in illustrations (1 thru 6) and (7 thru 12) for maximum flexibility.

- The Supply Air Plenum, Return Air Grill and Base accessories can be applied on arrangements (1 & 4).
- The Return Air Grill and Base accessories can be applied on arrangements (2, 3, 5 & 6).
- The Supply Air Plenum, Return Air Grill and Suspension accessories can be applied on arrangement (7 thru 12).

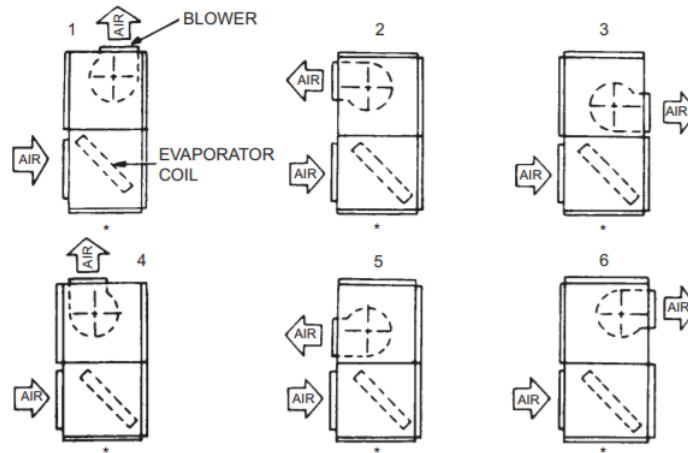


Figure 6: Vertical Arrangement - NE240

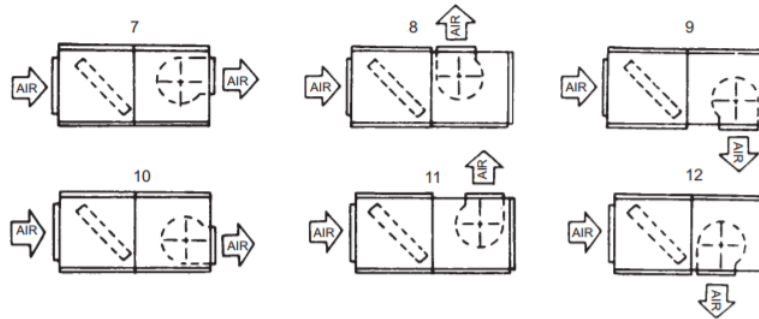


Figure 7: Horizontal Arrangement - NE240

Anexo 5. Diagrama de conexiones de la central YORK

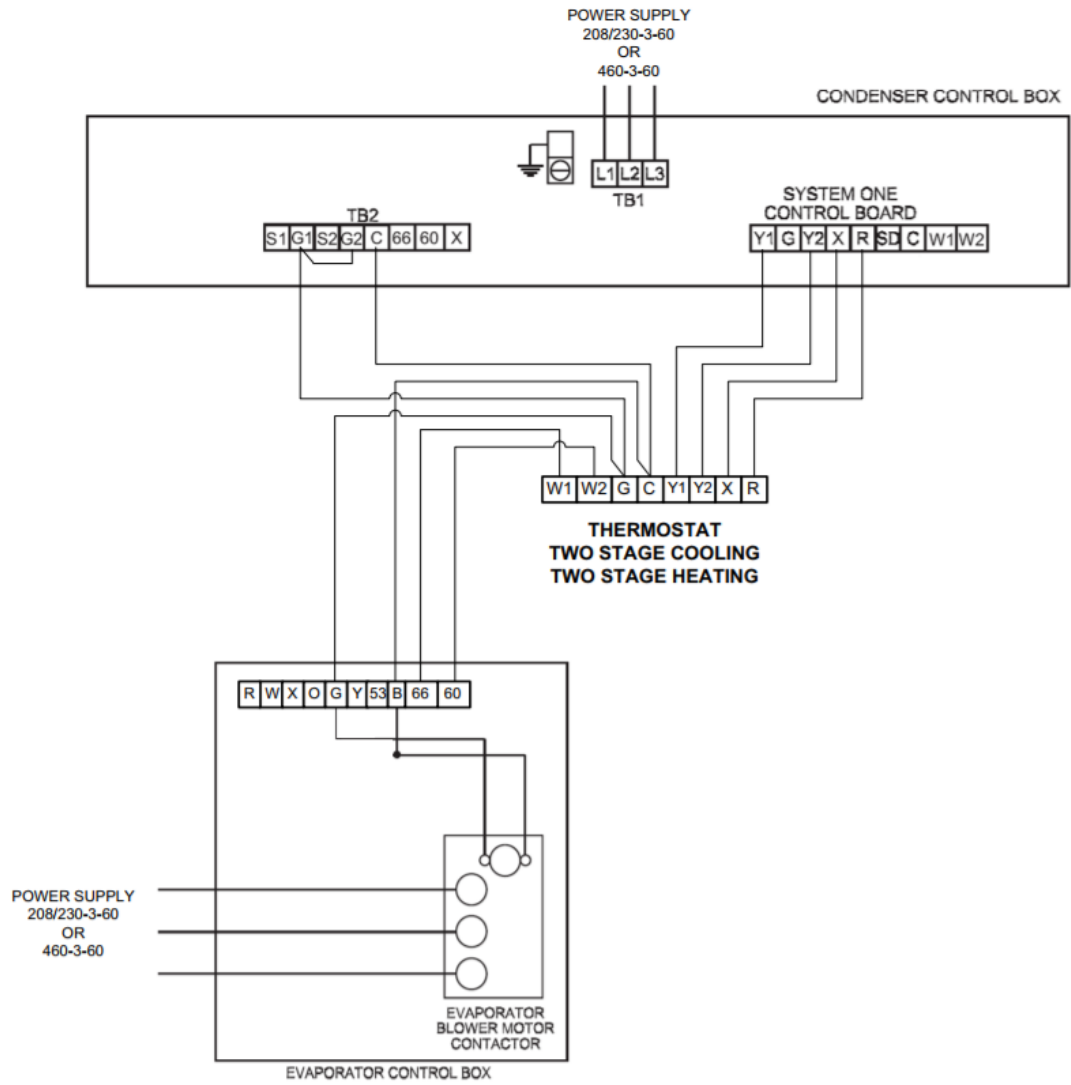


Figure 19: Typical Field Wiring Diagram - NE120-180 Air Handling Unit With YC120-180 Condensing Unit

Anexo 6. Especificaciones técnicas de la central Carrier



Accessory Electric Heaters and Cooling Control Packages

Fan Coil Units and Electric Furnaces

INDEX

MODEL NO.	DESCRIPTION	LABEL DIAG	FIG.
Electric Heater	Nom kW at 240 V		
40AQ901010	5	4-02987	1
40AQ901020*	7.5	4-02988	2
40AQ901030*	10	4-02988	2
40AQ903050*	15 Fused	3-04181D	3
40AQ903060	15 Cir Bkr	3-04183D	5
40AQ903070*	20 Fused	3-04182D	4
40AQ903080	20 Cir Bkr	3-04184D	6
40AQ903090	12 Fused	3-04181D	3
40AQ903100	12 Cir Bkr	3-04183D	5
40AQ901130*	5	4-02987	1
40AQ901140*	7.5	4-02988	2
40AQ901150*	10	4-02988	2
40AQ901170	3	4-02987	1
Cooling Control			
40AS901000†	Relay/Transformer	4-02736G	7
Electrical Connections: Main Power, Control Wiring			8
Typical Control Wiring Connections			9

*Models available for both 50- and 60-Hz application. All others available for 60-Hz application only.
†Cooling control factory installed on 50-Hz fan coil unit.

Anexo 7. Diagrama de conexiones central marca Carrier

Anexo 8. Tabla de luminancia media por tipo de actividad

TIPO DE RECINTO Y ACTIVIDAD	UGR _L	NIVELES DE ILUMINANCIA (lx)		
		Mínimo	Medio	Máximo
Talleres de pintura y casetas de rociado				
Inmersión, rociado basto	25	200	300	500
Pintura ordinaria, rociado y terminado	22	300	500	750
Pintura fina, rociado y terminado	19	500	750	1 000
Retoque y balanceo de colores	16	750	1 000	1 500
Fábricas de papel				
Elaboración de papel y cartón	25	200	300	500
Procesos automáticos	–	150	200	300
Inspección y clasificación	22	300	500	750
Trabajos de impresión y encuadernación de libros				
Recintos con máquinas de impresión	19	300	500	750
Cuartos de composición y lecturas de prueba	19	500	750	1 000
Pruebas de precisión, retoque y grabado	16	750	1 000	1 500
Reproducción del color e impresión	19	1 000	1 500	2 000
Grabado con acero y cobre	16	1 500	2 000	3 000
Encuadernación	22	300	500	750
Decoración y estampado	19	500	750	1 000
Industria textil				
Rompimiento de la paca, cardado, hilado	25	200	300	500
Giro, embobinado, enrollamiento peinado, tintura	22	300	500	750
Balanceo, rotación (conteos finos) entretejido, tejido	22	500	750	1 000
Costura, desmote o inspección	19	750	1 000	1 500
Talleres de madera y fábricas de muebles				
Aserraderos	25	150	200	300
Trabajo en banco y montaje	25	200	300	500
Maquinado de madera	19	300	500	750
Terminado e inspección final	19	500	750	1 000
Oficinas				
Oficinas de tipo general, mecanografía y computación	19	300	500	750
Oficinas abiertas	19	500	750	1 000
Oficinas de dibujo	16	500	750	1 000
Salas de conferencia	19	300	500	750
Centros de atención médica				
Salas				
Iluminación general	22	50	100	150
Examen	19	200	300	500
Lectura	16	150	200	300
Circulación nocturna	22	30	50	100
Salas de examen				
Iluminación general	19	300	500	750

Anexo 9. Especificaciones técnicas de la luminaria Sylvania

Luminaire data sheet



MC2 DIRECT/INDIRECT 2.4M 4000K DALI WHITE PRISMATIC
2059338

Total luminous flux 7275 lm

Connected load 123.0 W

Description

FEATURES & BENEFITS

- Mini Continuum II provides perfectly clean horizontal and vertical lines of homogenous light with no shadows
- Minimalist design based on the Golden mean or ratio; regarded as the secret to aesthetics
- Ideal for offices, meeting rooms, corridors, education facilities, museums and libraries
- Available with Direct or Direct/Indirect distribution
- This versatile solution can be recessed, semi-recessed, surface-mounted or suspended; either horizontally or vertically
- Trim (with an outside detail for plasterboard ceilings) and Trimless (for a seamless finish) versions are available for recessed installation
- Easy and rapid installation using the plug and socket arrangement on every linear fixture
- Colour rendering index, Ra80
- IR/UV free light source without heat radiation
- Energy Class: A++, A+, A
- Long lifetime: 50,000 hours life at 70% of the original output (L70)
- LED technology provides an energy efficient solution with reduced maintenance costs

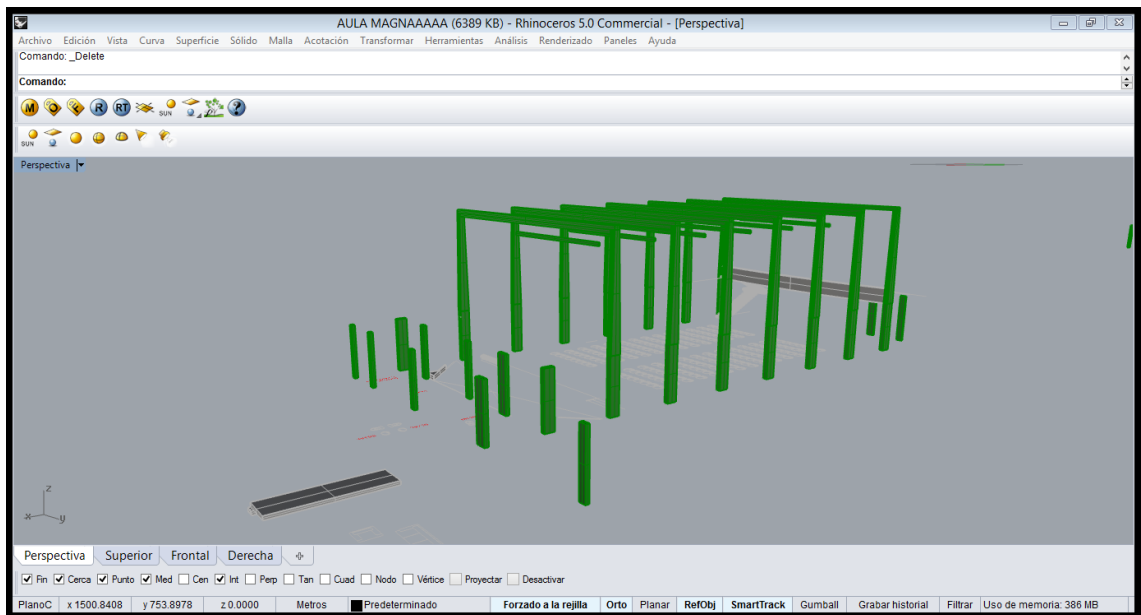
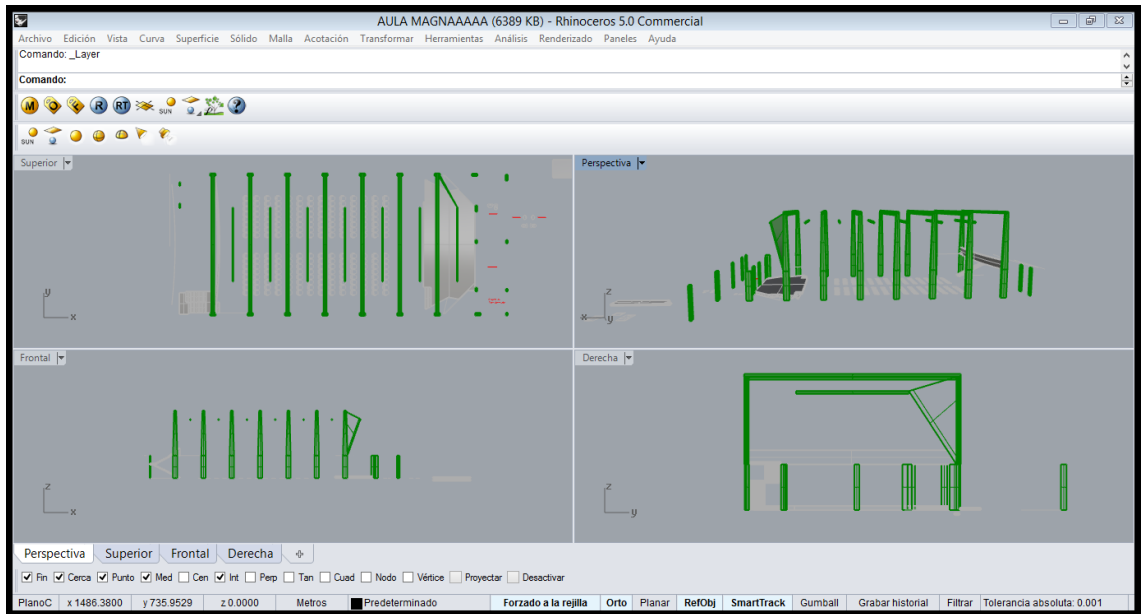
Anexo 10. Coeficientes de transferencia U máximos.

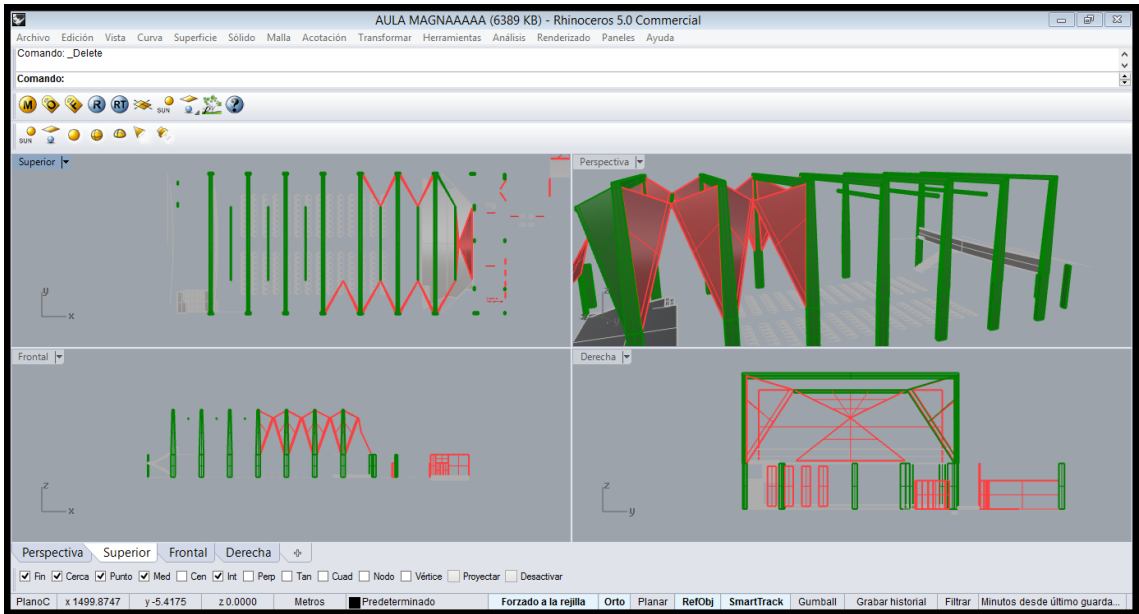
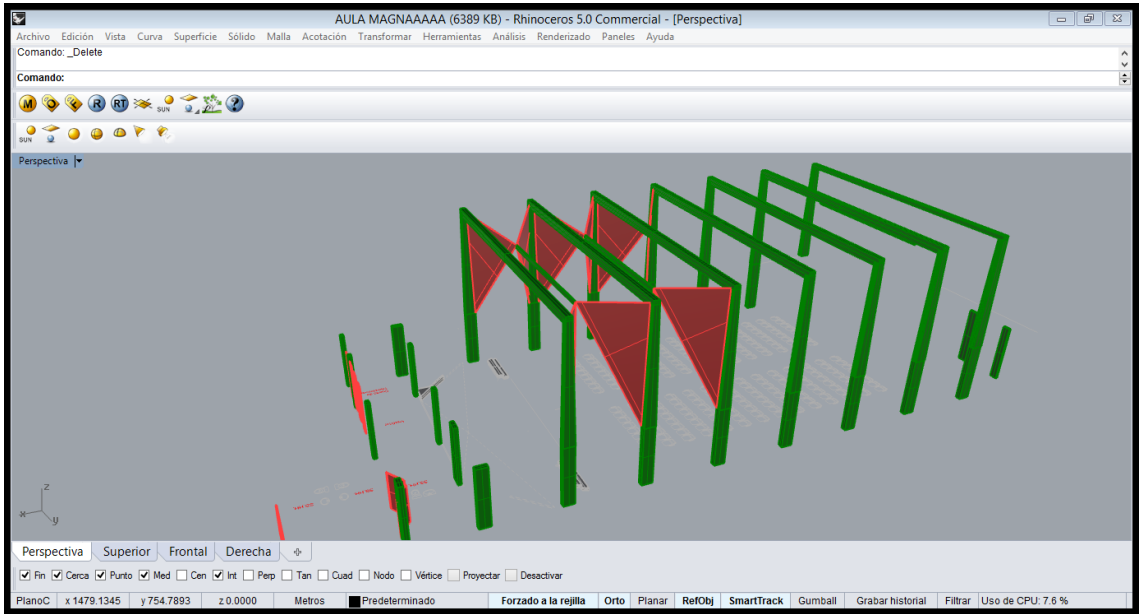
Coeficiente global U en función del tipo de cerramiento y la zona climática W/m ² K							
Zona Climática	Tm (°C)	Fachadas en contacto con el aire	Cerramientos en contacto con el terreno	Cubiertas en contacto con el aire	Cerramientos en contacto con espacios no habitados no ventilados y medianeras	Cerramientos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

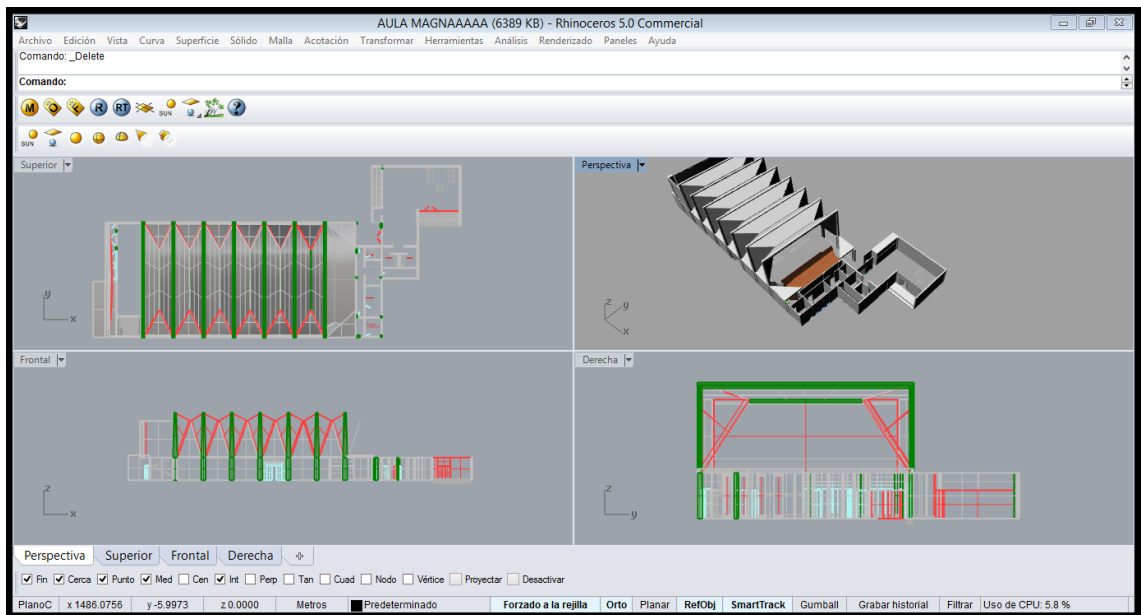
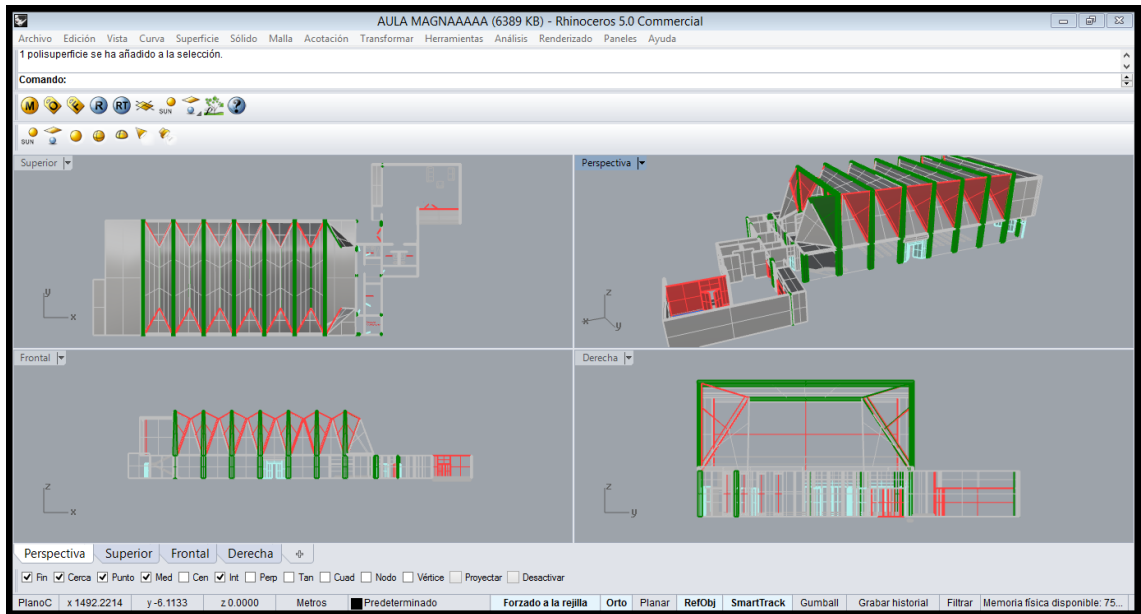
Coeficiente global U en función del tipo de cerramiento y la zona climática W/m ² K							
Zona Climática	Tm (°C)	Fachadas en contacto con el aire	Cerramientos en contacto con el terreno	Cubiertas en contacto con el aire	Cerramientos en contacto con espacios no habitados no ventilados y medianeras	Cerramientos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

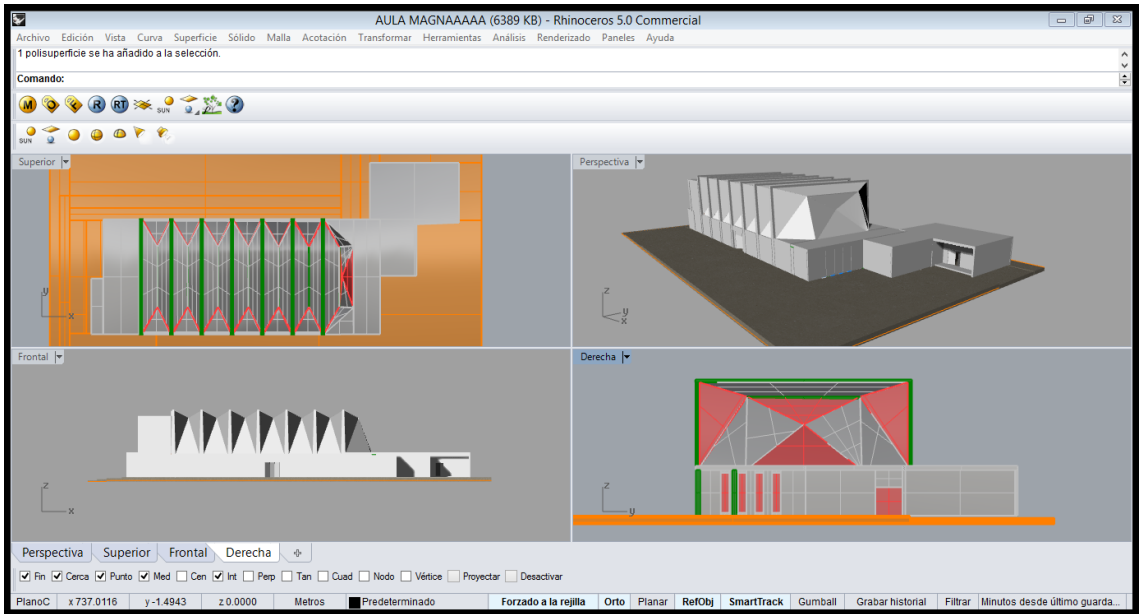
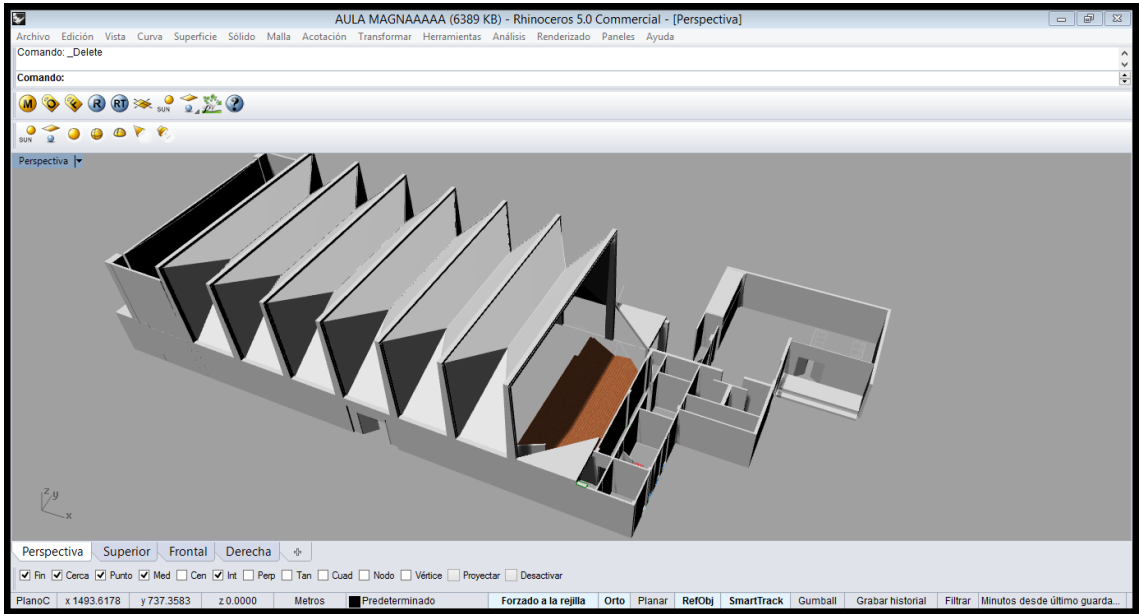
Coeficiente global U en función del tipo de cerramiento y la zona climática W/m ² K							
Zona Climática	Tm (°C)	Fachadas en contacto con el aire	Cerramientos en contacto con el terreno	Cubiertas en contacto con el aire	Cerramientos en contacto con espacios no habitados no ventilados y medianeras	Cerramientos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

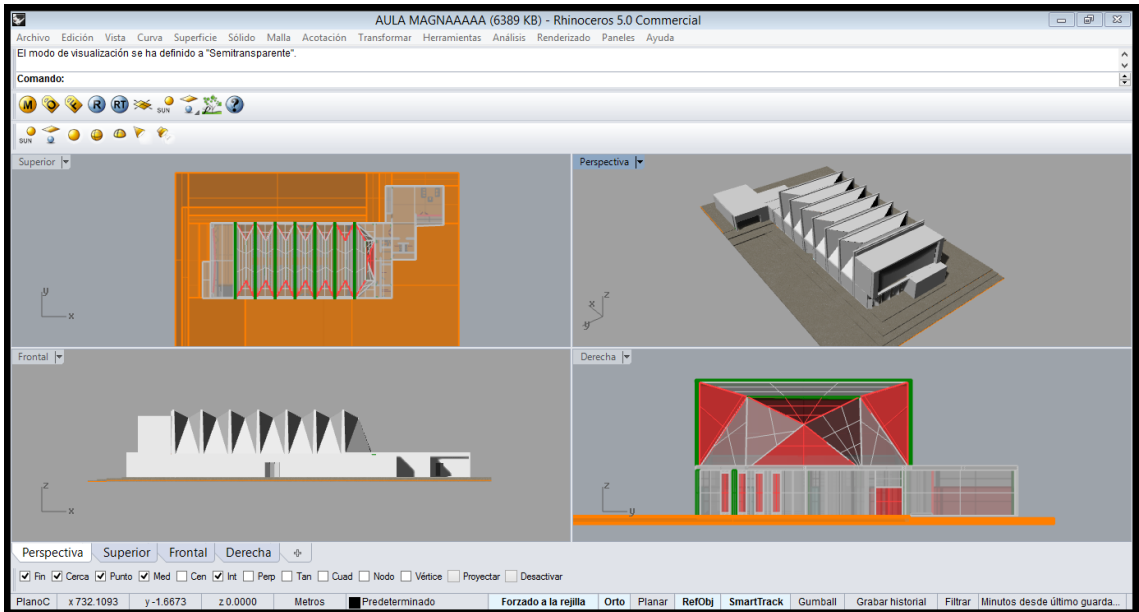
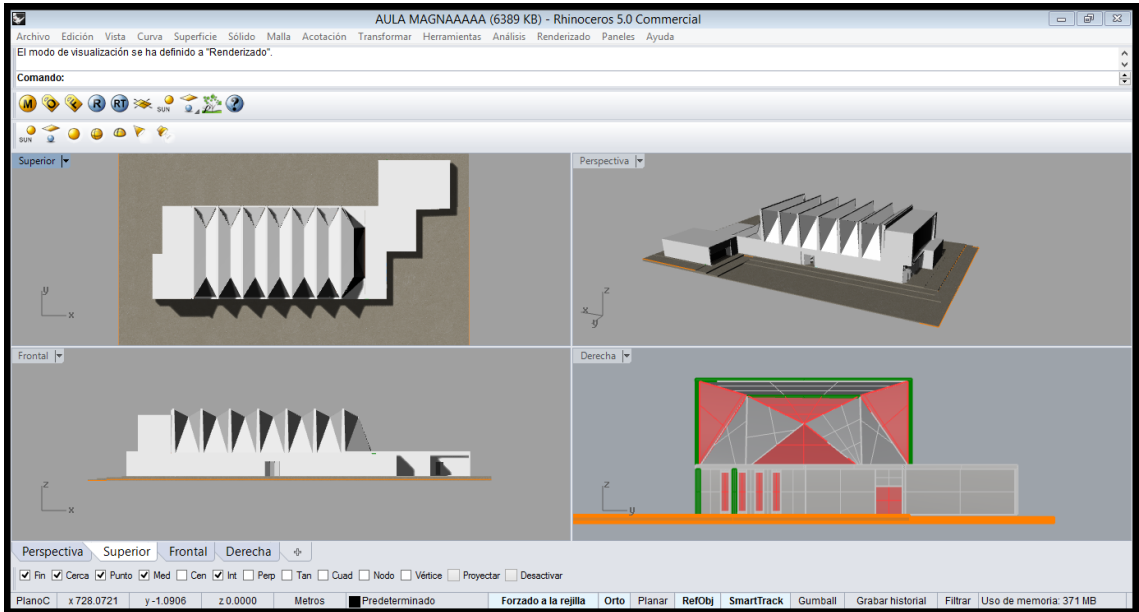
Anexo 11. Construcción del modelado en 3D con el software Rhino.

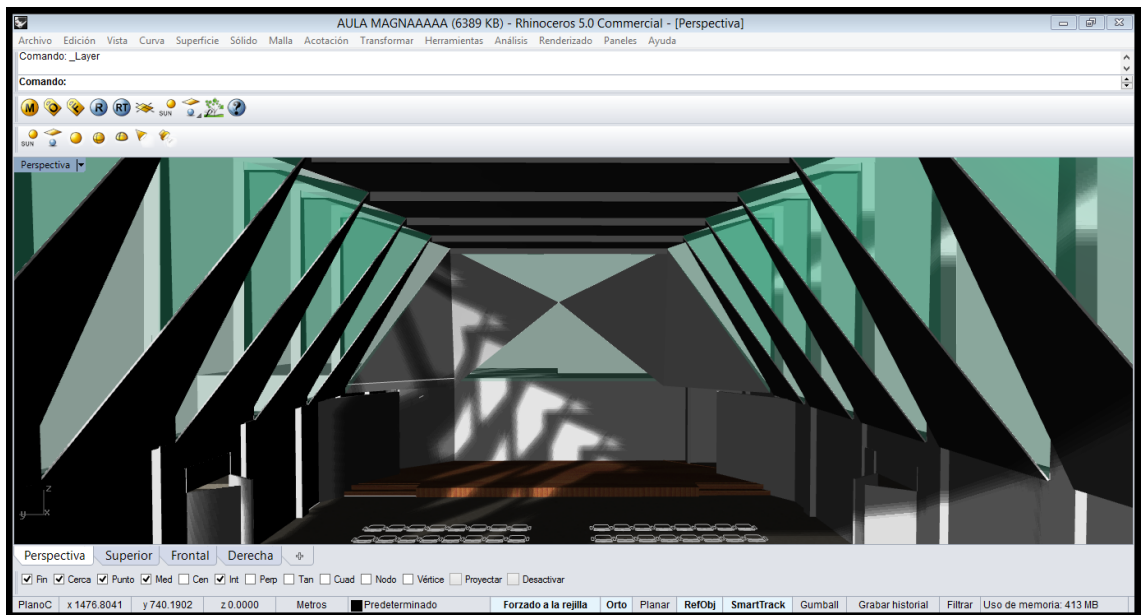
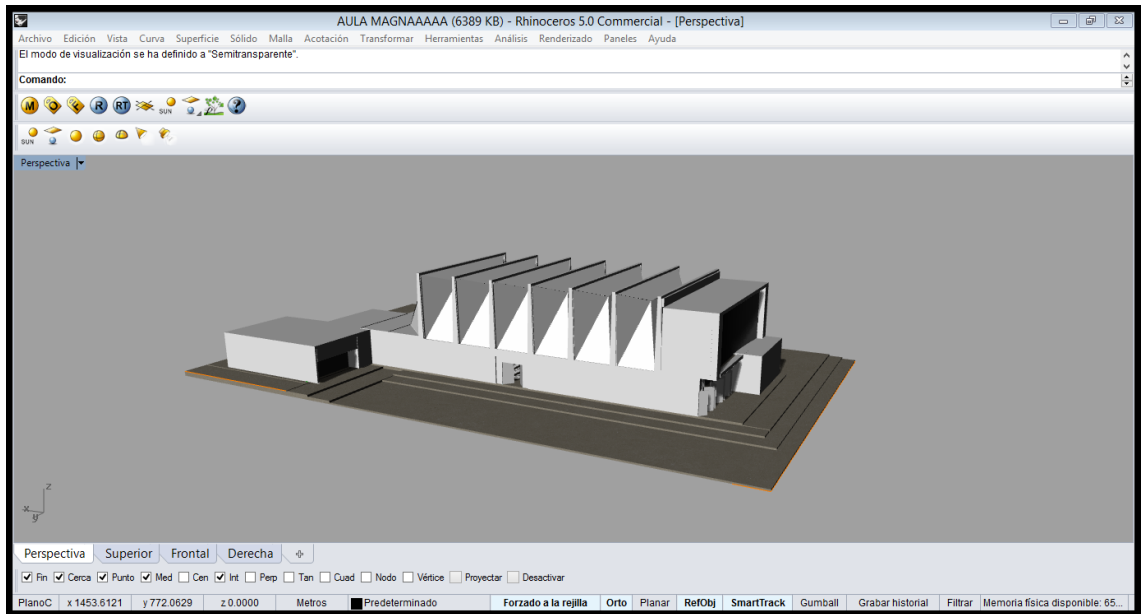




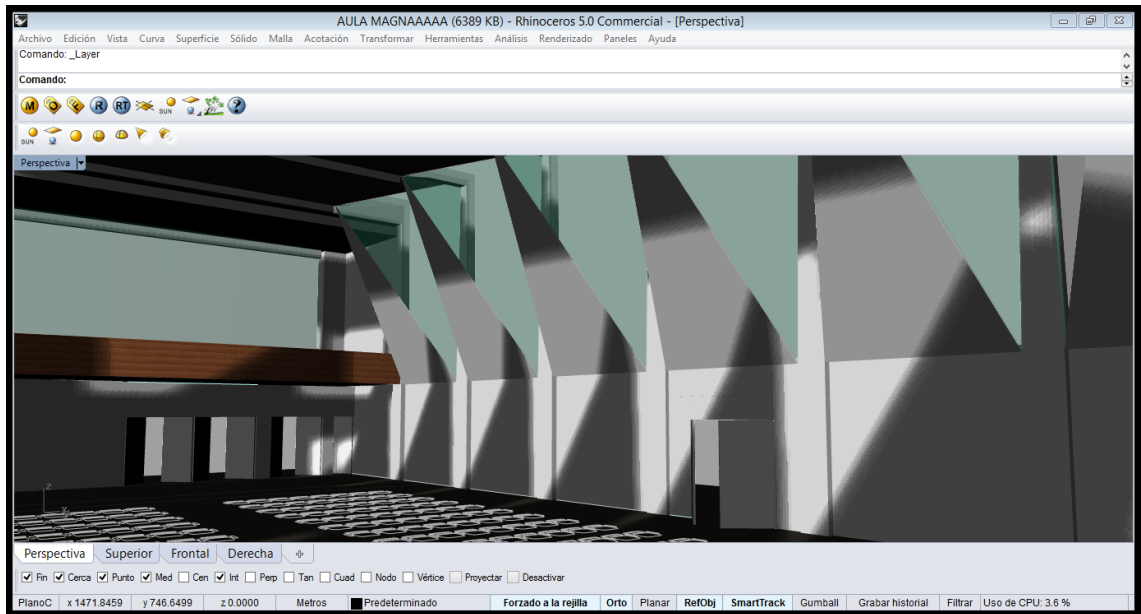




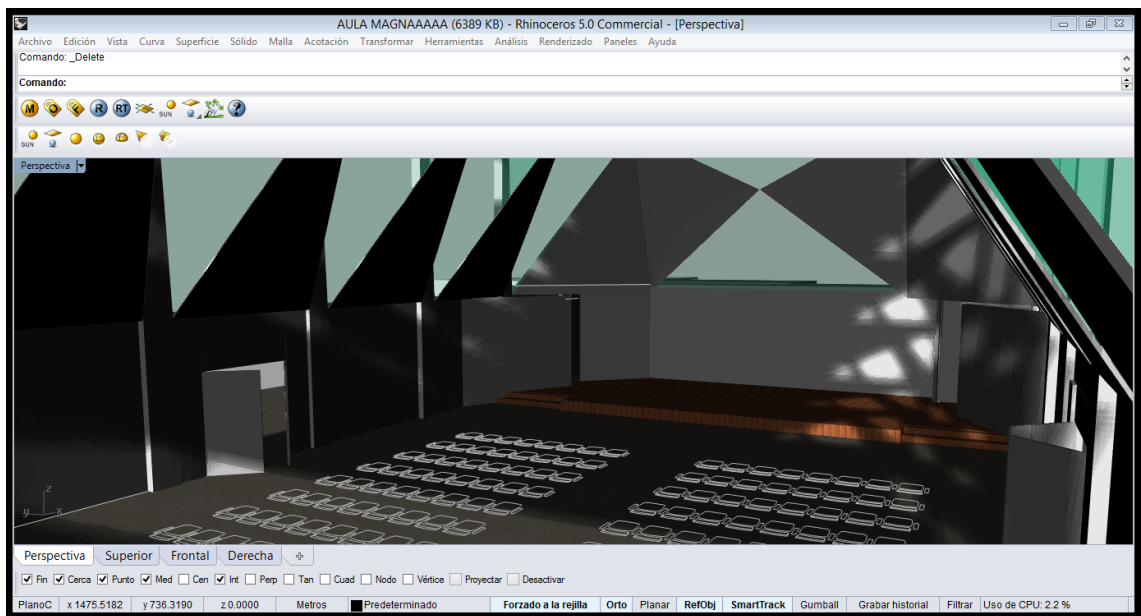


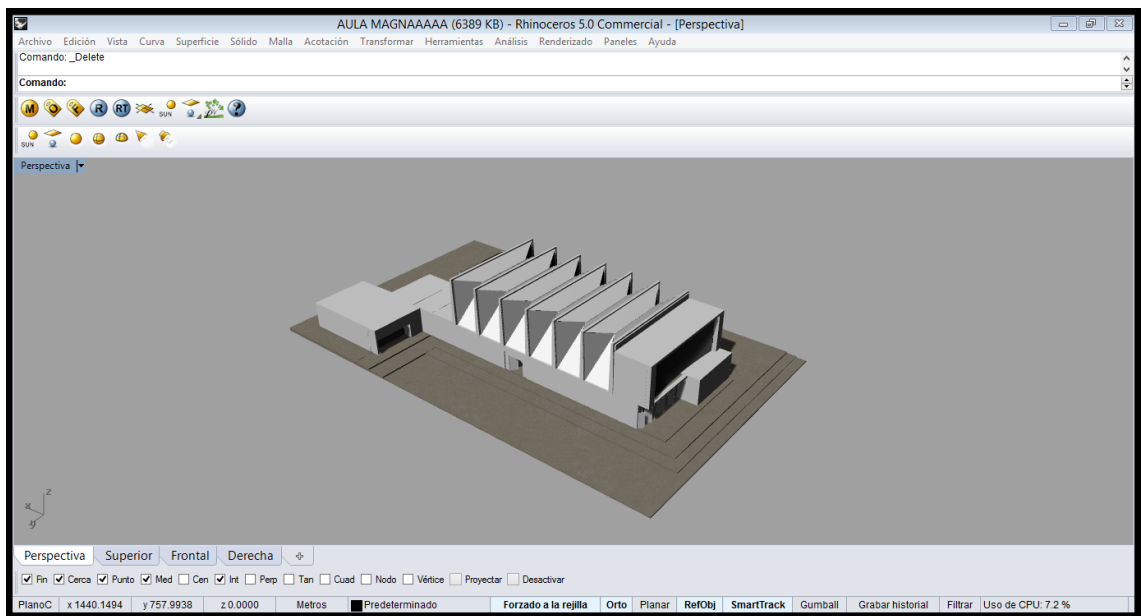
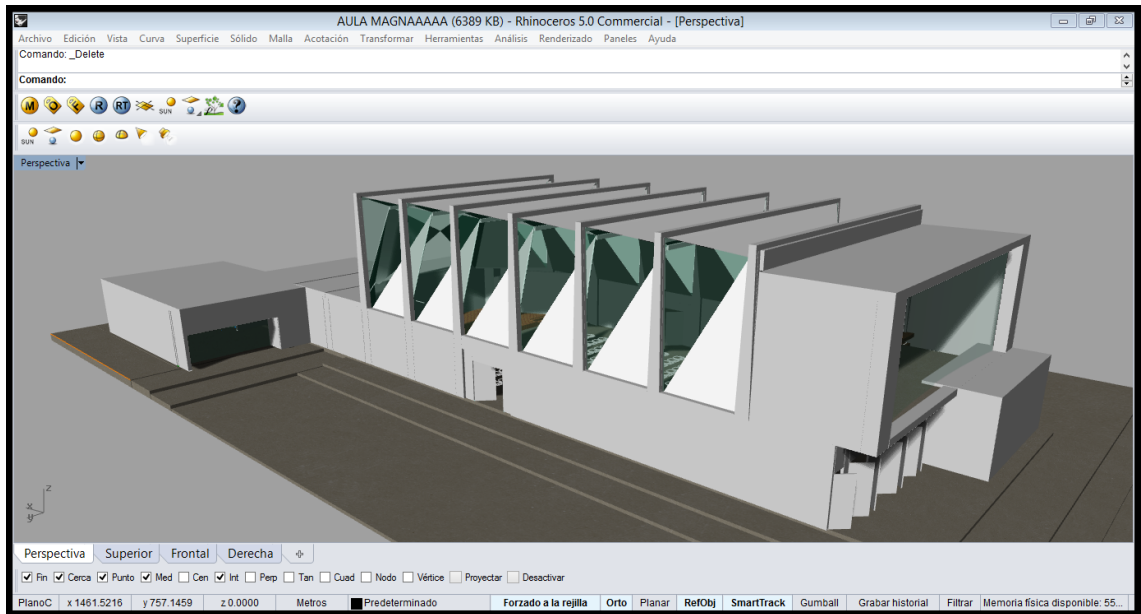


VISTA DESDE EL *MEZZANINE*



VISTA INTERIOR





GLOSARIO

Aislamiento: Conjunto de materiales y técnicas de instalación que se aplican en los elementos constructivos que limitan un espacio caliente para minimizar la transmisión de calor hacia otros espacios no convenientes.

ARCONEL: Agencia de regulación y control nacional de electricidad- Ecuador

ASHRAE: Por sus siglas en inglés (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers).

Compresor: Aparato que sirve para reducir a menor volumen un líquido o un gas por medio de la presión.

Condensadora: Equipos encargados de transferir hacia fuera del ciclo de refrigeración el calor absorbido en el evaporador y en la etapa de compresión.

Conductividad: Propiedad física de los materiales que mide la capacidad de conducción de calor.

Emisividad: Proporción de radiación térmica emitida por una superficie u objeto debida a su temperatura.

Lux: Unidad de intensidad de iluminación del Sistema Internacional, de símbolo lx, que equivale a la iluminación de una superficie que recibe normal y uniformemente un flujo luminoso de 1 lumen por metro cuadrado.



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **RODRÍGUEZ ROMERO, PEDRO LUIS**, con C.C: # 120439986-7 autor del trabajo de titulación: **Análisis para las mejoras de la eficiencia energética de equipos e instalaciones eléctricas en el Aula Magna de la UCSG. Metodología para su calificación energética**, previo a la obtención del título de **Ingeniería en Eléctrico - Mecánica**, en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 8 de Marzo del 2018

f. _____

Nombre: **RODRÍGUEZ ROMERO, PEDRO LUIS**

C.C: **120439986-7**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN			
TÍTULO Y SUBTÍTULO:	"ANÁLISIS PARA LAS MEJORAS DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EQUIPOS E INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EL AULA MAGNA DE LA UCSG. METODOLOGÍA PARA SU CALIFICACIÓN ENERGÉTICA."		
AUTOR(ES)	RODRIGUEZ ROMERO, PEDRO LUIS		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	ING. VALLEJO SAMANIEGO, LUIS VICENTE, M.SC		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Eléctrico Mecánica		
TITULO OBTENIDO:	Ing. En Eléctrico Mecánica		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	8 de Marzo, 2018	No. PÁGINAS:	DE 152
ÁREAS TEMÁTICAS:	Climatización, Iluminación, Eficiencia		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	energías, renovables, equipos, consumo, eficiencia, calidad, cálculos.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):			
<p>El presente proyecto se basa en el análisis documental y experimental para las mejoras en la eficiencia energética de instalaciones y equipos eléctricos en el Aula Magna la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, para lo cual se plantea un levantamiento de la información de los parámetros técnicos existentes para luego ser contrastada con los cálculos de la demanda de energía y consumo eléctrico para evaluar la calificación energética actual y prospectiva del establecimiento. El desarrollo de este trabajo está compuesto por dos partes, la parte teórica y la parte de cálculo y diseño. En la primera parte, se establecen los conceptos básicos que luego serán utilizados para efectuar los cálculos necesarios para la calificación energética. En la parte de aportaciones, se describen las condiciones actuales de las instalaciones, los cálculos operativos, la calificación energética actual y el diseño de mejoras prospectivas.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-996748954	E-mail: pedroluisrr24@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: Philco Asqui, Luis Orlando		
	Teléfono: (04) 2 20933 ext 2007		
	E-mail: luis.philco@cu.ucsg.edu.ec/ute@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			