

EVALUACIÓN TÉCNICA DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN BAJO EL
REGLAMENTO RITE, PARA ACAIRE.

JEFREY AREVALO ROMERO
NIKSON ANDRES GAITAN RESTREPO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C
2.019

EVALUACIÓN TÉCNICA DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN BAJO EL
REGLAMENTO RITE, PARA ACAIRE.

JEFREY AREVALO ROMERO
NIKSON ANDRES GAITAN RESTREPO

Proyecto de integral de grado presentado para optar el título de
INGENIERO MECÁNICO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C
2.019

Nota de aceptación:

Ing. Bolívar Andrés Monroy Matallana

Ing. Francisco Javier González Cruz

Bogotá D.C noviembre 2.019

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro.

Dr. MARIO POSADA GARCIA-PEÑA

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos.

Dr. LUIS JAIME POSADA GARCÍA-PEÑA

Vicerrectora Académica y de Posgrados.

Dra. ANA JOSEFA HERRERA VARGAS

Decano General Facultad de Ingenierías.

Dr. JULIO CESAR FUENTES ARISMENDI

Director del Programa de Ingeniería Mecánica.

Dr. CARLOS MAURICIO VELOZA VILLAMIL

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

DEDICATORIA

Este proyecto va dedica en principal a Dios que me dio la sabiduría para poder estudiar, a mi padre José Bercelio Arevalo Ramos y madre Mónica Romero Valenzuela que me dieron los medios para poder estudiar y la motivación de no rendirme nunca, a cada uno de los docente que con paciencia y sabiduría compartieron sus conocimientos y experiencia que ya hoy culminan con una etapa de un constante aprendizaje, y finalmente la Fundación Universidad de América que me brindó la oportunidad de poder pertenecer a su institución.

Jefrey Arevalo Romero

Dedico este trabajo a mi madre Luz Mery Restrepo, que con su esfuerzo, apoyo y amor me dio la oportunidad de ser un ingeniero y la inspiración para no rendirme a lo largo de mis estudios, a mi familia que me dieron su apoyo y confianza, a mis amigos que me acompañaron en el proceso de convertirme en un ingeniero pulcro y con ganas de cambiar el mundo.

Nikson Andrés Gaitán Restrepo

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a cada una de las personas que hicieron posible la realización de este proyecto y la culminación de nuestra carrera profesional.

CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	19
INTRODUCCIÓN	20
1. Estado actual de LOS SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN EN COLOMBIA	22
1.1 GENERALIDADES	22
1.1.1 Edificación.	22
1.1.2 Transferencia de calor.	22
1.1.3 Temperatura.	22
1.1.4 Humedad.	22
1.1.5 Climatización.	23
1.1.6 Confort.	23
1.1.7 Higiene.	23
1.2 RITE ACAIRE 2017	23
1.2.1 Parte 1 DEL RITE ACAIRE 2017.	26
1.2.1.1 Proyecto de diseño.	27
1.2.1.2 Proyecto menor.	28
1.2.1.3 Proyecto con potencia térmica menor a 5KW.	28
1.2.2 Parte 2 DEL RITE ACAIRE 2017.	28
1.2.3 ACAIRE.	29
1.3 ANÁLISIS NORMATIVO	30
1.3.1 Normas utilizadas para evaluar el desempeño de los equipos de climatización en Colombia.	31
1.3.2 Normativas nacionales utilizadas en el diseño y evaluación de sistemas de climatización	31
1.3.2.1 Normas técnicas colombianas.	31
1.3.3 Normativas Internacionales utilizadas en el diseño y evaluación de sistemas de climatización.	33
1.3.3.1 ASHRAE	33
1.3.3.2 AHRI (Instituto de Aire Acondicionado, Calefacción y Refrigeración).	34
1.3.3.3 LEED (Liderazgo en Energía y Diseño de Ambiente).	35
1.3.4 Normas colombianas para el diseño y construcción de edificaciones.	36
1.4 SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN	39
1.4.1 Sistemas de climatización tipo paquete.	42
1.4.2 Sistemas de climatización divididos.	43
1.4.2.1 Sistemas de climatización tipo Split y Multi-Split.	43
1.4.2.2 Sistema de climatización de caudal variable de refrigerante CRV.	45
1.5 DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN	48
1.5.1 Descripción del área climatizada.	49

1.6	Sistema de climatización instalado	50
1.7	Justificación del estudio.	52
1.8	Principales problemáticas de los sistemas de climatización en Colombia	58
2.	PARÁMETROS DE CARACTERIZACIÓN	64
2.1	EXIGENCIAS DE CONFORT	64
2.1.1	Exigencias de calidad térmica del ambiente.	65
2.1.1.1	Temperatura operativa y humedad relativa.	65
2.1.1.2	Velocidad media del aire.	66
2.1.2	Exigencias de calidad de aire interior.	67
2.1.2.1	Categoría del aire interior en función de la utilidad de la edificación	67
2.1.2.2	Caudal mínimo del aire exterior de ventilación.	67
2.1.2.3	Filtración del aire exterior mínimo de ventilación.	68
2.1.2.4	Aire de extracción.	69
2.1.3	Exigencias de higiene.	70
2.1.3.1	Exigencia de calidad del ambiente acústico.	70
2.2	PARAMETROS DE EFICIENCIA ENERGETICA	74
2.2.1	Red de tuberías y conductos.	74
2.2.1.1	Caídas de presión en componentes.	75
2.2.1.2	Motores eléctricos.	76
2.2.2	Control de los sistemas.	77
2.2.2.1	Control de contabilización de consumos.	78
2.3	PARÁMETROS DE SEGURIDAD	79
2.3.1	Seguridad en generación de calor y frío.	80
2.3.1.1	Tipo de combustible.	80
2.3.1.2	Dispositivos de control.	80
2.4	SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN	80
2.4.1	Superficies calientes.	81
2.4.2	Accesibilidad.	81
2.4.3	Señalización.	82
2.4.4	Medición.	84
3.	Caracterización del sistema de climatización	85
3.1	Caracterización de confort	85
3.1.1	Temperatura operativa y humedad relativa.	85
3.1.2	Velocidad media del aire.	88
3.1.3	Calidad del aire interior.	89
3.1.4	Caudal mínimo del aire exterior de ventilación	89
3.1.5	Filtración del aire exterior mínimo de ventilación	90
3.1.6	Aire de extracción.	91
3.1.7	Calidad del ambiente acústico.	91
3.2	Caracterización de eficiencia energética	93
3.2.1	Motores eléctricos.	93

3.2.2	Control de la calidad de aire interior en las instalaciones.	93
3.2.3	Control de contabilización de consumo.	94
3.3	Caracterización de seguridad	95
3.3.1	Seguridad en generación de calor y frío	95
3.3.2	Accesibilidad	95
3.3.3	Señalización	96
3.3.4	Medición	97
4.	Evaluación técnica	98
4.1	EVALUACIÓN DE LAS EXIGENCIAS DE CONFORT	100
4.1.1	Temperatura operativa y Humedad relativa.	100
4.1.2	Velocidad media del aire.	100
4.1.3	Calidad del aire interior.	100
4.1.4	Caudal mínimo del aire exterior de ventilación.	101
4.1.5	Filtración del aire exterior mínimo de ventilación	101
4.1.6	Aire de extracción.	101
4.1.7	Calidad del ambiente acústico.	102
4.2	EVALUACIÓN DE LAS EXIGENCIAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA	103
4.2.1	Motores eléctricos.	103
4.2.2	Control de la calidad del aire interior en las instalaciones	104
4.2.3	Control de contabilización de consumo.	104
4.3	EVALUACIÓN DE LAS EXIGENCIAS DE SEGURIDAD	105
4.3.1	Seguridad en generación de calor y frío	105
4.3.2	Accesibilidad	105
4.3.3	Señalización.	106
4.3.4	Operación de equipos y mantenimiento.	108
4.3.4.1	Indicadores de mantenimiento	112
4.4	EVALUACIÓN TOTAL DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN	113
5.	ANÁLISIS DE COSTOS	116
6.	CONCLUSIONES	118
7.	RECOMENDACIONES	119
	BIBLIOGRAFÍA	121
	ANEXOS	124

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Equipos del sistema de climatización instalado	51
Tabla 2. Temperatura operativa y humedad relativa	86
Tabla 3. Velocidad media del aire	88
Tabla 4. Clasificación de la calidad del aire interior	89
Tabla 5. Clasificación del aire exterior y filtración	91
Tabla 6. Clasificación del aire de extracción	91
Tabla 7. Niveles de ruido en la edificación	92
Tabla 8. Potencias térmicas de los equipos	95
Tabla 9. Ubicación que facilita su limpieza	95
Tabla 10. Visibilidad y fácil acceso	96
Tabla 11. Equipos ocultos	96
Tabla 12. Buitrones verticales con fácil acceso	96
Tabla 13. Tubería con fácil acceso para mantenibilidad	96
Tabla 14. Señales de prohibición	96
Tabla 15. Señales de acción de mando	97
Tabla 16. Señales de prevención	97
Tabla 17. Señales de información concernientes a condiciones seguras	97
Tabla 18. Parámetros de medición del piso en estudio	97
Tabla 19. Parámetros de medición de la azotea	97
Tabla 20. Datos medidos vs datos admisibles	99
Tabla 21. Porcentajes de evaluación de las exigencias de confort	102
Tabla 22. Porcentajes de evaluación de las exigencias de eficiencia energética	104
Tabla 23. Porcentaje total de cumplimiento del parámetro de accesibilidad	106
Tabla 24. Porcentaje de cumplimiento del parámetro de señalización	107
Tabla 25. Porcentajes de evaluación de las exigencias de seguridad	107
Tabla 26. Uso de equipos	109
Tabla 27. Grado de conformidad de los usuarios	109
Tabla 28. Grado de conformidad con la temperatura	109
Tabla 29. Disponibilidad de equipos	110
Tabla 30. Mantenimientos preventivos	110
Tabla 31. Fallos de los equipos	110
Tabla 32. Uso de equipos	111
Tabla 33. Porcentajes evaluación total	114
Tabla 34. Análisis de costos	117

LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Disponibilidad	112
Ecuación 2. Tiempo medio entre fallos	112
Ecuación 3. Tiempo medio de reparación	113
Ecuación 4. Confiabilidad	113

LISTA DE GRAFICAS

	pág.
Grafica 1. . Uso de la energía eléctrica en el sector terciario	59
Grafica 2. . Energía térmica utilizada en el sector terciario	60
Grafica 3. Porcentaje de equipos de aire acondicionado con etiquetado energético.	63
Grafica 4. Temperaturas promedio de Bogotá vs meses del año.	85
Grafica 5. Humedad promedio de Bogotá vs meses del año	86
Grafica 6. Porcentajes de cumplimiento de las exigencias de confort e higiene	103
Grafica 7. Porcentajes de evaluación de los parámetros de seguridad	108
Grafica 8. Porcentaje de cumplimiento	115

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. RITE España	24
Figura 2. RITE ACAIRE 2017	24
Figura 3. Sistemas de climatización tipo paquete	42
Figura 4. Equipo multi-Split con dos unidades interiores y una exterior	44
Figura 5. Equipo split marca LG	45
Figura 6. Sistema CRV/VRF	47
Figura 7. Edificio Manuel Mejía	48
Figura 8. Oficinas	49
Figura 9. Unidad interior instalada	50
Figura 10. Condensador multi v	51
Figura 11. Breackers	52
Figura 12. Red de tuberías y conductos de la condensadora	75
Figura 13. Control de la unidad interior	77
Figura 14. Mediciones de temperatura operativa	87
Figura 15. Medición de humedad relativa	87
Figura 16. Anemómetro digital de rueda alada Airflow TSI	88
Figura 17. Medidas de velocidad media del aire	89
Figura 18. Sonómetro digital S-SM64	92
Figura 19. Medidas calidad del ambiente acústico	93
Figura 20. Distribución del sistema de climatización	94

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Contenido RITE ACAIRE 2017	26
Cuadro 2. Tipos de proyecto de diseño	27
Cuadro 3. Ejecución de proyectos	27
Cuadro 4. Situación actual vs beneficios del RITE	29
Cuadro 5. Marco normativo	30
Cuadro 6. Área construida y caudal mínimo requerido por cada hidrante que debe instalarse	39
Cuadro 7. Clasificación de seguridad de refrigerantes	40
Cuadro 8. Refrigerantes más usados	41
Cuadro 9. Calidad del aire de Bogotá	54
Cuadro 10. Niveles máximos permitidos de contaminantes en el aire	55
Cuadro 11. Niveles máximos permitidos de contaminantes en el aire para el año 2030	55
Cuadro 12. Niveles de PM10 y PM2.5 en España	56
Cuadro 13. . Análisis causa - efecto	58
Cuadro 14. . Alternativas de regulación	60
Cuadro 15. . El consumidor colombiano no conoce de desempeño	62
Cuadro 16. Exigencias de confort e higiene	64
Cuadro 17. Condiciones interiores de diseño	66
Cuadro 18. . Caudales de aire exterior, en dm ³ /s (CFM) por persona	68
Cuadro 19. Clases de filtración	69
Cuadro 20. Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido expresados en decibeles (db).	71
Cuadro 21. Formato de recolección de datos exigencias de confort e higiene	72
Cuadro 22. Exigencias de eficiencia energética	74
Cuadro 23. Caídas de presión admisibles en componentes	76
Cuadro 24. . Formato de recolección de datos exigencias de eficiencia energética	79
Cuadro 25. Exigencias de seguridad	80
Cuadro 26. Significado general de los colores de seguridad	82
Cuadro 27. Forma geométrica y significado	83
Cuadro 28. Combinaciones	84
Cuadro 29. Valores de caudal mínimo del aire exterior por persona	90

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Tabla de valores impacto-ocurrencia	pág 125
Anexo B. Operación de mantenimiento preventivo y su periodicidad	126
Anexo C. Medidas de generadores de calor y su periodicidad	127
Anexo D. Medidas de generadores de frío y su periodicidad	128
Anexo E. Planos del piso noveno de la procuraduría general de la nación sede manuel meja	129

GLOSARIO

SIMBOLO/ ABREVIATURA	DESCRIPCION
AE	Aire de extracción
AE1	AE de bajo nivel de contaminación
AE 2	AE de moderado nivel de contaminación
AE 3	AE de alto nivel de contaminación
AE 4	AE de muy alto nivel de contaminación
ANSI	American National Standards Institute
ASHRAE	American Society of heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers
CAE	Calidad de aire exterior
CAE 1	Aire puro con partículas solidas
CAE 2	Aire con alta concentración de partículas solidas
CAE 3	Aire con muy alta concentración de partículas solidas
CAI	Calidad del Aire Interior
CAI 1	Aire de calidad alta
CAI 2	Aire de calidad media
CAI 3	Aire de Calidad mediocre
CAI 4	Aire de calidad baja
Clo	Unidad de resistencia de la ropa
COP	Coefficient of performance
dp	Decipol
HEPA	High efficiency particulate air
IT	Instrucción técnica
ICONTEC	Instituto colombiano de normas técnicas y certificación
MERV	Minimum Efficiency Reporting Value

met	Unidad de calor emitido por una persona sentado por unidad de área
NTC	Norma técnica colombiana
UMA	Unidad de tratamiento de aire
VRF	flujo de refrigerante variable

RESUMEN

Este proyecto se realiza por la falta de calidad en las edificaciones, cuyo fin es suplir una demanda térmica, ya sea destinada a la climatización o al calentamiento de agua, y gracias al reglamento técnico de instalaciones térmicas en edificaciones, en adelante "RITE", se logra hacer una evaluación técnica.

Se definió una edificación para diagnosticar su estado actual, posteriormente a la selección de la instalación, se identificaron parámetros clave y se determinaron puntos críticos, donde se realizarán mediciones.

Finalmente caracterizar la edificación en estudio. Con los datos obtenidos de la caracterización, se realizará la evaluación técnica, validando los estándares previamente establecidos que permitirá diagnosticar la edificación, validando su cumplimiento del RITE y así brindar recomendaciones necesarias para que la edificación logre ser acreditada con el RITE.

PALABRAS CLAVE: RITE, evaluación técnica, climatización, higiene, operación.

INTRODUCCIÓN

El origen del siguiente proyecto, nace debido a que en Colombia las instalaciones con acondicionamiento de aire son deficientes y no cumplen con los estándares mínimos de calidad, seguridad y operatividad, esto debido a la falta de control de las entidades pertinentes y la falta de aplicación del reglamento que establece los requisitos mínimos necesarios para dichas instalaciones, en este caso el Reglamento de instalaciones Técnicas en Edificación, el cual brinda la información, los pasos y recomendaciones necesarias para poder cumplir con las exigencias de acondicionamiento de aire y climatización en los edificios, asegurando el bienestar de las personas que normalmente se encuentran en dichos espacios.

En Colombia no se están aplicando reglamentos que aseguren la eficiencia y el confort de las instalaciones con sistemas de aire acondicionado, climatización y calderas. Por eso la asociación colombiana de acondicionamiento del aire y la refrigeración “ACAIRE” y los Ministerios de Medio Ambiente y desarrollo sostenible, Comercio, industria y comercio y Vivienda, se comprometen a realizar un RITE para asegurar factores claves para cumplir con estándares de seguridad y reducción de consumo energético; Se crea el RITE ACAIRE 2017, brindando las pautas para garantizar el confort, seguridad, reducción de emisión de gases efecto invernadero y consumos responsables para las instalaciones.

Por medio de una evaluación técnica tomando como base el RITE de ACAIRE, se diagnosticará la situación actual de una edificación que está en operación, donde se verificara la producción de los sistemas de climatización instalados, analizando los consumos energéticos, eficiencias de los equipos, y aspectos tratados en el RITE, con el fin de diagnosticar la edificación y el cumplimiento de los requisitos estipulados en el RITE, validando que aspectos cumple o son relevantes a mejorar.

La versión tratada en este proyecto es la de 2017, la cual fue desarrollada a partir de varias fuentes reconocidas de información como por ejemplo los documentos de ASHRAE (American Society Of Heating, Refrigerating And A-C Engineers), que establece parámetros que deben cumplirse en la edificación.

Por consiguiente, este sistema permite determinar parámetros claves que permitan evaluar y concluir, para así poder diagnosticar el sistema de climatización presente en la edificación de manera asertiva.

En este caso un análisis de cumplimiento, en cada parámetro evaluado y definido por el RITE, cuyo fin es evidenciar el cumplimiento de estándares de calidad establecidos.

Quien rige las evaluaciones técnicas en Colombia es la Asociación Colombiana de Ingenieros “ACIEM”, que nos da las pautas para una correcta evaluación financiera de un proyecto de auditoría o evaluación.

El presente trabajo, tiene como objetivo general “Evaluar técnicamente un sistema de climatización bajo el reglamento RITE, para ACAIRE” y para su cumplimiento se desarrollaron los siguientes objetivos específicos:

- Evaluar la situación actual.
- Determinar parámetros para la caracterización del sistema.
- Caracterizar el sistema de climatización instalado en el edificio a evaluar
- Realizar la evaluación del sistema de climatización bajo el reglamento RITE contemplando diseño, selección de materiales, instalaciones, operación y planes de mantenimiento.
- Análisis de resultados.

Su alcance es realizar la evaluación técnica de un sistema de climatización existente y en operación, en una edificación que definirá y seleccionará ACAIRE, caracterizando el sistema utilizado en dicha edificación y analizando los resultados obtenidos con base en el reglamento RITE. No se realizarán modificaciones a ningún diseño, instalación, plan de mantenimiento o equipo instalado en la edificación.

ACAIRE y las entidades regulatorias gubernamentales están trabajando para que el RITE sea una exigencia obligatoria para las constructoras y contratista, siempre y cuando las edificaciones construidas tengan sistemas de climatización, refrigeración o calentamiento de agua, con el fin de garantizar la calidad del aire interior, eficiencias energéticas y reducción de gases contaminantes a la atmosfera, volviendo así a Colombia un ejemplo a seguir en Latinoamérica y este proyecto sirve como justificación de porque es necesario la implementación de la normativa RITE, ya que se diagnostica problemáticas comúnmente presentadas en una edificación como no confort, calidad del aire interior y los consumos energéticos excesivos provenientes del diseño, la operación de los equipos y mantenimiento de los mismos.

1 ESTADO ACTUAL DE LOS SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN EN COLOMBIA

Conocer los antecedentes de la edificación, y los tipos de sistemas de climatización es vital para poder diagnosticar el funcionamiento de las instalaciones, asimismo saber términos claves para el correcto entendimiento y desarrollo de la evaluación.

1.1 GENERALIDADES

Una evaluación técnica posee diferentes parámetros los cuales permiten lograr un estudio más detallado y preciso, independientemente del sector en la que se aplique. Para tener un contexto más enfocado se muestran los factores y conceptos que se utilizan en la evaluación técnica y que son necesarios para abarcar temas específicos.

1.1.1 Edificación. Construcción en la que se utiliza energía para el acondicionamiento del clima y confort interior. En la edificación se realizan los procesos de instalación, diseño e implementación de los sistemas de climatización y refrigeración.¹

1.1.2 Transferencia de calor. Ciencia básica que se basa en la rapidez de los cuerpos para realizar una transferencia de energía térmica. Las condiciones de operación, funcionamiento y mantenimiento de una edificación, se basan en el cálculo de cargas y energía utilizando los diferentes conceptos de esta ciencia.²

1.1.3 Temperatura. Es una medida de energía cinética de las moléculas o átomos que posee una sustancia. Esta magnitud muestra el movimiento entre las partículas que están en contacto de forma directa o indirecta. En un sistema de climatización, esta propiedad física es un parámetro a medir ya que está ligado a los diferentes procesos que se utilizan.³

1.1.4 Humedad. Es la cantidad de vapor de agua contenido en el aire o al interior de un cuerpo⁴

¹ Asociación Colombiana de Acondicionamiento del Aire y la Refrigeración (ACAIRE). RITE 2017. Bogotá: ACAIRE, 2017, p. 136.

²CENGEL, Yunus A. Transferencia de Calor y masa: Un enfoque practico. Edición 3. Reno, Nevada: Mc Graw Hill, 2007.pg. 2

³ Ibid., p 7.

⁴ GARCÍA ALMIÑANA, Daniel. Instalaciones De Refrigeración Y Aire Acondicionado. Barcelona: Editorial UOC, 2007. ISBN: 978-849-029-546-5. p. 76.

1.1.5 Climatización. Acción de ejercer en un espacio cerrado condiciones establecidas y óptimas como: temperatura, calidad de aire, etc. Con el fin de brindar el bienestar de las personas y/o la conservación de materias primas y objetos.⁵

1.1.6 Confort. “Es la condición de la mente que expresa satisfacción con el medio ambiente.”⁶

1.1.7 Higiene. Conjunto de actividades humanas que tienen como fin la conservación de la salud y prevención de enfermedades.⁷

1.2 RITE ACAIRE 2017

El reglamento de instalaciones térmica en edificaciones también llamado RITE, es una herramienta que permite a ingenieros mecánicos que se desempeñen en el campo del aire acondicionado diseñar y acreditar una edificación destinadas a atender una demanda térmica con pautas mínimas de confort, eficiencia energética, protección de medio ambiente y seguridad, con el fin de generar bienestar e higiene a las personas que habitan o frecuentan la edificación⁸. Para poder acreditar una edificación el RITE establece parámetros de diseño permite al ingeniero encargado del proyecto a desarrollar adecuadamente su dimensionado, ejecución, mantenimiento y uso, mediante la aplicación de la guía de buenas prácticas de ingeniería en este caso el RITE acreditar y validar el cumplimiento del sistema de climatización y/o de calentamiento de agua que se desea instalar o que ya está en uso.⁹

⁵ Asociación colombiana de acondicionamiento del aire y la Refrigeración (ACAIRE). Op. 135p.

⁶ ANSI/ASHRAE. Standard 55 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. 2013. p. 3.

⁷ Ibid.

⁸ Asociación Colombiana de Acondicionamiento del Aire y la Refrigeración (ACAIRE). RITE 2017. Bogotá: ACAIRE, 2017. p. 14

⁹ BOTERO, Camilo. Normas NTC ISO 50001 y RITE para Colombia. Bogotá: 29 de agosto 2012. [18 de marzo 2019]. Disponible en: <https://www.acrlatinoamerica.com/201208294927/articulos/otros-enfoques/normas-ntc-iso-50001-y-rite-para-colombia.html>

Figura 1. RITE España



Fuente: CONCEJERÍA DE TRANSPORTES INFRAESTRUCTURA Y VIVIENDA. Reglamento de instalaciones térmicas en edificaciones (RITE). Real decreto 1027/2017. p1.

El RITE tiene varias versiones, siendo la más conocida su versión española expedida por la consejería de transporte, infraestructura y vivienda con el real decreto 1075 de 2010 y teniendo actualizaciones siempre y cuando lo amerite, que basa su estructura por los estándares europeos Una Norma Española UNE.

Figura 2. RITE ACAIRE 2017



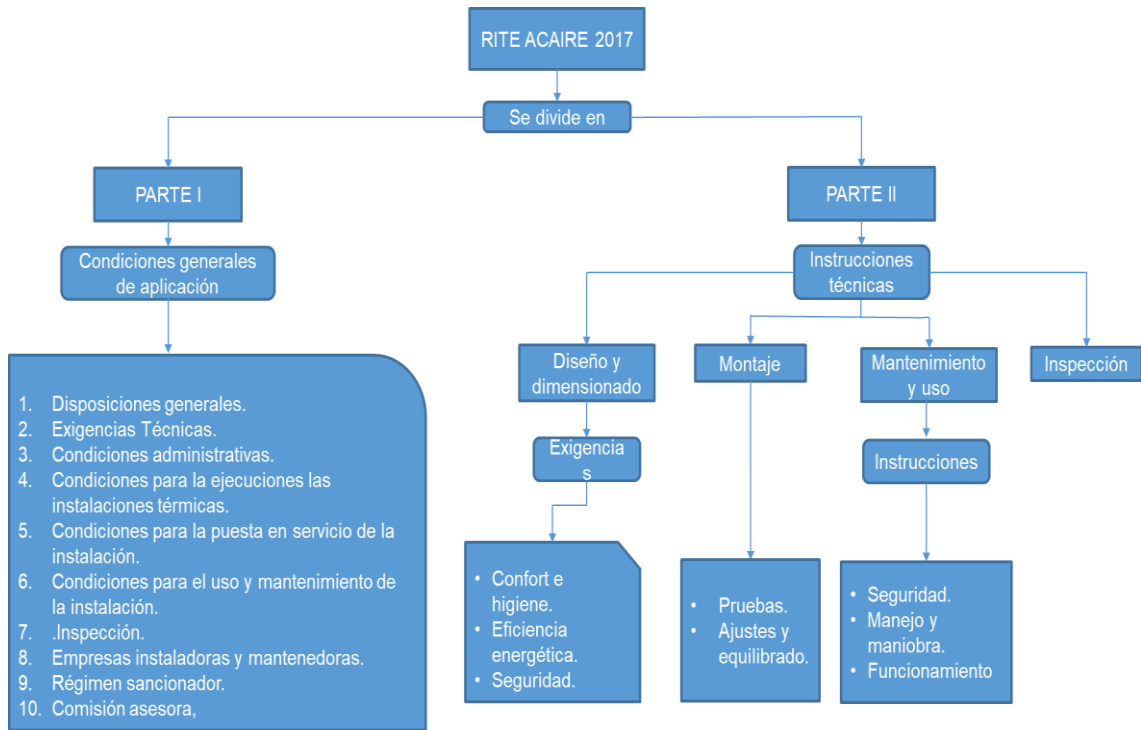
Fuente: ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE ACONDICIONAMIENTO DEL AMBIENTE Y DE LA REFRIGERACIÓN, (ACAIRE). Reglamento de instalaciones térmicas en edificaciones. 2017. p. 1.

La Asociación Colombiana de Acondicionamiento del Aire y de la Refrigeración ACAIRE en el año 2017 publica la versión colombiana del RITE en la cual basa su estructura en las normas técnicas Colombianas NTC de Icontec, el RITE España, estándares expedidos por el Instituto Americano de Estándares Nacionales ANSI y la Sociedad Estadounidense de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado ASHRAE, que establecen diversos parámetros para garantizar la eficiencia y buen funcionamiento en equipos de climatización y las instalaciones que los alojan, del mismo modo para la correcta selección de materiales y equipos se refiere a las normativas expedidas por el Instituto de Aire Acondicionado, Calefacción y Refrigeración AHRI que ayuda al uso de equipos certificados por esta organización bajo estándares de calidad.

En Colombia se establece la ley 697 de 2001 que fomenta el uso eficiente y racional de la energía, en donde se tratan temas de eficiencia energéticas de equipos y sus consumos energéticos, en donde el RITE desarrollado por ACAIRE ayuda a la reducción de costo y consumos energéticos, en los sistemas de climatización bajo los estándares expedidos por las entidades anteriormente nombradas y todo esto bajo el uso racional de la energía y garantizando que el sistema se amigable con el medio ambiente.

El RITE ACAIRE 2017 consta de 2 partes, de las cuales la parte 1 contempla disposiciones generales y condiciones para la aplicación del RITE y la parte 2 es constituida por instrucciones técnicas que permiten la acreditación de la edificación, en donde se cuantifica el rango de cumplimiento de los parámetros que establece el RITE.

Cuadro 1. Contenido RITE ACAIRE 2017



Fuente: elaboración propia.

1.2.1 Parte 1 DEL RITE ACAIRE 2017. Esta primera sección del reglamento contempla las condiciones generales para su aplicación, donde se contienen 10 capítulos y cada uno especifica temáticas legales para poder aplicar el RITE a una edificación, explicando temas como la disposición del reglamento que establece exigencias técnicas de confort, diseño, dimensionado, eficiencia energética, montaje, mantenimiento, protección al medio ambiente, uso y seguridad, delimitando su uso a edificaciones destinadas a contener oficinas, centros educativos, hoteles, teatros, restaurantes, centros comerciales, centros recreativos e instalaciones destinadas a usos similares. El RITE está en estudio para convertirse en ley para las edificaciones con sistemas de climatización en generación bien puede ser de calor o frío, y calentamiento de agua instalados, con el fin de regular y garantizar calidad del aire que respiran las personas que frecuentan o viven en dichas edificaciones, del mismo modo la eficiencia energética y consumos responsables generaran un veneficio para los dueños de la edificaciones y finalmente el cuidado al medio ambiente, para poder conservar el planeta y un ambiente sano en donde residir.

Según su potencia nominal térmica el RITE define tres tipos de proyectos acreditables los cuales son:

Cuadro 2. Tipos de proyecto de diseño



Fuente elaboración propia

En el cuadro número 2 se evidencia los tres tipos de proyecto acreditables según el RITE, en donde se toma como factor principal la potencia nominal del sistema.

Cuadro 3. Ejecución de proyectos

Proyecto de diseño.	Proyecto menor	Proyecto con potencia térmica menor a 5KW
Elaborado por ingeniero Mecánico o Electromecánico con 10 años de experiencia.	Elaborado por tecnólogo o ingeniero o ingeniero competente autorizado.	Elaborado por tecnólogo o ingeniero o ingeniero competente autorizado.

Fuente: elaboración propia.

1.2.1.1 Proyecto de diseño. Su potencia nominal térmica debe ser superior a 70KW, y es necesario que el proyecto sea elaborado y firmado por un ingeniero Mecánico o Electromecánico con mínimo de experiencia de 10 años debidamente acreditada en el campo de la climatización y tener matrícula profesional vigente, otra exigencia que requiere este tipo de proyecto es describir bajo documentación la instalación térmica en su totalidad exponiendo sus características y la forma de ejecución del proyecto.

Se debe justificar que el proyecto suple las exigencias establecidas por el RITE, del mismo modo se deben presentar las características mínimas de los equipos instalados y materiales utilizados contemplando el diseño detallado, cumplir con normas de calidad y verificación de pruebas de ejecución de la instalación. Se deben adjuntar los manuales de instrucciones para el uso y mantenimiento del sistema.

1.2.1.2 Proyecto menor. Su potencia nominal térmica debe estar contenida entre 70KW y 5KW, este tipo de proyecto puede ser elaborado por un tecnólogo o ingeniero competente autorizado y debe cumplir con 5 requisitos establecidos por ACAIRE.

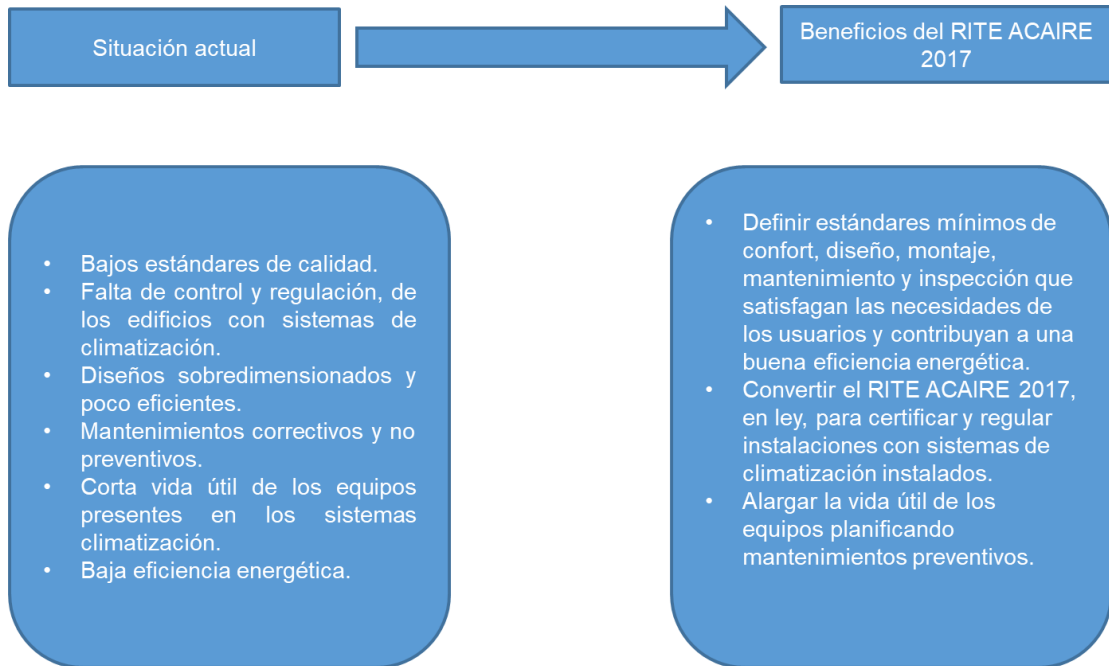
Como primer requisito se debe justificar que se cumplen con las exigencias establecidas en el RITE, en segunda instancia se debe hacer una breve descripción de la instalación centrándose en el tipo, número y características de los equipos generadores de calor y frío, y elementos que se consideren principales.

El tercer y cuarto requisito es argumentar el diseño en base a los cálculos de potencia térmica instalada y adjuntar los planos o esquemas de las instalaciones, como último requisito se debe entregar la documentación con las condiciones particulares de control que justifiquen los equipos y los materiales de la instalación.

1.2.1.3 Proyecto con potencia térmica menor a 5KW. Si el proyecto tiene una potencia térmica inferior a 5KW, no es necesario presentar la documentación ya anteriormente exigida para el proyecto de diseño y el proyecto menor de diseño, y basta con ponerse en contacto con el organismo certificador para corroborar el correcto funcionamiento de las instalaciones.

1.2.2 Parte 2 DEL RITE ACAIRE 2017. La segunda parte del RITE contiene las instrucciones técnicas sobre las cuales se realiza el diseño o evaluación de una edificación destinada a suplir una demanda térmica, ya sea en climatización o calentamiento de agua, teniendo como principales aspectos diseño y dimensionado, montaje, mantenimiento y uso, y finalmente inspección, en donde se definen parámetros específicos que debe cumplir para ser acreditada la edificación y mantenerse en este estado.

Cuadro 4. Situación actual vs beneficios del RITE



Fuente: elaboración propia.

1.2.3 ACAIRE. Quien brinda este proyecto es la asociación colombiana de acondicionamiento del aire y la refrigeración de ahora en adelante llamada “ACAIRE”, cuya función capacitar, certificar, estandarizar, y brindar acompañamiento en instalaciones que tienen como fin suplir una demanda térmica, que puede ser climatizar, refrigerar, entre otras, esto con el fin de apoyar la labor de ingeniería y buscar el cumplimiento de estándares de calidad, higiene, montaje y operación, previamente establecidos por normas nacionales y extranjeras.

La idea de una organización que reúna a expertos en el área de la climatización y refrigeración nace en 1980, esta idea posteriormente en 1981 y 1982 se consolida en la creación de ACAIRE, que a lo largo de su trayecto en el país ha teniendo grandes contribuciones como organización del foro iberoamericano aire acondicionado y refrigeración CIAR, la creación de EXPOACAIRE evento que reúne a las principales empresas del sector, publicación de guías de buenas prácticas de ingeniería BPI, entre otros grandes logros, también desarrolla convenios con entidades internacionales como lo son

La Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado que es llamada por sus siglas en inglés como ASHRAE y el Instituto

de la Refrigeración con Amoniaco también conocido como IIARE, con el fin de estar siempre actualizado en cuanto a nuevas tecnologías, normas y prácticas.

Gracias a el esfuerzo de ACAIRE y ingenieros del gremio del acondicionamiento del aire y la refrigeración, se logra consolidar el RITE en su versión Colombiana, que se espera sea aplicable a nivel Latinoamérica, para poder garantizar la calidad y la eficiencia energética.

1.3 ANÁLISIS NORMATIVO

El RITE está estructurado por diferentes normativas y reglamentos que contribuyen a las buenas prácticas de ingeniería, y su debido cumplimiento debe garantizar que la edificación que se acredite puede cumplir cualquier normativa relacionada con el RITE entre las cuales se pueden encontrar las siguientes:

Cuadro 5. Marco normativo

Norma	Número	Año	Título
Ley	697	2001	Se fomenta el uso eficiente y racional de la energía
Decreto Real	1075	2010	RITE español
Reglamento Técnico de Calderas RTC			Reglamento en trámite de aprobación
Resolución	627	2006	Norma Nacional de Emisión de Ruido y Ruido Ambiental
NSR-10			Reglamento Colombiano de Construcciones Sismorresistentes
ICONTEC			Normas sobre Climatización
ASHRAE	62.1	2010	Ventilación para una Aceptable Calidad del Aire Interior
ANSI/ASHRAE	90.1	2007	Requisitos mínimos de energía eficiente para el diseño de edificios
ANSI/ASHRAE	55		Condiciones de Confort
ASHRAE	52		Requisitos de Filtración - Escala MERV
ANSI/ASHRAE	189.1	2011	Diseño de Edificios de Alto Rendimiento
AEDG-ASHRAE	Varias		Guías de Diseño Avanzado de Energía
AHRI	Varias		Certificación de Equipos
SMACNA	Varias		Ventilación
UPME	Varias		Unidad de Planeación Minero Energética
UTO	Varias		Unidad Técnica de Ozono
NEMA	Varias		Eficiencia de Motores Eléctricos
ANSI/IEC	60529	2004	Envolturas de protección para motores y equipos eléctricos y electrónicos
IEC	60034-2-1	2007-09	Medición de eficiencia de motores eléctricos
IEC	60529		Grados de protección para envolturas de motores eléctricos
EUI/ASHRAE			Energy Utilization Index

Fuente: ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE ACONDICIONAMIENTO DEL Y DE LA REFRIGERACIÓN, (ACAIRE). Reglamento de instalaciones térmicas en edificaciones. 2017. p. 141

1.3.1 Normas utilizadas para evaluar el desempeño de los equipos de climatización en Colombia. La búsqueda de eficiencia en los equipos de climatización instalados conlleva a cumplir una serie de normas y leyes, que aseguren el correcto funcionamiento de los equipos y de las instalaciones donde se utilizan estos. mediante las normativas y reglamentos, se logra reducir los consumos energéticos elevados y la contaminación al medio ambiente. En Colombia el Ministerio de Minas y Energía, ACIEM (Asociación Colombiana de Ingenieros) y ACAIRE, buscan garantizar la correcta operación de los equipos que están destinados a suplir una demanda energética como lo son en este caso los equipos de climatización y refrigeración, utilizando las normas NTC (Normas Técnicas Colombianas) y en la actualidad el RITE, que se espera en un futuro se convierta en ley.

A nivel internacional existen normativas y estándares para los sistemas de climatización instalados, siendo los más conocidos y utilizados en Colombia los ASHRAE (La sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado), AHRI (Instituto de Aire Acondicionado, Calefacción y Refrigeración), LEED (Liderazgo en Diseño Energético y Ambiental), RITE ya vigente de España que es utilizado por la unión europea y estándares establecidos por la UNE y UE.

1.3.2 Normativas nacionales utilizadas en el diseño y evaluación de sistemas de climatización

1.3.2.1 Normas técnicas colombianas. La normativa NTC ISO 50001 que fue aprobada el 15 de junio de 2011 tiene como objetivo los sistemas de gestión de la energía y requisitos con orientación para su uso, buscando de manera eficaz reducir la emisión de gases contaminantes y de efecto invernadero evaluando y definiendo aspectos como adquisición de equipos, consumo energético, desempeño energético, diseño, documentación e información, medición, procesos, personal y sistemas, asimismo promueve la implementación de energías alternativas en los sistemas de climatización, buscando un desarrollo sostenible.¹⁰

En su construcción se incorporan aspecto de compatibilidad con otras normas NTC ISO como lo son la 9001, 140000 y 22000, facilitando que en una acreditación por un ente externo a la organización se asegure eficiencia energética, calidad y cuidado al medio ambiente, cabe resaltar que el éxito de la implementación de esta normativa depende de todos los miembros de la organización y en necesario aplicar políticas de mejoramiento continuo. Esta norma es internacional ya que no solo es

¹⁰ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACIÓN. Sistemas de gestión de la energía. requisitos con orientación para su uso. NTC 50001. Bogotá D.C.: El instituto. 2011. i. p.

aplicada en Colombia, sino que también se usa en países de latino América, ya que sus bases son modelos de estándares internacionales de entidades reconocidas como lo pueden ser:

- DS2403 - 2001 – Dinamarca.
- SS627750 - 2003 – Suecia.
- ANSI/MSE 2000 – EEUU.
- UNE 216301 – 2007 – España.
- UNE-EN 16001 – Europa.

Los anteriores son algunos de los estándares tomados como base para la creación de la normativa, brindándole un amplio alcance y justificación a su aplicación. Los estándares americanos de la ANSI (Instituto Nacional Estadounidense de Estándares) y de la UNE (Asociación Española de Normalización), son reconocidos a nivel mundial por su exigencia y buenas prácticas en el campo de la climatización, lo cual da buenas bases a la norma NTC.

➤ NTC ISO 4366 publicada en 2003, tiene como objetivo la eficiencia energética en acondicionadores de aire para recintos, contemplando rangos de eficiencia y etiquetado, contemplando capacidades de los equipos de climatización de hasta 10.548W o 36.000Btu/h, siendo usada en instalaciones pequeñas o climatización en hogares, donde su demanda energética no es amplia y se pueden considerar los valores establecidos como máximos en la norma. Para su creación se basa en versiones anteriores, pero no menos importantes como lo son las normas NTC ISO 3293 Y 4295¹¹.

➤ La normativa NTC ISO 3293 publicada en 1997, tiene como objetivo establecer procedimientos uniformes o métodos que permitan normalizar y medir características de los elementos encargados de acondicionar el aire en una instalación con demanda térmica. Contemplando como factores importantes la capacidad de enfriamiento, capacidad de remoción de humedad, capacidad de calentamiento, el aire que recircula, aire de ventilación, aire de escape, aire estándar y factor de eficiencia de energía, que son valores críticos que se utilizan para el diseño del sistema de climatización¹².

➤ La normativa NTC ISO 4295 publicada en 1997, su objetivo es establecer un método para la relación de eficiencia energética, capacidades de refrigeración y

¹¹ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACIÓN. Eficiencia energética en acondicionadores de aire para recintos. NTC 4366. Bogotá D.C.: El instituto. 2003. i. p.

¹² INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACIÓN. Procedimientos uniformes o métodos que permitan normalizar y medir características de los elementos encargados de acondicionar el aire en una instalación con demanda térmica. NTC 3293. Bogotá D.C.: El instituto. 1997. i. p.

cantidades de flujo de aire, con el fin de clasificar los sistemas de aire acondicionado en los recintos y terminales compactas, trabajando en conjunto con la NTC ISO 4366 ya anteriormente nombrada en el documento. Para el desarrollo de esta norma se tomó como base el manual de fundamentos de ASHRAE publicado en 1985, especificando las mediciones e instrumentos, tratados en este¹³.

➤ La normativa NTC ISO 2348 publicada en 1998, tiene como objetivo la correcta selección de materiales para fabricación de conectores y conductos de aire, incluyendo los tramos preformados de los conductos flexibles o rígidos y del mismo modo la clasificación y requisitos de los conectores y conductos. Esta normativa tiene como base normas de la NFPA (Asociación Nacional de Protección contra el Fuego) 90A Y 90B, donde se tratan tópicos correspondientes a la instalación de sistemas de ventilación y aire acondicionado, y sistemas de aire acondicionado y calentamiento de aire respectivamente¹⁴.

1.3.3 Normativas Internacionales utilizadas en el diseño y evaluación de sistemas de climatización.

1.3.3.1 ASHRAE (La sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado), es la unión de ingenieros y afines involucrados en las áreas de calefacción, refrigeración y aire acondicionado, quienes centran sus esfuerzos en crear estándares y promover tecnologías sostenibles, centrándose en los sistemas de construcción, eficiencia energética, calidad del aire interior, refrigeración y sostenibilidad dentro de la industria. ASHRAE trabaja en colaboración con la ANSI (Instituto Nacional Estadounidense de Estándares), cuya función es supervisar la creación de estándares, la promulgación y el uso de normas y directrices que pueden estar aplicadas en casi todos los sectores de la industria. ANSI también acredita las organizaciones que lo soliciten, según sus estándares, y asimismo realiza evaluaciones para diagnosticar el estado de las competencias de las organizaciones estableciendo el cumplimiento de las normas que maneja ANSI.

➤ ANSI/ASHRARE STANDARD 15-2019. Estándar de seguridad para sistemas de refrigeración, en este documento se especifican pautas para el correcto diseño, construcción, instalación y operación del sistema de climatización, estableciendo parámetros para asegurar la vida humana, la salud de las personas y de la propiedad como lo son los sistemas de climatización instalados y el inmueble donde se encuentran, del mismo modo clasifica los tipos de sistemas de climatización.

¹³ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACIÓN. Método para la relación de eficiencia energética, capacidades de refrigeración y cantidades de flujo de aire. NTC 4295. Bogotá D.C.: El instituto. 1997. i. p.

¹⁴ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACIÓN. Selección de materiales para fabricación de conectores y conductos de aire, incluyendo los tramos preformados de los conductos flexibles o rígidos. NTC 2348. Bogotá D.C.: El instituto. 1998. i. p.

- ANSI/ASHRAE STANDARD 55-2017. Estándar de condiciones térmicas del ambiente para la ocupación humana, este documento busca el confort térmico al interior de una edificación, analizando los factores como la temperatura, radiación térmica, humedad, velocidad del aire, actividad que desempeñaban las personas dentro de la edificación y el tipo de ropa que utilizan, que son básicos a la hora de realizar el diseño de un sistema de climatización, y con los cuales se puede controlar la calidad del aire interno que asimismo contribuye al cuidado de la salud de los residentes de la edificación.
- ANSI/ASHRAE 62.1-2016. Estándar de ventilación para calidad aceptable del aire interior, en este documento se especifican las tasas mínimas de ventilación y medidas destinadas a proporcionar calidad al aire interior que debe ser aceptable para los ocupantes de la edificación y debe minimizar las afecciones humanas, además brinda los requerimientos para garantizar la calidad del aire interno en edificaciones nuevas o ya construidas en operación, donde si la edificación en operación no cumple con el estándar se pueden realizar las respectivas modificaciones.
- ANSI/ASHRAE 100-2018. Estándar de eficiencia energética en edificios existentes, en este documento se establecen criterios de evaluación que su resultado conlleva a la reducción de los consumos energéticos aumentando la eficiencia energética del sistema de climatización, evaluando operación, mantenimiento, gestión y monitoreo, los cuales se consideran están directamente ligados a los consumos energéticos.

1.3.3.2 AHRI (Instituto de Aire Acondicionado, Calefacción y Refrigeración). Es una organización encargada de crear normativas y brindar certificaciones, a los equipos de climatización, y trabaja en conjunto con la marca HAVACAK, donde dichos equipos vienen previamente certificados para su uso, siendo eficientes y confiables para su uso.

AHRI es reconocida a nivel mundial por sus estándares que proporcionan confiabilidad en las operaciones y en los equipos, algunos de estos estándares son

- ANSI/AHRI 275-2010. Estándar de aplicación de niveles del régimen nominal de sonido de equipos unitarios exteriores, este documento especifica niveles de ruido contaminante permitidos en los equipos de climatización ubicados al exterior de la edificación, como bien pueden ser la unidad condensadora o un equipo tipo paquete de alta capacidad.
- ANSI/AHRI 340/360-2007. Estándar de rendimiento efectivo de equipos unitarios comerciales e industriales de aire acondicionado y bombas caloríficas, este

documento explica mediante tablas y pruebas como debe ser el rendimiento de los equipos de climatización, refrigeración y si se tiene bombas de calor, ayudando a la reducción de consumos energéticos y ayudado a la eficiencia energética, para así tener un sistema que funcione bajo los parámetros óptimos y genere una confiabilidad a la hora de su uso.

➤ Norma 90.1 de ASHRAE. Norma energética para edificios excepto edificios residenciales de baja altura, esta normativa busca el cumplimiento de parámetros que se consideran necesarios que, así como el RITE buscan la eficiencia energética, evaluando los parámetros del diseño y si ya está en operación la edificación.

1.3.3.3 LEED (Liderazgo en Energía y Diseño de Ambiente). LEED es un sistema de evaluación y clasificación de edificios reconocido a nivel mundial, que se encarga de certificar a las edificaciones que se consideran amigables con el medio ambiente o ecológicos, la certificación LEED busca la sostenibilidad de un edificio analizando aspectos como eficiencia energética, calidad del ambiente interior, eficiencia del consumo de agua, selección de los materiales, distribución de espacios, otorgando pautas para el diseño, operación y mantenimiento. Del mismo modo promueve el uso de energías alternativas y a diferencia del RITE la certificación LEED contempla edificaciones del tipo centro de salud y escuelas, ampliando su alcance.

La certificación LEED contempla 4 niveles que depende del puntaje que obtenga la edificación en estudio, como lo son edificio certificado, certificación plata, certificación oro y certificación platino, además el LEED tiene categorías según el estado de las edificaciones nuevas de la edificación considerando:

- Diseño de edificio y construcción.
- Diseño de interiores y construcción.
- Operaciones de las constructoras y mantenimiento.
- Desarrollo del barrio.

En las edificaciones ya construida y en operación o en remodela miento, se consideran parámetros de evaluación diferentes, pero se logra diagnosticar los sistemas instalados.

1.3.4 Normas colombianas para el diseño y construcción de edificaciones. El diseño de los edificios es controlado por comisiones reguladoras establecidas por el ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, que valida mediante el cumplimiento de su reglamento donde se contempla el diseño y pautas de seguridad.

NSR-10, reglamento colombiano de construcción sismo resistentes. El ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, se soporta bajo la ley 400 de 1997 donde se tratan tópicos relacionados con la actividad sísmica y la resistencia de los materiales de construcción en las edificaciones, que aseguren la estabilidad de la construcción en caso de un siniestro como lo es un terremoto asegurando que la vida y seguridad de los residentes de dichas construcciones, teniendo una versión actualizada en junio 5 de 2017, que contempla modificaciones en el título A.

La ley 400 de 1997 da respuesta a la catástrofe ocurrida en Popayán en 1983 teniendo víctimas y daños materiales, y busca minimizar los daños que pueden producir un sismo y en caso de que una edificación sucumba ante estas adversidades establecer responsabilidades a las constructoras y encargados del diseño y desarrollo del proyecto de dicha edificación¹⁵. El NSR-10 cuenta 11 títulos los cuales son:

- Título A, requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente
- Título B, cargas.
- Título C, concreto estructural.
- Título D, mampostería estructural.
- Título E, casas de uno y dos pisos.
- Titulo F, estructuras metálicas.
- Título G, estructuras de madera y estructuras de guadua.
- Título H, estudios geotécnicos.
- Título I, supervisión técnica.
- Titulo J, requisitos de protección contra incendios en edificaciones.
- Titulo K, requisitos complementarios.

Estos títulos están contenidos por 4 tomos, y están organizados de la siguiente forma:

- Tomo 1: Prefacio – Títulos A y B.
- Tomo 2: Títulos C y D.

¹⁵ COMISIÓN ASESORA PERMANENTE PARA EL REGIMEN DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE. Reglamento colombiano de construcciones sismo resistentes. NSR-10. Bogotá.: AIS, 2017. Título A. Xlii. p.

- Tomo 3: Títulos E y F.
- Tomo 4: Títulos G, H, I, J y K.

El NSR-10 establece parámetros mínimos que en cierto modo ayudan a proteger las vidas humanas ante las adversidades producidas por un sismo, y del mismo modo garantizar la estabilidad de las edificaciones, contemplando que la mayoría de las vidas humanas pérdidas durante los sismos están directamente relacionadas con los problemas de construcción y diseño en los edificios.

El reglamento de construcciones sismo resistentes estableciendo una comisión asesora permanente para el régimen de construcciones sismo resistentes, estableciendo parámetros de estricto cumplimiento que aseguren que el diseño, construcción y puesta en marcha de una obra este contemplando materiales, durabilidad, calidad del concreto, y colocación, detalles de los refuerzos necesarios y finalmente requisitos de resistencia y funcionamiento en donde se evidencia el comportamiento de la estructura dependiendo de la flexión, cargas axiales, esfuerzos cortantes y de torsión¹⁶.

Colombia es un país que cuenta con una amenaza sísmica es de un 87%, lo que se puede concluir que el país se encuentra en terrenos de alta e intermedia actividad sísmica¹⁷, y debido a esto el NSR-10 establece 3 niveles según la actividad sísmica, por los cuales se delimita el diseño y su complejidad¹⁸:

- Capacidad mínima de disipación de energía DMI, localizaciones con nivel bajo de amenaza sísmica y con menores exigencias de desempeño sísmico.
- Capacidad moderada de disipación de energía DMO, localizaciones con nivel intermedio de amenaza sísmica y exigencias de desempeño sísmico.
- Capacidad especial de disipación de energía DES, localizaciones con nivel alto de amenaza sísmica y exigencias especiales de desempeño sísmico.

Dependiendo del nivel sobre el cual se cataloga la zona donde se realizará el proyecto se empieza a desarrollar su diseño contemplando los parámetros que exige la normativa NSR-10 y así poder desarrollar el proyecto exitosamente con condiciones de diseño que aseguran la estabilidad de la edificación y la seguridad de los habitantes.

Pasos a seguir para desarrollar un correcto diseño y garantizar que la edificación sea sismo resistente, según el NSR-10:

¹⁶ *Ibíd.*, Título C. C-1. p.

¹⁷ *Ibíd.*, Título A. i. p.

¹⁸ *Ibíd.*, Título C. C-6. p.

- Paso 1, establecer la localización, y determinar nivel de amenaza sísmica.
- Paso 2, definir de los movimientos sísmicos para el diseño.
- Paso 3, definir las características de la estructura y material estructural.
- Paso 4, establecer el grado de irregularidad de la estructura.
- Paso 5, cálculo de fuerzas sísmicas para el diseño.
- Paso 6, análisis estructural.
- Paso 7, determinar los desplazamientos horizontales.
- Paso 8, verificación de derivas.
- Paso 9, diseño de elementos estructurales.
- Paso 10, cimentación.
- Paso 11, diseño de elementos no estructurales.
- Paso 12, revisión de diseños.

Protección contra incendios en las edificaciones.

Las edificaciones deben cumplir con estándares mínimos de calidad, confort, higiene y seguridad que se deben cumplir para su ocupación y uso, en Colombia el NSR-10 es un requisito que el ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial exige, para permitir la construcción o certificar si la edificación es habitable y apta para su uso comercial. En los títulos J y K, se establecen los requisitos que acoplan las temáticas de seguridad contra incendios. El titulo J tiene como base 5 requisitos para poder evitar o combatir un incendio¹⁹:

- Reducir el riesgo de incendio en edificaciones.
- Evitar la propagación del fuego dentro de la edificación y estructuras aledañas.
- Facilitar las tareas de evacuación de los ocupantes de la edificación.
- Facilitar el proceso de extinción de incendios en la edificación.
- Minimizar el riesgo de colapso de la estructura durante las labores de evacuación y extinción.

Bajo estándares de salud ocupacional en el trabajo, se debe tener en cuenta parámetros que contribuyan al cumplimiento de los requisitos anteriormente nombrados, como lo son redes eléctricas, de gas y otros fluidos combustibles, inflamables o carburantes que son las causas que conllevan a un incendio. La estructura y división de los espacios facilitan la labor de evacuación en caso de presentarse un incendio y es necesario tener una fuente hídrica y un flujo específico para poder combatir las llamas, sobre la cual se basa la siguiente tabla.

¹⁹ *Ibíd.*, Título J. J-1. p.

Cuadro 6. Área construida y caudal mínimo requerido por cada hidrante que debe instalarse

Edificación	Área / hidrante, m ²	Caudal / hidrante, L/s
Edificios cuya altura de evacuación descendente sea más de 28 metros o ascendente de más de 6 metros.	500	32
Cines, teatros, auditorios y discotecas.	500	63
Recintos deportivos.	500	63
Locales comerciales.	1 000	63
Estacionamientos.	1 000	63
Hospitales	500	63
Residencias	5 000	32
Atención al público	500	63
Educación	1 000	63
Almacenamiento	500	63

Fuente: Reglamento colombiano de construcciones sismo resistentes, NSR-10, Título J, p.J-4.

1.4 SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN

Los sistemas de climatización pueden ser catalogados según se encuentran comercialmente, dependiendo de su uso y también su cantidad de componentes, por eso ASHRAE clasifica en su estándar número 15 en dos tipos los cuales son equipos de climatización tipo paquete y divididos, en donde los sistemas divididos pueden ser equipos tipo Split o multi-Split y CRV²⁰.

Según el estándar 15 de ASHRAE se define la toxicidad y tipo de refrigerante que se recomienda usar en los equipos de climatización, y se explica su nivel.

²⁰ ASSASHRAE. ASHRAE standards 15 2016 (packaged w/ Standard 34-2016): Safety Standard for Refrigeration Systems and Designation and Classification of Refrigerants (ANSI Approved). Atlanta. 2016. 15p. (ASHRAE 15-34)

Cuadro 7. Clasificación de seguridad de refrigerantes

		safety groups	
↑ flammability	higher flammability	A3	B3
	lower flammability	A2	B2
	no flame propagation	A1	B1
		lower toxicity	higher toxicity
		→ toxicity	

Fuente: SOCIEDAD AMERICANA DE INGENIEROS DE CALEFACCIÓN, REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO, (ASHRAE). Estándar 15 applied to Packaged, Split and VRF Systems. [Consultado el marzo 18, 2019]. Disponible en: https://www.trane.com/content/dam/Trane/Commercial/global/products-systems/education-training/engineers-newsletters/standards-codes/admapn027en_0308.pdf

En la anterior tabla se considera la flamabilidad y toxicidad que puede tener un refrigerante, ya que los refrigerantes comúnmente usados provienen de los hidrocarburos y es necesario conocer las características de un refrigerante antes de suministrarlo al equipo de climatización.

Cuadro 8. Refrigerantes más usados

Refrigerant number	Safety group	RCL lb/Mcf*	Highly toxic or toxic under code classification
R-22	A1	5.5	neither
R-134a	A1	13	neither
R-407C	A1	15	neither
R-410A	A1	10	neither

Fuente: SOCIEDAD AMERICANA DE INGENIEROS DE CALEFACCIÓN, REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO, (ASHRAE). Estándar 15 applied to Packaged, Split and VRF Systems. [Consultado el marzo 18, 2019]. Disponible en: https://www.trane.com/content/dam/Trane/Commercial/global/products-systems/education-training/engineers-newsletters/standards-codes/admapn027en_0308.pdf

Los refrigerantes recomendados según fabricantes y ASHRAE son los que se muestran en la tabla 1, en donde se puede contemplar que su grupo de seguridad es el más óptimo según la tabla 1, se recomienda trabajar con estos refrigerantes para evitar daños a la atmosfera y a la salud de los ocupantes en caso de una fuga de refrigerante o un corto que puede convertirse en una explosión o un incendio por la volatilidad que puede tener el refrigerante.²¹

²¹ Ibid., 17p.

1.4.1 Sistemas de climatización tipo paquete. Los sistemas tipo paquete o también conocidos como unidades centralizadas, se caracterizan por agrupar los elementos principales para realizar un ciclo de refrigeración en una sola unidad, la cual es robusta que alberga compresor, unidad condensadora, evaporador y válvula de expansión, simplificando su instalación ya que no se requiere tubería para la conexión de la condensadora y el evaporador, reduciendo las pérdidas energéticas por accesorio y tuberías, es necesario instalar estas unidades en los techos de los edificios o residencias, debido a que esta unidad necesita tener contacto con el aire exterior y así tomarlo, para poder realizar su respectivo proceso.

En algunas edificaciones estos sistemas no están ubicados en los techos, pero la condición es que la ventilación o flujo de aire exterior sea significativo; la gran desventaja de ubicar este tipo de sistemas en un punto que no sea el techo, es que el nivel de ruido generado por la unidad es considerable lo cual genera contaminación auditiva, que conlleva al no confort y puede ser sancionado por las entidades regulatorias, todo esto dependiendo de la capacidad del equipo ya que a mayor capacidad mayor ruido y mayor tamaño. A nivel comercial se dividen según su capacidad y se catalogan como residencial si el sistema tiene una capacidad máxima es igual o menor 5 toneladas de refrigeración y comercial si la capacidad del equipo es superior a las 5 toneladas de refrigeración.²²

Figura 3. Sistemas de climatización tipo paquete



Fuente.LG. Sistemas tipo paquete LG. [consultado en marzo 19]. Disponible en: https://www.computadoresbogota.com/articulos/activos/catalogos/LG_AK-Q036GH50,_AK-Q048GH50,_AK-Q060GH50.pdf

²² Ibid., 17p.

La figura 2 muestra un sistema de climatización tipo paquete de la marca LG, de referencia AK-Q060GH50, la cual según su ficha técnica tiene una capacidad de 17.4 kW lo cual es equivalente a 4.9 toneladas de refrigeración, lo cual lo cataloga como un equipo para uso doméstico y ocupa una superficie de 1.4m y utiliza un refrigerante denominado R-410^a, que según la tabla 1 y 2 expuestas anteriormente se considera un refrigerante seguro.²³

1.4.2 Sistemas de climatización divididos. Este tipo de sistemas de climatización como bien su nombre lo dice sus elementos se encuentran separados, una ubicada al interior del recinto como lo es el evaporador, filtros de aire y ventilador para desplazar el aire, y la otra parte se ubica al exterior que contempla la unidad condensadora, el compresor de aire, ventilador para refrigerar la unidad condensadora y la válvula de expansión, los equipos anteriormente nombrados deben comunicarse entre sí por medio de tuberías o ductos para poder realizar el ciclo de refrigeración o calefacción.

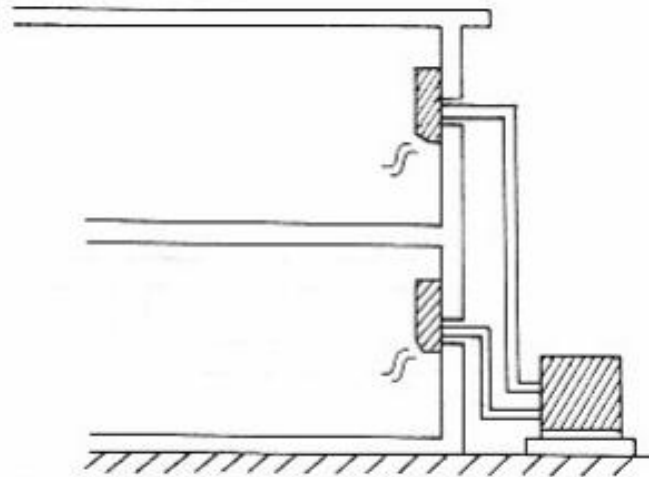
1.4.2.1 Sistemas de climatización tipo Split y Multi-Split. Los sistemas de climatización tipo Split contemplan dos equipos los cuales son la unidad interior en donde se encuentra el evaporador y el ventilador, y la unidad exterior compuesta por la condensadora, compresor y ventilador, cabe señalar que esta configuración puede variar según el fabricante, quien puede situar el compresor en la unidad interior. En el mercado normalmente se encuentra la primera configuración planteada en donde el compresor se aloja en la unidad exterior.

Una ventaja de este tipo de sistemas es que se puede climatizar varias zonas de la edificación o lugar en el que se necesite con el mismo equipo, a este arreglo se llama multi - Split, donde a partir de la misma unidad condensadora se derivan varios equipos tipo Split ubicados según la necesidad del diseño, en los equipos multi-Split se tiene una derivación de tuberías separadas provenientes de la condensadora hacia las unidades interiores, teniendo independencia en la tubería de cada una.²⁴

²³LG. Unidad Paquete. [en línea].
https://www.computadoresbogota.com/articulos/activos/catalogos/LG_AK-Q036GH50,_AK-Q048GH50,_AK-Q060GH50.pdf [consultado en 20 de marzo de 2019]

²⁴ MARINEZ, Inmaculada. Análisis de la Información Técnica en Equipos de Climatización. Sevilla, 2005. 264p. Trabajo de grado (Ingeniería Energética). Escuela Superior de Ingenieros Universidad de Sevilla. Facultad de Ingeniería. Área de Mecánica de Fluidos.

Figura 4. Equipo multi-Split con dos unidades interiores y una exterior



Fuente: SOCIEDAD AMERICANA DE INGENIEROS DE CALEFACCIÓN, REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO, (ASHRAE). Estándar 15 applied to Packaged, Split and VRF Systems. [Consultado el marzo 18, 2019]. Disponible en: https://www.trane.com/content/dam/Trane/Commercial/global/products-systems/education-training/engineers-newsletters/standards-codes/admapn027en_0308.pdf

En la figura 3 se muestra la derivación de la unidad exterior hacia dos unidades interiores, se tiene que cada unidad interior tiene una línea de alimentación independiente, este tipo de sistema de climatización puede tener varios equipos interiores siempre y cuando la unidad exterior supla la demanda energética de estos, por ejemplo si se tiene una unidad exterior la cual es la condensadora con una capacidad de 40 KW y 10 unidades interiores que exigen 4 KW cada una, el diseño es acertado ya que la unidad exterior es capaz de cubrir la demanda de los equipos exteriores contemplando perdidas, esto debido a que las unidades condensadoras pueden funcionar a eficiencias superiores al 100%.

El diseño necesario para instalar un sistema de climatización tipo Split es más complejo que el de un sistema de climatización tipo paquete, ya que se requiere la correcta adecuación de las tuberías o ductos, en donde se deben considerar pérdida por la distancia que debe recorrer el fluido para refrigerar, asimismo se debe considerar la transferencia de calor de las tuberías según el material y el ambiente sobre el cual van a estar instaladas, por esta razón es necesario aislar debidamente las tuberías que lo requieran, y finalmente los elementos de unión como pueden ser los codos y demás, generan una pérdida en el fluido, que debe evidenciarse en los

cálculos para el diseño para así poder garantizar que los cálculos realizados consideraron todos los factores necesarios para que el equipo opere bajo las condiciones que sean confortables y optimas durante su uso.²⁵

Figura 5. Equipo split marca LG



Fuente: LG. Sistema tipo multi Split LG. [consultado en marzo 19]. Disponible en: <https://www.lg.com/co/aire-acondicionado-residencial/lg-VS122C7>

En la figura 4 se observa un sistema de climatización tipo Split de la marca LG, se observa la unidad evaporadora en la parte superior y la condensadora en la parte inferior, este equipo tiene una referencia VS122C7, según la información suministrada por el fabricante en la ficha el equipo tiene una capacidad de 4.044 KW lo cual equivale a 1.15 Toneladas de refrigeración.

1.4.2.2 Sistema de climatización de caudal variable de refrigerante CRV. Los sistemas de climatización de caudal variable de refrigerante de ahora en adelante llamado CRV también son conocidos en el mercado como variable refrigerant Flow VRF o variable refrigerant volumen VRV, este tipo de sistemas

²⁵ LG. Unidad Multi Split VS122C7. [en línea] Disponible e: <https://www.lg.com/co/aire-acondicionado-residencial/lg-VS122C7>. [consultado en 20 de marzo de 2019]

contemplan dos parte principales igual que los tipo Split o multi-Split, con la diferencia que su tecnología es más avanzada, debido a que maneja tecnología INVERTER en los compresores utilizados y válvulas de expansión electrónicas tipo PMV que traduce válvula de modulación de impulsos, gracias a estas características el sistema se adapta a los requerimientos energéticos en el sitio.

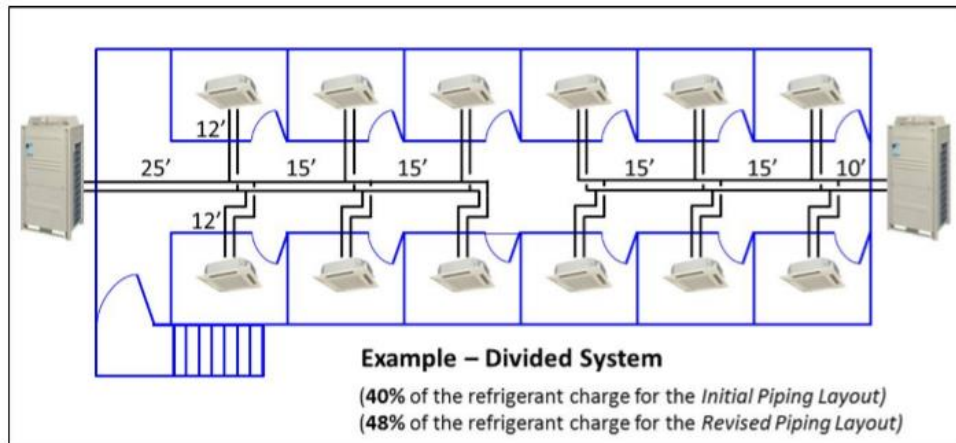
La idea de funcionamiento de estos equipos es entregar a la unidad interior la cantidad de refrigerante necesario para climatizar la zona donde se ubique cada equipo, teniendo que el consumo no es el total de los equipos instalados sino la potencia que se le entrega a cada uno, ya que es sistema se adapta según sea programado y que tiene tecnología INVERTER que consta en que el compresor trabaja al 100% de su capacidad para climatizar la zona a la temperatura requerida y una vez la zona se encuentre a la temperatura deseada el compresor reduce su capacidad para mantener la temperatura deseada mientras que en un sistema convencional el compresor se apaga esperando a que vuelva a ser requerido cuando la temperatura varié, este método de arranque y parada reduce la vida útil del activo y ocasiona un consumo energético mayor al de un compresor con tecnología INVERTER.

El proceso realizado por el compresor INVERTER reduce los consumos energéticos del sistema ya que el compresor no está trabajando intermitentemente, sino que puede variar su capacidad según sea requerido.

Los sistemas de caudal variable de refrigerante tienen la facilidad de tener una tubería principal proveniente de la condensadora y sobre esta se hacen las derivaciones necesarios según la cantidad de equipos instalados, reduciendo los costos de instalación, un factor a favor de esta tecnología que cada sala climatizada es independiente, ya que la válvula de expansión electrónica es la encargada de dejar pasar la cantidad de refrigerante necesaria en cada una de las locaciones donde se tengan los ductos de alimentación de las unidades interiores.²⁶

²⁶ MARINEZ, Inmaculada. Op.,. 85p.

Figura 6. Sistema CRV/VRF



Fuente: SOCIEDAD AMERICANA DE INGENIEROS DE CALEFACCIÓN, REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO, (ASHRAE). Standards 15 and 34-Considerations for VRV/VRF Systems.[consultado en marzo 20] Disponible en: <https://www.daikinac.com/content/assets/DOC/White-papers-/TAVRVUSE13-05C-ASHRAE-Standard-15-Article-May-2013.pdf>

En la figura 5 se observa la distribución de un equipo de climatización tipo CRV donde las unidades, donde los equipos exteriores son los encargados de alimenta las unidades interiores, teniendo solo una línea de alimentación donde se dividen las conexiones a cada una de las oficinas donde se encuentran las unidades interiores y una línea de extracción donde se tiene la misma configuración, se observa la reducción en la cantidad de tubería utilizada comparado con un sistema de climatización tipo multi-Split. El tamaño de los equipos depende de su modelo, ya que constantemente se están creando equipos más eficientes, con menor tamaño y por lo general usan refrigerante R-410A, asimismo su capacidad puede ser de 10 toneladas de refrigeración y variar según el tipo de equipo utilizado, a mayor número de unidades exteriores se aumenta la capacidad.

1.5 DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN

El edificio en estudio se llama Manuel Mejía, está ubicado en el centro de Bogotá en la dirección Carrera 10 número 16-82 Mezzanine, contiene 10 pisos, terraza y sótano, su administración es tipo propiedad horizontal, lo cual indica que cada piso puede ser alojado por entidades independientes entre sí. La procuraduría general de la nación, tiene ubicada una de sus sedes en el edificio Manuel Mejía, proporciona el piso número 9 donde se localizan las oficinas de sus funcionarios públicos para el desarrollo de la evaluación técnica.

Figura 7. Edificio Manuel Mejía



Fuente: GOOGLE MAPS. Edificio Manuel Mejía Carrera 10 número 16-82 Mezzanine. [Consultado 04 marzo 2019]__ disponible en https://www.google.com/maps/place/EDIFICIO+MANUEL+MEJIA/@4.6046617,-74.0750747,3a,60y,121.07h,90t/data=!3m7!1e1!3m5!1s_N4k0F5L6beONA1rI_Bjkg!2e0!5s20170801T00000!7i13312!8i6656!4m5!3m4!1s0x0:0x2a4589893f2f60c0!8m2!3d4.605164!4d-74.0748395.

La edificación Manuel Mejía es una construcción antigua construida para dar viveza a una carrera 10 que en esa época quería unir el centro con el sur de Bogotá, suponiendo que el sur de la ciudad sería urbanizado. El terreno donde se encuentra fue adquirido por el Banco Cafetero que en un principio compro por separado los

predios y así formalizo el terreno actual, que posteriormente es vendido a Cuellar Serrano Gómez y Salazar una firma de arquitectos celebres en Bogotá encargados del diseño y construcción de varias urbanizaciones y edificios.

El edificio es construido bajo planos en mayo de 1961, asimismo hasta 1962 fue modificada por Cuellar Serrano Gómez y Salazar, que finalmente venden el edificio a el Banco Cafetero el cual nombra a la edificación como Edificio Manuel Mejía en honor a un presidente de la Federación Nacional de Cafeteros Manuel Mejía.²⁷

1.5.1 Descripción del área climatizada.

En el edificio Manuel Mejía el piso número 9 es uno de los pocos con equipos de climatización, y por ende este tiene un confort diferente a sus pisos vecinos ya que las personas que lo residen pueden graduar la temperatura al interior de las oficinas.

Figura 8. Oficinas



Fuente. elaboración propia

El complemento del piso 9 es la azotea que estaría ubicada en el piso 11, en ella se encuentra el tablero de control eléctrico, ductos aislados, tuberías y las condensadoras de los equipos instalados. El flujo de personas diario en el piso es de 20 personas con un tipo de vestimenta formal, ya que son funcionarios del

²⁷ JUAN DIEGO PEÑA. Intervención edificio Manuel Mejía Bogotá: proyecto unidad intervención libro resumen 2013-2. Bogotá. 2013. 73 h. Trabajo (Arquitecto). Universidad de los Andes. Facultad de Arquitectura. Disponible en el catálogo en línea de la Biblioteca de la Universidad de los Andes: <http://portfolios.uniandes.edu.co/gallery/22820247/Intervencion-edificio-Manuel-Mejia-Bogota>

estado, las cuales cuentan con oficinas aledañas, solo tres oficinas son independientes y contienen un equipo de climatización propio.

1.6 SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN INSTALADO

A continuación, se muestra el sistema de climatización utilizados en el piso 9 y azotea del edificio Manuel Mejía especificando sus características. En el piso 9 se ubican las unida

des interiores o evaporadora tipo pared con tecnología CRV o también conocida como VRF, ubicadas, que permite bajar la temperatura al interior de las oficinas, esto debido a la cantidad de elementos que generan un aumento de temperatura al interior, como lo son computadoras, impresoras, televisores, inmuebles de oficina y suministros de papel que abarcan una parte significativa del piso, asimismo la radiación producida por las lámparas instaladas en el piso y la transferencia de calor producida por los materiales de construcción tales como concreto, ladrillo y ventanas, ayudan al aumento de la temperatura en la instalación, por eso es necesario bajar la temperatura interior.

Figura 9. Unidad interior instalada



Fuente. elaboración propia

Complementario a lo ya nombrado se encuentran las unidades exteriores que son dos condensadoras también con tecnología CRV ubicadas en la azotea, estas unidades traen un compresor de pistón hermético incorporado, siendo más eficientes que sus predecesores, ya que ocupa menos espacio y tiene mayor capacidad.

Figura 10. Condensador multi v



Fuente. elaboración propia

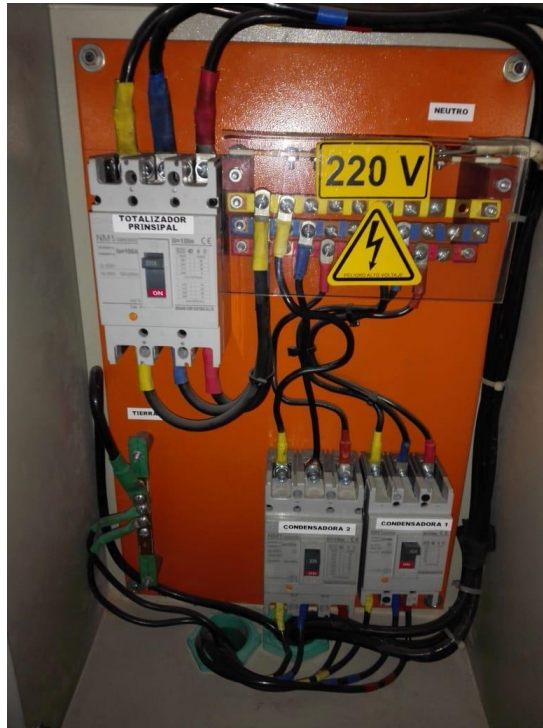
Tabla 1. Equipos del sistema de climatización instalado

MAQUINA/EQUIPOS	FABRICANTE	REFERENCIA	CAPACIDAD (KW)	REFRIGERANTE
UNIDAD INTERIOR DE VOLUMEN DE REFRIGERANTE VARIABLE MULTI V	LG	ARNU12GSLBL2	3.6	R410A
UNIDAD EXTERIOR CONDENSADORA PARA EQUIPOS MULTI V	LG	ARUV120BTS4	33.6	R410A

Fuente. elaboración propia

Acorde a estudio previo realizado a la edificación de evidencio que el sistema de climatización no cuenta con equipos de generación de energía, sistemas con tratamiento de aguas y cuarto de máquinas.

Figura 11. Breackers



Fuente. elaboración propia

se tiene la unidad de potencia o Breacker que es la encargada de suplir la cantidad de corriente necesaria para que cada equipo funcione.

1.7 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.

Ya previamente mencionado se tiene que la edificación está dividida en propiedad horizontal, lo que significa que cada piso puede pertenecer a una entidad diferente a la procuraduría, asimismo se selecciona el piso número 9 ya que es el único que cuenta con sistema de climatización. La zona donde se ubica el edificio Manuel Mejía, es el centro y específicamente la carrera 10, sobre la cual durante el día y parte de la noche se tiene un alto flujo de vehículos de combustión interna que funcionan con gasolina y Diesel, normalmente estos vehículos son muy viejos y no cuentan con la tecnología necesaria para controlar la emisión de elementos contaminantes, esto ocasiona la producción de partículas contaminantes que se mezclan con el aire, una de ellas es llamada PM10 que puede ser líquida o sólida y su principal composición es carbón, hollín, residuos metálicos, silicatos, aluminio y demás elementos que son nocivos para el medio ambiente y asimismo para los seres humanos, el número 10 en el nombre de la partícula se refiere a su diámetro que es aproximadamente de $10\mu\text{m}$, esta medida es 7 veces menor que el diámetro

de un cabello humano, la ya nombrada partícula PM10 puede ocasionar en el ser humano enfermedades respiratorias como la neumonía, en el peor de los casos cáncer de pulmón y afecciones cardiovasculares, esto debido a que la partícula es aspirada y se aloja en las vías respiratorias²⁸.

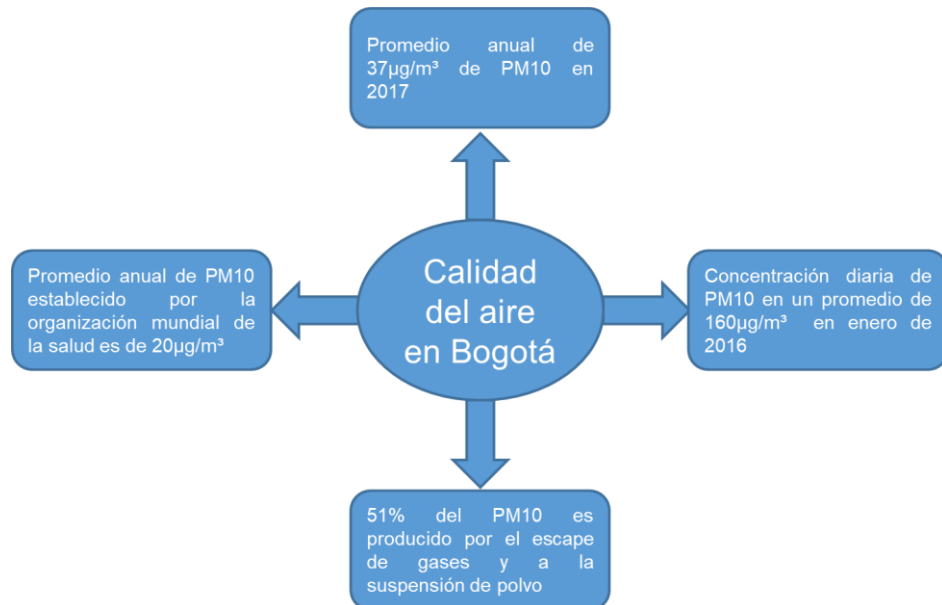
El PM2.5 es otra partícula que se encuentra suspendida en el aire y es más fina que la PM10, lo cual ocasiona que pueda penetrar más las vías respiratorias humana y así reducir su promedio de vida, asimismo la concentración de O₃ producto de los gases emitidos por los vehículos es un contaminante comúnmente encontrado en la capital. Según reportes dados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales se ahora en adelante llamado IDEAM, se tiene registro que en el mes de diciembre de 2018 la cantidad de material particulado PM10 mensual alcanzada una cifra de 39 µg/m³, pero según reportaje de la revista semana se tienen valores de 30 µg/m³ anuales para el 2018²⁹, que según estándares internacionales de la comisión europea se aproxima a los límites permitidos que son 40 µg/m³ anuales de PM10, 25 µg/m³ anuales de PM2.5, 120 µg/m³ cada 8 horas de O₃^{eu}. Las entidades regulatorias en Colombia son más permisibles en estos niveles límites de contaminación ya que establecen rangos de 50 µg/m³ anuales de PM10, 25 µg/m³ anuales de PM2.5 y 80 µg/m³ cada 8 horas de O₃, siendo más permisible en unos aspectos como lo son el material particulado y más exigente en el ozono contaminante tipo troposférico, se prevé reducir estos límites para los años venideros mejorando así la calidad de vida de las personas en Colombia³⁰.

²⁸ SERGIO GARCIA, Diego CARRANZA/ANADOLU. ¿Qué respiran y de dónde proviene la contaminación en Bogotá? En: Sostenible. [En línea]. 10 de agosto de 2018 <https://sostenibilidad.semana.com/medio-ambiente/articulo/calidad-del-aire-bogota-contaminacion-que-respiran-y-de-donde-proviene-la-contaminacion-en-bogota/41330> [Consultado en 10 de marzo 2019]

²⁹ OBSERVATORIO AMBIENTAL DE BOGOTÁ. Datos e indicadores para medir la calidad del ambiente en Bogotá. [En línea]. Disponible en: <http://oab.ambientebogota.gov.co/es/indicadores?id=511> [Consultado en 10 de marzo 2019]

³⁰ PROTOCOLO PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD DEL AIRE: Manual de operación de sistemas de vigilancia de la calidad del aire. Bogotá: Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. [En línea]. 2008. 20 p. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/51310/527391/Protocolo+para+el+Monitoreo+y+seguimiento+de+la+calidad+del+aire.pdf/6b2f53c8-6a8d-4f3d-b210-011a45f3ee88>
<https://sostenibilidad.semana.com/medio-ambiente/articulo/calidad-del-aire-bogota-contaminacion-que-respiran-y-de-donde-proviene-la-contaminacion-en-bogota/41330>
<http://oab.ambientebogota.gov.co/es/indicadores?id=511>

Cuadro 9. Calidad del aire de Bogotá



Fuente: REDACCION VIVIR, El Espectador. Científicos analizaron durante un año el aire “enfermo” de Bogotá [consultado el 4 de abril]. Disponible en:

<https://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/cientificos-analizaron-durante-un-ano-el-aire-enfermo-de-bogota-articulo-719447>

La secretaria distrital de ambiente es la encargada de proporcionar información sobre la cantidad de partículas contaminantes que se encuentran en el aire capitalino, y de tal manera realizar un promedio en lapsos de tiempo predeterminados, ya puede ser mensual, semestral o anual, y en base a los resultados obtenidos con este promedio poder tomar medidas correctivas y preventivas, que ayuden a la salud de los Bogotanos. Los niveles que se manejan en Colombia para la regulación de partículas PM10 y PM2.5 está basada sobre la siguiente tabla:

Cuadro 10. Niveles máximos permitidos de contaminantes en el aire

Contaminante	Nivel máximo Permisible ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tiempo de Exposición
PM ₁₀	50	Anual
	100	24 horas
PM _{2.5}	25	Anual
	50	24 horas
SO ₂	50	24 horas
	100	1 hora
NO ₂	60	Anual
	200	1 hora
O ₃	100	8 horas
CO	5.000	8 horas
	35.000	1 hora

Fuente: MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 2254 de 01 de noviembre de 2017. p. 2.

Los niveles de contaminantes en el aire establecidos en 2017 son permisivos y esperan reducirse hasta los expuestos a continuación:

Cuadro 11. Niveles máximos permitidos de contaminantes en el aire para el año 2030

Contaminante	Nivel máximo Permisible ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tiempo de Exposición
PM ₁₀	30	Anual
PM _{2.5}	15	Anual
SO ₂	20	24 horas
NO ₂	40	Anual

Fuente: MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 2254 de 01 de noviembre de 2017. p. 3.

Donde se estima que para el año 2030 se deben tener valores inferiores a los expuestos en esta tabla, pero se tiene una problemática ya que, en España y Europa, se empezó a implementar valores similares y se espera que para el año 2020 se logre reducir las cantidades de partículas contaminantes, debido al impacto que tiene para la salud humana y el deterioro del medio ambiente.

Cuadro 12. Niveles de PM10 y PM2.5 en España

Parámetro de referencia	PM₁₀	PM_{2.5}
Valor objetivo anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		25 (2010)
Valor límite anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	40	25 (2015)
Valor límite anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (Fase 2)		20 (2020)
Valor límite diario ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	50	
Número de superaciones del valor límite diario permitidas	35	
Obligación en materia de concentración de la exposición		20 (2015)*
Objetivo de reducción de la exposición de 2011 a 2020		Máx. del 20%**

Fuente: Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua, IDÆA-CSIC CIEMAT Instituto de Salud Carlos III Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente S.D.G. de Calidad del Aire y Medio Ambiente Industrial. NIVELES, COMPOSICIÓN Y FUENTES DE PM10 y PM2.5 EN ESPAÑA: Aragón, Asturias, Castilla La Mancha, y Madrid. p. 3.

Se evidencia la similitud de valores de lo que espera llegar España en el 2020 y lo que espera Colombia lograr en el 2030, evidenciando que es necesario ser más estrictos con las exigencias actuales en Colombia y empezar a apropiarse de políticas que protejan el medio ambiente como las de España.

Conociendo los riesgos que conlleva la contaminación del aire, en el piso 9 de la procuraduría se tienen equipos de climatización, que bajo su diseño fueron seleccionados para mantener un confort al interior de las oficinas, siendo necesario garantizar una buena calidad de aire de los residentes, buscando contrarrestar la calidad del aire exterior.

Actualmente el reglamento RITE de ACAIRE está en proceso de convertirse en ley, ya que reúne aspectos básicos que cualquier área climatizada debe cumplir, cabe señalar que lugares que exijan una muy buena calidad de aire como hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías no pueden ser evaluados por el RITE y se deben aplicar estándares de calidad más rigurosos, como los de ASHRAE o las normas NTC.

Conociendo que el área de la climatización está creciendo a nivel nacional ya que el 80% del país cuenta con zonas de clima cálido y el tener un sistema de aire acondicionado deja de ser un lujo y se convierte en una herramienta para mejorar el estilo de vida de las personas³¹, es necesario tener estándares que promuevan

³¹ HERNANDEZ, Juan. Industria del aire acondicionado mueve \$1 Billón. [en línea]. Bogotá D.C.: 2016. Disponible en: <https://www.elespectador.com/noticias/economia/industria-del-aire-acondicionado-mueve-1-billon-articulo-657897>

la calidad y aseguren el bienestar de sus usuarios, mejorando la calidad del aire al interior de las instalaciones, reduciendo la presencia de agentes contaminantes y virus perjudiciales para la salud humana³².

A causa del cambio climático la temperatura ha ido aumentando en diversas ciudades del país contemplando un aproximado de 16 ciudades según ACIRE, y a causa de este aumento en la temperatura el país aumento significativamente el uso de equipos de climatización, trayendo veneficios y retos para la industria ya que se debe innovar para poder garantizar consumos energéticos y aplicar tecnología de punta que mitiguen la producción de CO₂³³, acorde al crecimiento de la demanda de equipos de climatización y refrigeración en Colombia se encuentran empresas capaces de competir con las multinacionales y compañías extranjeras que importan dichos equipos, mediante el uso de tecnología de punta y la promoción de las buenas prácticas de mantenimiento que ayudan al usuario a ahorrar un 30% de energía³⁴.

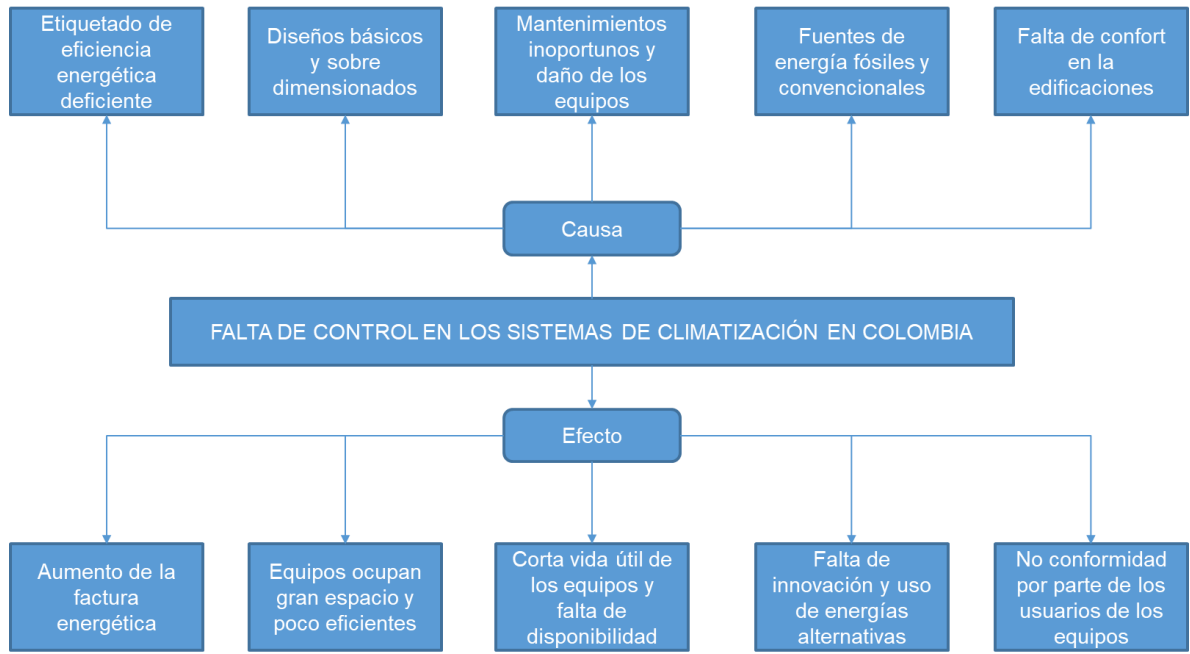
³² SANCHEZ, Claudia. Aire acondicionado un negocio de US\$500 millones. [en línea]. Bogotá D.C.:2016. [Consultado 27 de agosto 2019]. Disponible en: <https://www.dinero.com/empresas/articulo/negocio-de-aire-acondicionado-en-colombia/232018>

³³ HERNANDEZ, Juan. Op. Cit.

³⁴ Ibid.

1.8 PRINCIPALES PROBLEMÁTICAS DE LOS SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN EN COLOMBIA

Cuadro 13. . Análisis causa - efecto



Fuente: elaboración propia.

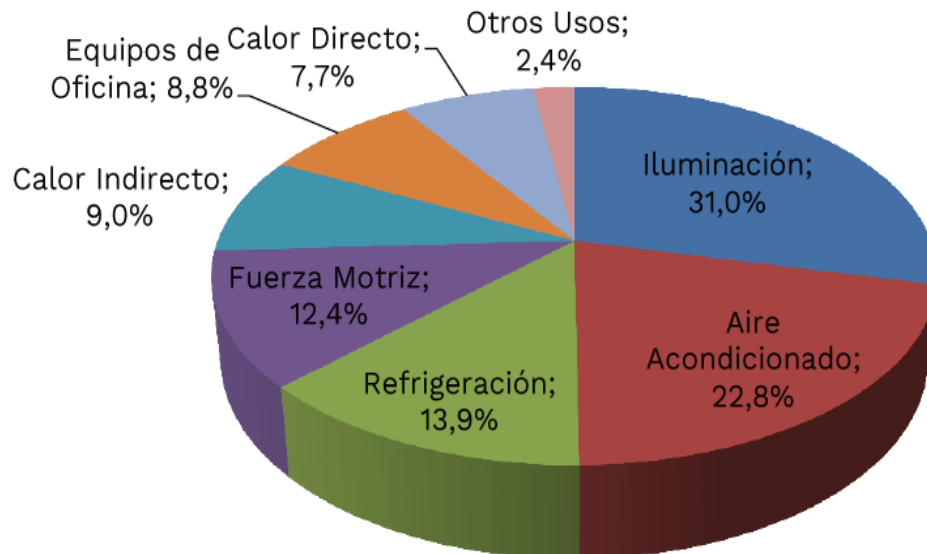
Los sistemas de climatización en la actualidad cuentan con regulaciones y estándares que permiten la verificación de los parámetros de diseño, instalación, mantenimiento y operación de cada uno de los factores que intervengan en el sistema. En la actualidad, Colombia no cuenta con ningún estándar o reglamento que sea ley, es decir, que las edificaciones que cuentan con sistemas de climatización puede que no estén cumpliendo con los parámetros mínimos de operación.

La falta de salubridad y seguridad que se presenta en la actualidad es muy notoria, ya que la falta de regulación en el país da cabida a que el diseño, selección de equipos adecuados y mantenimiento sean realizados de manera precaria sin tener en cuenta los parámetros establecidos. Como prioridad, en las edificaciones que tienen sistemas de climatización, se debe tener la salud y el bienestar de las personas, insumos y bienes de la edificación. Al no tener en cuenta las especificaciones se evidencia que estos sistemas fallan en cuanto a calidad de aire, se presentan aumentos en los accidentes y enfermedades laborales, impactando la productividad y el ausentismo, además esto conlleva afectaciones legales y económicas como sanciones y multas.

Los bajos estándares en la eficiencia energética y el poco control en la emisión de GEI (Gases de efecto invernadero) y SAO (sustancias agotadoras de ozono) en Colombia hace que cada vez más se presenten errores e inconformidades en los sistemas térmicos instalados en las edificaciones, ya que se evidencia que los proyectos de diseño e implementación se realizan con bajos presupuestos, esto genera pocos estudios en los impactos ambientales y mala selección en los equipos y materiales. En la actualidad mundial, la regulación y control de los impactos ambientales es fundamental teniendo en cuenta los acontecimientos y la realidad que se vive respecto al daño irreversible e inevitable del medio ambiente, frente a esto se ve que la capacitación, responsabilidad e interés de los propietarios e ingenieros es muy baja y se siguen realizando prácticas. Las principales consecuencias de esta problemática se ven evidenciadas en el desperdicio de energía, aumento en la contaminación global, falta de implementación de energías renovables, uso elevado de combustibles y refrigerantes fósiles además de los daños en los equipos.

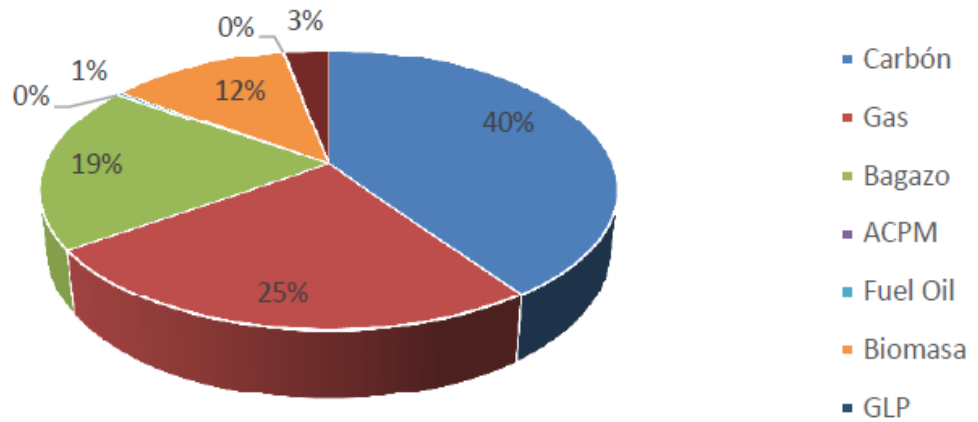
El porcentaje de consumo de energía del sector de refrigeración y acondicionamiento del aire es del 8% equivalente al 4.741 GWh (Dato calculado por BECO 2017), en el sector terciario se utilizan 3.624 GWh. A continuación, se muestran los porcentajes de utilización de energía eléctrica en el sector terciario.

Grafica 1. . Uso de la energía eléctrica en el sector terciario



Fuente. REGLAMENTACIÓN TÉCNICA DE SISTEMAS E INSTALACIONES TÉRMICAS (RETSIT). UPME plan de Acción Indicativo del PROURE 2017 – 2022. 2017. p. 59

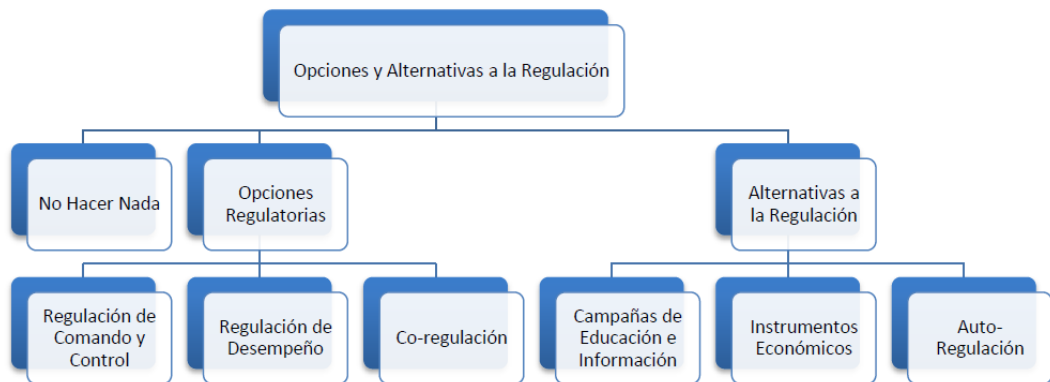
Grafica 2. . Energía térmica utilizada en el sector terciario



Fuente. REGLAMENTACIÓN TÉCNICA DE SISTEMAS E INSTALACIONES TÉRMICAS (RETSIT). Uso de energía térmica (Industria Manufacturera) – Tipo de combustible. 2014. p. 54.

Los ministerios y los entes regulatorios poseen diferentes leyes, normas, reglamentos, estatutos y diversos marcos legales y metodológicos que sirven como referencia y base para realizar una adecuación o certificación de los sistemas de climatización y su optima operación. A continuación, se muestra una alternativa de regulación propuesta en el Marco legal y Metodológico del análisis de impacto normativo 2019.

Cuadro 14. . Alternativas de regulación



Fuente. REGLAMENTACIÓN TÉCNICA DE SISTEMAS E INSTALACIONES TÉRMICAS (RETSIT). Marco legal y metodológico del análisis de impacto normativo. consorcio HINICIO-CAEM. consultoría SECO-MADS. 2019. p.30.

Mediante un análisis de un impacto normativo (AIN) el ministerio de minas y energía, busca mejorar la calidad, la confianza, seguridad y competitividad en la economía del país cuidando los intereses de los consumidores, por medio de normativas de obligatorio cumplimiento, justificándose gracias a estudios realizados por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, también llamado OCDE, que afirman que se obtienen mejores resultados en las políticas públicas cuando se establecen estándares obligatorios, que contemplen la participación de los ciudadanos, empresas privadas, entidades públicas y la sociedad civil en el proceso normativo.

Una problemática interna del país, es el sistema de etiquetado que no incluye información sobre el desempeño de los equipos, como el consumo energético e indicadores de eficiencia, como la eficiencia energética, la cual relaciona el consumo energético y la energía aprovechada durante el proceso. La rentabilidad de la eficiencia energética puede ser notable en una empresa cuando se tiene un ahorro considerable durante determinado periodo de tiempo que supere los costes de la inversión.

Si se tiene un etiquetado energético, se puede informar al consumidor sobre el uso racional y eficiente de la energía, que contribuye a una menor inversión en energía ya que está siendo aprovechada por los equipos utilizados eficientemente; pero los usuarios no conocen la eficiencia energética y adquieren maquinaria solo por el precio, o por su aspecto y no su consumo energético, en el siguiente se explican las causas y consecuencias de la desinformación en los equipos.

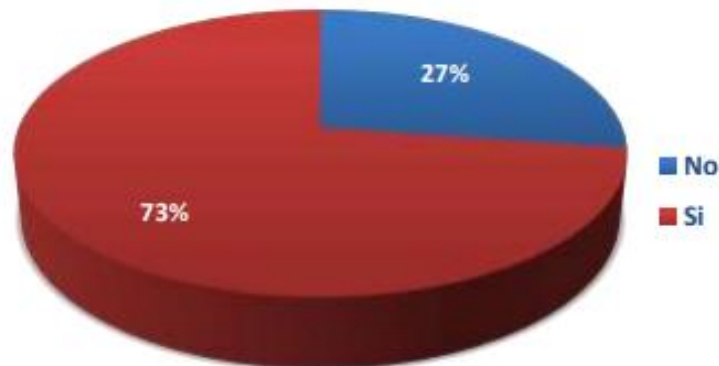
Cuadro 15. . El consumidor colombiano no conoce de desempeño



Fuente. GRUPO DE POLÍTICAS Y REGLAMENTACIÓN - DIRECCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA. Reglamento Técnico de Etiquetado (RETIQ). 2019. p.14.

la falta de conocimiento del rendimiento y consumos eficientes de las maquinas usadas, tiene no solo efecto en los cobros a nivel energético, sino que genera consecuencias en las políticas energéticas de un país, ya que se ve obligado a aumentar la capacidad instalada para poder suplir la demanda energética. En el campo del aire acondicionado se han realizado investigaciones para poder corrobora si los equipos están debidamente etiquetados y que tipo de etiquetados tienen.

Grafica 3. Porcentaje de equipos de aire acondicionado con etiquetado energético.



Fuente. GRUPO DE POLÍTICAS Y REGLAMENTACIÓN - DIRECCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA. Reglamento Técnico de Etiquetado (RETIQ). 2019. p. 42.

El estudio consistió en analizar el etiquetado energético de 111 equipos de aire acondicionado, normalmente utilizados en la industria y de forma doméstica, y se obtuvo como resultado que de los 111 equipos, solo 83 contaban con un sistema de etiquetado que brinde información energética al usuario, del mismo modo se observa una mejora en la industria del aire acondicionado debido a que en el 2015 solo se contaba con 31% de los equipos de aire acondicionado que tuvieran un etiquetado que brindara información energética y en el 2018 se obtuvo un resultado de 73% de equipos que cuentan con un etiquetado energético, sobre lo cual se observa un aumento por parte de los fabricantes que incluyen este tipo de etiquetas.

Pero el tener un aproximado de un 30% de equipos que brinden información energética por parte del fabricante, por lo cual el Ministerio de Minas y Energía busca alianza con la Asociación Nacional de Empresarios ANDI, la Asociación Colombiana de Acondicionamiento del Aire y de la Refrigeración ACAIRE, buscar que se logre una disminución de los consumos energéticos, teniendo como primer paso brindar información al cliente sobre los consumos energéticos de los equipos y eficiencia que estos poseen.

2 PARÁMETROS DE CARACTERIZACIÓN

En Colombia existen normativas de implementación, verificación y control de los sistemas de climatización, pero no se tiene un régimen regulatorio que reúna todas estas normas y las aplique en un ámbito de aprobación y certificación.

A continuación, se muestran todos los parámetros establecidos por el RITE y por las normas vigentes en el campo de los sistemas de climatización, estos parámetros fueron seleccionados con base a todas las normativas que se deben cumplir en una edificación y que por ley ya se están regulando o se pretenden regular.

2.1 EXIGENCIAS DE CONFORT

El confort puede ser definido como el grado de satisfacción que tiene una persona al residir en un lugar específico, y para poder cuantificar si una edificación es confortable el RITE requiere el cumplimiento de parámetros base que se deben cumplir como lo son la calidad térmica del ambiente, la calidad de aire interior y la higiene.

Las variables que intervienen en este aspecto reflejan las magnitudes y clasificaciones ideales que se deben presentar en la edificación tabla 3. Una edificación con magnitudes controladas y dentro de los estándares puede brindar plena comodidad y bienestar a las personas que se encuentren en las instalaciones.

Cuadro 16. Exigencias de confort e higiene

Temperatura operativa	20-23 °C
Humedad Relativa	40-50 %
Velocidad media del aire	0.15-0.30 m/S
Calidad de aire interior	CAI 2
Caudal mínimo del aire exterior de ventilación	7,5 -10 CFM
Filtración del aire exterior mínimo de ventilación	CAE 3 - FILTROS F6/F9/GF
Aire de extracción	AE 1
Calidad del ambiente acústico	65 dB día

Fuente. elaboración propia

2.1.1 Exigencias de calidad térmica del ambiente. La calidad térmica es un factor importante ya que los habitantes en las ciudades pasan la mayoría de su tiempo en recintos cerrados y la calidad del aire puede afectar a las personas que se encuentren dentro del recinto cerrado en este caso una edificación. Para poder mantener una buena calidad térmica, los edificios actualmente buscan ser herméticos y renovar el aire interior constantemente para garantizar el confort de los que en este residen, la Calidad del Ambiente Interior es la causante de enfermedades o afecciones que sufren los residentes de las edificaciones.

Hay varios parámetros que intervienen en el estudio del ambiente térmico tales como: temperatura operativa, humedad relativa y velocidad media del aire. Cada persona tiene sus propias necesidades dependiendo de a qué se dedica, su forma de vestir, su edad y su fisiología.

Encontrar un equilibrio térmico es complicado por eso se debe buscar un punto medio donde la mayoría de la población que estará expuesta a este ambiente térmico se encuentre satisfecha

2.1.1.1 Temperatura operativa y humedad relativa. La temperatura operativa se asume como la temperatura de la persona que habita o recorre el recinto considerándose los coeficientes de calor de radiación y convección. El recinto donde se calcula la temperatura operativa se asume como un cuerpo negro y que la temperatura es uniforme, que intercambia calor con el ambiente que es no uniforme ya que las maquinas, personas y demás objetos que produzcan calor no siempre son contantes y al asumir se tiene un entorno imaginario que debe contrastarse con el calor real proveniente de los residentes que es no uniforme y real.

La temperatura operativa puede asumirse como la consideración de la temperatura radiante media de la edificación para la cual se estima que la temperatura uniforme produce la misma pérdida de calor por radiación en los individuos que se encuentren en la edificación y la temperatura seca del aire la cual no contempla la humedad relativa ni la velocidad del aire.

La humedad es otro requerimiento clave para poder verificar si esta entre los estándares establecidos por el RITE, sabiendo que la humedad relativa es un factor fundamental para los requerimientos de confort de una edificación se puede definir como “la humedad relativa reduce la facilidad de pérdida de calor por transpiración y evaporación, con lo cual el efecto es equivalente a un aumento de temperatura. Por otro lado, las humedades extremas pueden crear problemas de no confort. Niveles inferiores al 30% pueden ocasionar sequedad en las membranas mucosas

mientras que niveles muy altos de humedad, mayores del 70%, pueden favorecer el crecimiento o desarrollo de hongos y otros contaminantes biológicos.”³⁵

Finalmente de determinara con la siguiente tabla de condiciones interiores de diseño si la edificacion esta entre los valores dados por el RITE sobre los cuales se define si una edificacion con clima local calido o frio estas con el fin de tener un ahorro de energia y evitar los altos consumos energeticos. En la siguiente tabla se contempla la temperatura operativa en °C o °F, humedad relativa en porcentaje y el clima local en °C:

Cuadro 17. Condiciones interiores de diseño

Clima Local	Temperatura operativa	Humedad relativa
	°C (°F)	%
Cálida ($t \geq 25^{\circ}\text{C}$)	23...25 (73...77)	45...60
Fría ($t < 18^{\circ}\text{C}$)	20...23 (68...73)	40...50

Fuente: ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE ACONDICIONAMIENTO DEL Y DE LA REFRIGERACIÓN, (ACAIRE). Reglamento de instalaciones térmicas en edificaciones. 2017. p. 51

Las condiciones límite para este parámetro son la temperatura y la humedad relativa, donde la temperatura para los recintos con calefacción no será superior a 21 °C, mientras que si es su caso contrario como lo es la generación de frio su temperatura no será menor a 24 °C, las condiciones de temperatura anteriores estarán referidas al mantenimiento de una humedad relativa comprendida entre el 30% y el 70%.

Si los valores de temperatura o humedad relativa no se encuentren entre los rangos y condiciones dadas, se debe justificar bajo normas donde se valide que el recinto necesita condiciones ambientales especiales y deberá estar apartado de los locales contiguos para mantener sus condiciones.

2.1.1.2 Velocidad media del aire. El viento es el aire en movimiento y según el IDEAM este se toma como un vector el cual tiene magnitud y dirección, este varia en el tiempo y en el espacio, y es causado por el calentamiento diferencial de la superficie terrestre y la atmósfera.

La velocidad del aire es la distancia que recorre una partícula de aire por una unidad de tiempo determinada y al ser el comportamiento del aire tan impredecible es

³⁵ BERENQUER SUBILS, María José. El síndrome del edificio enfermo guía practica para su evaluación. Madrid: instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo, 1994. 15.p. ISBN 8474253934

necesario calcular una media, la cual es un promedio entre los valores previamente registrados por mediciones hechas y así suponer un comportamiento constante en circunstancias específicas. Según el RITE “la velocidad del aire en la zona ocupada se mantendrá dentro de los límites de confort, teniendo en cuenta la actividad de las personas y su vestimenta, así como la temperatura del aire y la intensidad de la turbulencia encontrarse entre 0.15 y 0.30m/s o 30 y 60pie/minuto.”³⁶

2.1.2 Exigencias de calidad de aire interior. La calidad del aire es esencial para garantizar confort y no afectar la salud de los residentes de la edificación, para poder asegurar su buena calidad se tienen en cuenta varios factores, como el ambiente térmico que puede influir en la calidad del aire “(por ejemplo, un aumento de la temperatura puede favorecer la volatilidad de ciertos compuestos químicos o la proliferación de determinados mohos y bacterias)”³⁷ otro factor es la ventilación la cual es la encargada del suficiente caudal de aire exterior.

2.1.2.1 Categoría del aire interior en función de la utilidad de la edificación. La calidad del aire interior en adelante llamada CAI y se clasifica en 4 tipos ordenados en orden descendente y según la función de la edificación, y estos CAI son:

- CAI 1: aire de óptima calidad en el cual se contemplan hospitales, clínicas y guarderías, el RITE no tiene alcance sobre estas edificaciones.
- CAI 2: aire de buena calidad en el cual se contemplan oficinas, residencias (locales comunes de hoteles y similares, residencias de ancianos y de estudiantes), salas de lectura, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y asimilables y piscinas
- CAI 3: aire de calidad media, en la cual se contemplan edificaciones comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de hoteles y similares, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiestas, gimnasios, locales para el deporte (salvo piscinas) y salas de computadores.
- CAI 4: aire de calidad baja.

2.1.2.2 Caudal mínimo del aire exterior de ventilación. El caudal mínimo de aire exterior de ventilación, es necesario para garantizar la calidad del aire interior, debido a que el aire que circula al interior de la edificación es dependiente del aire exterior que tiene diferentes características, ya que este contiene partículas contaminantes que pueden afectar la salud de los habitantes de la edificación.

³⁶ ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE ACONDICIONAMIENTO DEL AIRE Y LA REFRIGERACIÓN(ACAIRE). Reglamento de instalaciones térmicas en edificaciones. 2017.p 52

³⁷ MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Madrid, España.1998

Cuadro 18. . Caudales de aire exterior, en dm³/s (CFM) por persona

Categoría	dm ³ /(s persona)	CFM/persona
CAI 1	No aplica	No aplica
CAI 2	3,6 a 4,8	7,5 a 10
CAI 3	2,4 a 3,6	5 a 7,5
CAI 4	< 2,4	< 5

Fuente: ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE ACONDICIONAMIENTO DEL Y DE LA REFRIGERACIÓN, (ACAIRE). Reglamento de instalaciones térmicas en edificaciones. 2017. p. 53

2.1.2.3 Filtración del aire exterior mínimo de ventilación. El aire exterior de ventilación, deberá ser correctamente filtrado para garantizar la operación óptima de los equipos y el confort interior de la edificación, ya que se garantiza que los ocupantes de la edificación no se vean afectados por las partículas y agentes contaminantes que pueda tener el aire, ya que finalmente este será utilizado por el equipo de climatización para satisfacer la demanda térmica al interior de recinto.

Las clases de filtración mínimas a emplear, en función de la calidad del aire exterior (CAE) y de la calidad del aire interior requerida (CAI)

Los CAE tienen 3 niveles que dependen de la cantidad de contaminantes presentes en el aire, los cuales son:

- CAE 1: aire puro que puede contener partículas sólidas de forma temporal.
- CAE 2: aire con altas concentraciones de partículas y/o contaminantes gaseosos.
- CAE 3: aire con muy altas concentraciones de contaminantes gaseosos y/o partículas

En la siguiente tabla se contrasta los CAE con los CAI, arrojando como resultado los filtros que se deben usar, para asegurar que el confort sea óptimo al interior de la edificación y su operación este dentro de los estándares del RITE.

Cuadro 19. Clases de filtración

	CAI 1	CAI 2 (MERV)	CAI 3 (MERV)	CAI 4 (MERV)
CAE 1	No aplica	F8 (14)	F7 (13)	F6 (11)
CAE 2	No aplica	F6/F8 (11/14)	F6/F7 (11/13)	G4/F6 (7/11)
CAE 3	No aplica	F6/F9/GF (11/16) (*)	F6/F7 (11/13)	G4/F6 (7/11)

Fuente: ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE ACONDICIONAMIENTO DEL Y DE LA REFRIGERACIÓN, (ACAIRE). Reglamento de instalaciones térmicas en edificaciones. 2017. p. 55

2.1.2.4 Aire de extracción. El aire exterior que es extraído del ambiente de ahora en adelante llamado AE, tiene diferentes características dependiendo la ubicación de la edificación y las condiciones de lo que se encuentre en su cercanía, este aire de extracción debe tener un caudal mínimo de $2 \text{ dm}^3/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ (ó $0,4 \text{ CFM}/\text{pie}^2$) de superficie en planta y se dividen en las siguientes categorías:

- AE 1: nivel de contaminación bajo, aire que cuyas emisiones más importantes de contaminantes proceden las personas, los materiales de construcción y decoración, y estos son oficinas, aulas, salas de reuniones, locales comerciales sin emisiones específicas, espacios de uso público, escaleras y pasillos.
- AE 2: nivel de contaminación moderado, aire que contiene más contaminantes que la categoría anterior, estos son restaurantes, habitaciones de hoteles, vestuarios, bares, almacenes.
- AE 3: nivel de contaminación alto, aire que proviene de la producción de productos químicos o con alto porcentaje de humedad, estos son cuartos de aseo, saunas, cocinas, laboratorios químicos, imprentas.
- AE 4: nivel de contaminación muy alto, aire que contiene sustancias contaminantes y olorosas que perjudican la salud por contener concentraciones mayores que las permitidas en el aire interior de la zona ocupada, estos son lugares con extracción de campanas de humos, parqueaderos cerrados, locales para manejo de pinturas y solventes, locales donde se guarda lencería sucia, locales de almacenamiento de residuos de comida, laboratorios químicos.

2.1.3 Exigencias de higiene. La higiene es esencial en cualquier labor que se ejecute en la industria y vital en las instalaciones destinadas alojar personal, en este caso edificaciones cuya función es suplir una demanda energética para mantener condiciones placenteras para sus residentes y equipos que en esta se alojen. La generación y emisión de agentes nocivos contra la salud y el medio ambiente debe ser prevenirse o controlarse, para poder garantizar la salud de los trabajadores y reducir los daños al medio ambiente.

Las acciones preventivas para garantizar la higiene deben iniciarse desde el diseño, en este caso la selección de insumos, que en las edificaciones son los refrigerantes que en su mayoría son hidrocarburos y materiales que deben ser capaces de contener el refrigerante. (ref ENCICLOPEDIA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO, Autor institucional, España. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, Organización Internacional del Trabajo – OIT, País de edición Madrid España, Año de publicación 1998, Editor Organización, Internacional del Trabajo – OIT).

Según el RITE las exigencias de higiene contemplan la calidad del ambiente acústico.

2.1.3.1 Exigencia de calidad del ambiente acústico. Las instalaciones térmicas de las edificaciones deben cumplir con la regulación que sobre contaminación acústica tiene el Ministerio del Medio Ambiente y Protección Social. (RITE)

El ruido es un agente contaminante ya que perturba la vida ciudadana, el ruido es una manifestación de energía producida por los equipos que pueden dañar el oído humano y afectar la psicología, así como rebajar el valor de la propiedad. El ruido es medido en decibeles (db), sobre los cuales se analizan la frecuencia y la duración de este. °4síndrome del edificio enfermo ° El ruido puede reducir la productividad de las personas que habitan o residen en una edificación, también puede seguir con manifestación de síntomas concretos como estrés, dolor de cabeza y fatiga, dependiendo del nivel de ruido se puede generar no confort, que conlleva a reducir aún más la productividad de las personas y su disposición.

Por medio de la Resolución número 627 del 07 de abril de 2006, se regula el nivel de ruido contaminante y dependiendo de que lo genere se evalúa si es necesaria una acción de tutela por contaminación auditiva.

Esta resolución brinda normas ambientales y regulaciones de carácter general que son aplicables a diversas actividades siempre y cuando estas puedan producir de manera directa o indirecta daños ambientales, y en este caso el ruido dependiendo de los decibeles puede afectar el medio ambiente no solo indisponiendo

trabajadores, sino que también afectando el estilo de vida de persona y animales que se encuentren cerca. Se considera que el nivel de ruido permitido varía según el horario contemplando dos horarios, horario Diurno que va desde 7:01 horas hasta las 21:00 horas y Nocturno que empieza a las 21:01 horas y culmina a las 7:00 horas.

Para poder determinar si la cantidad de ruido es admisible o no se tiene los siguientes rangos que depende del sector donde se ubique la edificación.

Cuadro 20. Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido expresados en decibeles (db).

Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido en dB(A)	
		Día	Noche
Sector A. Tranquilidad y Silencio	Hospitales bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos.	55	50
Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.	65	55
	Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación.		
	Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.		
Sector C. Ruido Intermedio Restringido	Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas.	75	75
	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos.	70	60
	Zonas con usos permitidos de oficinas.	65	55
	Zonas con usos institucionales.		
	Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre.	80	75
Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	Residencial suburbana.	55	50
	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.		
	Zonas de Recreación y descanso, como parques naturales y reservas naturales.		

Fuente. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución número (627), Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental. 2006. p.3-4

A continuación, se muestra los formatos de actividades que se deben realizar para llevar a cabo una caracterización de los parámetros de confort e higiene.

Cuadro 21. Formato de recolección de datos exigencias de confort e higiene

Formato de recolección de datos exigencias de confort e higiene	
Parámetros	Actividades
Temperatura Operativa	<ul style="list-style-type: none"> • Se analizan los datos históricos de la edificación y las estadísticas de temperatura del sector suministradas por el IDEAM, con este análisis se puede determinar la temperatura en la que debería operar dependiendo las condiciones del ambiente como temperatura exterior. • Se realiza la inspección de las temperaturas de operación en tres equipos de climatización (unidad interior), se realizan una medición por equipo. • Se realiza un promedio entre las temperaturas de operación medidas y se determina una temperatura operativa final
Humedad relativa	<ul style="list-style-type: none"> • Se analizan las estadísticas de humedad relativa del IDEAM en el sector y se determina la humedad relativa promedio a la que se deben desarrollar actividades optima en el sector donde se encuentre la edificación. • OPCIONAL: En caso de que no se registren datos estadísticos se realizan mediciones de humedad relativa en el centro del recinto para una medición neutral y se contrarresta con los valores permitidos por el reglamento.
Velocidad media del aire	<ul style="list-style-type: none"> • Se realiza la medición de la velocidad del aire en dos puntos de salida de aire con un instrumento de medición llamado anemómetro. • Se toma la muestra de la velocidad del aire y se compara con el rango de valores permitidos

Cuadro 21. (continuación) Formato de recolección de datos exigencias de confort e higiene

Formato de recolección de datos exigencias de confort e higiene	
Parámetros	Actividades
Calidad del aire interior	<ul style="list-style-type: none"> Se realizan la clasificación de la edificación según la función y la utilidad de la edificación estudiada. Según lo analizado se realiza la clasificación correspondiente con lo establecido por el RITE
Caudal mínimo del aire exterior de ventilación	<ul style="list-style-type: none"> Determinar las actividades que están realizando las persona que están en el edificio y con esta actividad se realizan la búsqueda de los valores de CFM mínimo para certificar el confort
Filtración del aire exterior mínimo de ventilación	<ul style="list-style-type: none"> Se determina la clasificación CAE, esta clasificación se realiza definiendo la cantidad de contaminación y partículas que hay en la zona y en el aire que proviene del exterior Con la clasificación CAE establecida se determina los filtros necesarios que debe tener la edificación establecidos por el RITE
Aire de Extracción	<ul style="list-style-type: none"> Establecer la categoría AE, donde se clasifica la calidad del aire extraído con base a las diferentes actividades que realicen y los componentes o sustancias que empleen en sus labores.
Calidad del ambiente acústico	<ul style="list-style-type: none"> Se realizan dos mediciones de cantidad de sonido con un instrumento de edición llamado sonómetro Con el valor de los decibeles medidos se realiza la comparación de los decibeles establecidos por la norma

Fuente. elaboración propia

2.2 PARAMETROS DE EFICIENCIA ENERGETICA

El reglamento RITE tiene dos clases de certificación de la exigencia energética de una edificación, la primera se basa en datos específicos de construcción y el segundo en datos operacionales actuales. Para la caracterización operativa se analizarán los factores de operación influyentes en los sistemas de climatización tabla 10.

La eficiencia energética se conoce como al mejor aprovechamiento de los consumos, donde se presenta que se produce que se consume menos y se genera más, esto se aplica a los equipos que constantemente están actualizando su tecnología buscando mayor calidad a menor precio.

Cuadro 22. Exigencias de eficiencia energética

Motores eléctricos	Especificaciones de la norma
Control de la calidad del aire interior en las instalaciones	CAI-C3
Control de contabilización de consumo	30kW-70 kW

Fuente. elaboración propia

2.2.1 Red de tuberías y conductos. Las tuberías y conductos son partes esenciales en un sistema de climatización, ya que ella son las encargadas de transportar y conducir a los fluidos de un lado a otro o a donde sean requeridos, en la climatización las tuberías transportan el refrigerante el cual cambia de estado para poder suplir la demanda energética que se necesite que puede ser calefacción, aire acondicionado o refrigeración. Estos elementos deben ser capaces de transportar fluidos a diferentes temperaturas y por eso se cambia su material dependiendo del fluido que por esta circule y a que circunstancias circula, ya que cuando se refrigera con agua la corrosión es un fenómeno que normalmente se presenta por este fluido.

Figura 12. Red de tuberías y conductos de la condensadora



Fuente. Elaboración propia

2.2.1.1 Caídas de presión en componentes. Los principales componentes del sistema de climatización de la edificación deben tener un límite admisible de caídas de presión. Este límite varía de acuerdo al tipo de componente que se está evaluando. En la siguiente tabla se encuentran los valores máximos de las caídas de presión admisibles en los componentes expresados en kPa.

Cuadro 23. Caídas de presión admisibles en componentes

Intercambiadores para calentamiento	40	kPa
Intercambiadores para enfriamiento en seco	60	kPa
Intercambiadores para enfriamiento y deshumectación	120	kPa
Recuperadores de calor	80 a 120	kPa
Atenuadores acústicos	60	kPa
Unidades terminales de aire	40	kPa
Elementos de difusión de aire	40 a 200	kPa dependiendo del tipo de difusor
Rejillas de retorno de aire	20	kPa
Secciones de filtración		Menor que la caída de presión admitida por el fabricante, según tipo de filtro

Fuente. ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE ACONDICIONAMIENTO DEL Y DE LA REFRIGERACIÓN, (ACAIRE). Reglamento de instalaciones térmicas en edificaciones. 2017. p. 71

2.2.1.2 Motores eléctricos. Los motores eléctricos son componentes que utilizan una cantidad de energía considerable y su correcto funcionamiento evita los desperdicios de energía y mejora el funcionamiento del sistema de clasificación. Tipos de filtro 35-65-carbon activado plan de mantenimiento bimensualmente por la calidad de aire pésima. contaminación de Bogotá y la ubicación de la edificación.

Para el análisis de estos componentes se tomará como base la norma IEC 60034-30 la cual nos habla de las exigencias que deben tener los motores eléctricos en una aplicación energética.

IEC (International Electrotechnical Commission) es la comisión encargada de establecer los estándares de medición de eficiencia de motores eléctricos a nivel mundial, esta comisión expresa los requerimientos utilizados para la evaluación en la norma IEC 60034-30 del año 2015-1

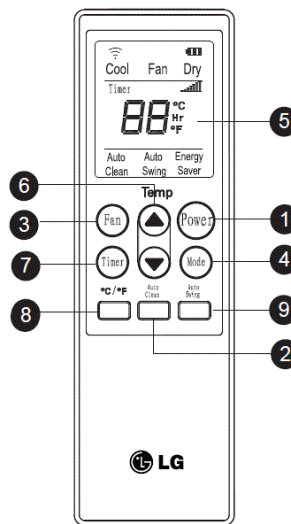
Según la norma IEC 60034-30 los parámetros requeridos para los motores eléctricos son los siguientes:

- Motor de inducción trifásico
- Numero de polos: 2-6 polos
- Tensión nominal: Hasta 1000v (Voltios)

- Potencia: 0,75kW a 375kW (Kilowatts)
- Eficiencia mínima: IE3

2.2.2 Control de los sistemas. Las instalaciones de climatización deben estar clasificadas y distribuidas en sistemas, esto permite que el conjunto entero sistemas de climatización funcione correctamente y su control sea más efectivo. Cada uno de los sistemas debe tener su sistema de control funcionando depende de las variables utilizadas por cada uno.

Figura 13. Control de la unidad interior



Fuente página de LG

<http://e4.file1.ru.net/manual-control-minisplit-lg/>

De la figura 11 se puede analizar las diferentes funciones que puede gobernar el control de la unidad interior y dependiendo de este, la cantidad de refrigerante, y capacidad del compresor aumenta o se reduce, para suplir la demanda energética que se requiera en el sitio donde se encuentra la unidad interior o evaporadora.

- En el ítem 1, se encuentra la función de encendido de la unidad interior.
- En el ítem 2, se encuentra la función auto clean que consiste en introducir aire limpio mientras se reduce la humedad y finalmente abriendo la paleta para expeler el polvo encontrado al interior.
- En el ítem 3, se encuentra la función fan, que permite controlar la velocidad del ventilador.
- En el ítem 4, se encuentra la función mode, que permitiendo seleccionar el modo de operación bien sea para calefacción o enfriamiento del ambiente interior.

- En el ítem 5, se encuentra la pantalla que contiene los indicadores que se pueden manipular tales como velocidad del aire, modo, auto clean, auto swing, carga eléctrica del control, entre otros.
- En el ítem 6, se encuentra el botón para aumentar o disminuir la magnitud de las funciones.
- En el ítem 7, se encuentra la opción de temporizar el sistema y usarlo bajo límites de tiempo predeterminados
- En el ítem 8, se encuentra la opción de cambiar entre grados Celsius a grados Fahrenheit, según el usuario prefiera manejarlo.
- En el ítem 9, se encuentra la opción auto swing, esta función activa de forma automática las paletas del ventilador, permitiendo operar el equipo a la máxima potencia cuando se requiera enfriar el aire interior.

2.2.2.1 Control de contabilización de consumos. La contabilización de los consumos se evalúa de acuerdo a las variables energéticas de cada sistema, cada instalación posee un valor definido de consumo desde el diseño del sistema de climatización. Los datos de caracterización dependen de la función del sistema y de los requerimientos de control estipulados en el reglamento RITE, estos datos pueden ser tomados de los valores establecidos por el diseño inicial del sistema de climatización u obtenidos por los parámetros de verificación.

Los valores a caracterizar son:

- Consumo de refrigerante actual Vs Consumo de refrigerante ideal: Se confronta el consumo de refrigerante ideal ya establecido en el diseño con el consumo de refrigerante real que presenta la edificación.
- Potencia de las bombas y ventiladores: Se verifica que estos sistemas no sobrepasen la potencia térmica nominal 20 kW (6 TR), en caso de que se sobrepase se procede a verificar que posean los dispositivos de control que registre las horas de funcionamiento.
- Potencia de los generadores de calor y frío: Se verifica que estos sistemas no sobrepasen la potencia térmica nominal 70 kW (20 TR), en caso de que se sobrepase se procede a verificar que posean los dispositivos de control que registre las horas de funcionamiento.
- Potencia de los compresores frigoríficos: Se verifica que estos sistemas no sobrepasen la potencia térmica nominal 70 kW (20 TR), en caso de que se sobrepase se procede a verificar que posean los dispositivos de control que permitan registrar el número de arrancadas del mismo.

A continuación, se muestra los formatos de actividades que se deben realizar para llevar a cabo una caracterización de los parámetros de confort e higiene.

Cuadro 24. . Formato de recolección de datos exigencias de eficiencia energética

Formato de recolección de datos exigencias de eficiencia energética	
Parámetro	Actividades
Motores eléctricos	<ul style="list-style-type: none"> • Se realiza la inspección a los datos históricos y fichas técnicas de los motores independientes del sistema de climatización, las variables que se deben tener en cuenta son <ul style="list-style-type: none"> ✓ Tipo de motor ✓ Numero de polos ✓ Tensión nominal ✓ Potencia ✓ Eficiencia mínima
Control de la calidad del aire interior en las instalaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Se definen los tipos de sistemas de control utilizados en la edificación para regular y verificar el uso de los equipos • Con los controles definidos se determina la clasificación establecida por el RITE
Control de contabilización de consumos	<ul style="list-style-type: none"> • Se realiza el análisis de los datos históricos y las fichas técnicas de los equipos para verificar la potencia a la que trabajan y contrarrestarla con los rangos establecidos por el reglamento

Fuente. elaboración propia.

2.3 PARÁMETROS DE SEGURIDAD

La seguridad de un diseño es algo que debe garantizarse, por eso el RITE establece dos parámetros básicos como lo son la generación de calor y frio, y la seguridad de utilización, donde se contemplan los combustibles utilizados o métodos para la generación de calor y señalización, fácil acceso y superficies que pueden ser peligrosas por su temperatura tabla 12. Si la edificación tiene estos parámetros debe justificar su uso y selección de normas para su desarrollo.

Cuadro 25. Exigencias de seguridad

Seguridad en generación de calor y frio	100% en los parámetros requeridos
Accesibilidad	
Señalización	
Medición	

Fuente. elaboración propia

2.3.1 Seguridad en generación de calor y frio. Para verificar la seguridad operativa de los sistemas de generación, se deben de tener en cuenta dos aspectos: el tipo de combustible que utiliza el generador y los dispositivos de control de flujo, temperatura y presión que emplea cada equipo.

Los parámetros de seguridad de estos sistemas buscan reducir el contacto de combustibles, residuos de combustión, sobrepresiones y cambios de temperatura que puedan afectar tanto al personal de trabajo como a los dispositivos y equipos utilizados en estas áreas.

2.3.1.1 Tipo de combustible. Los generadores de calor y frio utilizan diferentes combustibles, dependiendo de la función que cumplen en el sistema de climatización. Cada combustible tiene unos parámetros de control diferente, esto hace que cada generador tenga su propia configuración de medición y control.

Los tipos de combustible utilizados en la generación de calor y frio son: combustibles gaseosos, no gaseosos y biocombustibles.

Una vez definidos el tipo de combustible se procede a verificar la configuración adecuada de los dispositivos de medición y control de los generadores.

2.3.1.2 Dispositivos de control. Dependiendo del combustible utilizado por el generador de calor y frio, se verifica que cumpla con los dispositivos de medición y control estipulados por el reglamento. Estos dispositivos tienen unas características especiales y son utilizados en condiciones de funcionamiento específicas.

2.4 SEGURIDAD DE UTILIZACIÓN

La seguridad es algo que se debe garantizar en el diseño, cumpliendo con parámetros que aseguren el bienestar de los residentes de la edificación y de los encargados de realizar mantenimiento a su sistema de climatización. Las condiciones que define el RITE como vitales para asegurar el cumplimiento de este parámetro son: superficies calientes, accesibilidad, señalización y finalmente medición.

2.4.1 Superficies calientes. Cuando un fluido pasa por una tubería a alta temperatura, esta tiende a aumentar su temperatura y se considera una superficie caliente. El RITE nos da dos aspectos a evaluar los cuales son:

- Temperatura de la superficie de los emisores de calor.
- Temperatura de la superficie de las unidades terminales.

En la superficie de los emisores de calor se puede tener temperatura supere los 60°C o 140°F, siempre y cuando se garantice que los emisores de calor no serán de fácil acceso al público para así evitar un posible contacto accidental, solo los encargados de mantenimiento pueden acceder a dichos componentes que tengan la temperatura ya nombrada.

Las unidades terminales deberán estar debidamente aisladas ya que estas pueden estar en contacto con el público debido a su ubicación, y esta deben tener una temperatura menor a 80°C o 176°F, si se garantiza que la temperatura sea menor a la ya nombrada, se puede reducir los costos en cuanto el uso de aislante térmico porque se evita el uso excesivo o el cambio de aislante por uno de mejores propiedades en temperaturas elevadas.

2.4.2 Accesibilidad. Un lugar que sea accesible, es un lugar que puede permitir un fácil mantenimiento y limpieza, el RITE brinda pautas para garantizar si un equipo es fácilmente accesible o no.

- El orden de los equipos y aparatos que hacen parte del sistema de climatización debe ser establecido de tal manera que permita un fácil acceso a todos sus elementos, con el fin de facilitar su limpieza, mantenimiento y reparación.
- Los equipos de medición deben ser visibles y de fácil acceso, para facilitar la labor de control y mantenibilidad de los equipos.
- Si se cuentan con equipos que deben estar ocultos, se utilizaran paredes falsas o elementos que permitan que no sean visibles, pero con la condición que al momento de retirar este sea de fácil acceso el equipo que se tiene oculto.
- Si las instalaciones térmicas de la edificación se encuentran al interior y se divide en locales de ahora en adelante llamada edificación multiusuarios, se debe disponer de buitrones verticales con fácil acceso en los locales, con dimensiones suficientes para alojar dichos conductos tales como conductos de ventilación, chimeneas, tuberías de refrigeración, entre otros.
- Las tuberías y accesorios se consideran de fácil accesibilidad cuando el montaje del aislamiento sea fácil, la una excepción de este requisito es cuando las tuberías presentan secciones empotradas lo largo de su recorrido, en estos

casos el montaje de aislamiento es complejo ya que su accesibilidad no es tan sencilla y es necesario el desmontaje y adecuación de elementos de la tubería.

2.4.3 Señalización. En la industria los equipos debidamente señalados facilitan las operaciones realizadas, esto no es indiferente en la climatización ya que un equipo debidamente señalado facilita la comprensión de su forma de operar y sus puntos críticos. El RITE exige que ciertos elementos estén debidamente señalizados para garantizar la correcta operación y estos son:

- El manual de uso y mantenimiento, deberá tener todas las instrucciones de funcionamiento, manejo y seguridad de los equipos y siempre debe estar visible y señalado al público, que interactúe con los equipos.
- Quien rige con la señalización de los equipos industriales en Colombia son las nomas ICONTEC. La norma ICONTEC

La norma ICONTEC NTC 1461, tiene como objetivo establecer los colores y señales de seguridad que deben usarse en los equipos que puedan generar un riesgo para la salud humana, presentar accidentes o situaciones de emergencia.

Los colores seleccionados se usan ya que son llamativo y de fácil identificación por las personas que puedan tener contacto con los equipos, en la siguiente tabla se tienen los colores básicos establecido por la norma 1461:

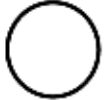


Cuadro 26. Significado general de los colores de seguridad

Color de seguridad	Significado u objetivo	Ejemplos de uso
Rojo	Pare Prohibición	Señales de pare Paradas de emergencia Señales de prohibición
	Este color también se usa para prevención del fuego, equipo contra incendios y su ubicación	
Azul ¹⁾	Acción de mando	Obligación a vestir equipo de protección personal
Amarillo	Precaución, riesgo de peligro	Indicaciones de peligro (fuego, explosión, radiación, intoxicación, etc.) prevención de escalones hacia arriba o hacia abajo, obstáculos. ²⁾
Verde	Condición de seguridad	Salidas de emergencia, estaciones de primeros auxilios y rescate.

Fuente. NORMA ICONTEC NTC 1461. Higiene y Seguridad Colores y Señales de Seguridad. p. 2

Acorde con los colores la norma establece normas una serie de figuras que identifiquen una actividad específica y así poder identificar si esa zona conlleva un riesgo o no, en la siguiente tabla se observan las figuras que usa la norma:

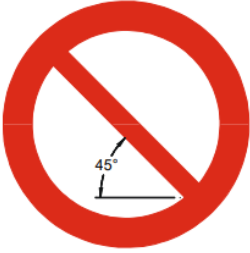
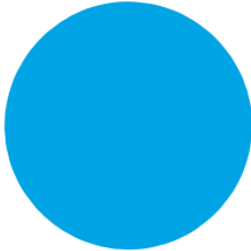
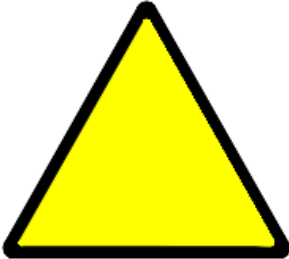
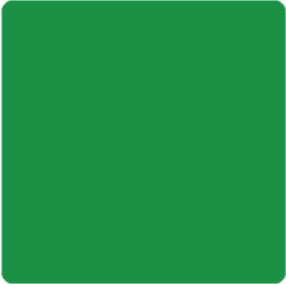
Cuadro 27. Forma geométrica y significado

Forma geométrica	Significado
	Prohibición o acción de mando
	Prevención
	Información (incluyendo instrucciones)

Fuente. INSTITUTO DE NORMAS TECNICAS COLOMBIANAS. NORMA ICONTEC NTC 1461. Higiene y Seguridad Colores y Señales de Seguridad. p. 2

Los colores de seguridad y las formas geométricas se usan en las siguientes combinaciones. Dependiendo de la necesidad que tenga la edificación se pone un símbolo al interior de las señales.

Cuadro 28. Combinaciones

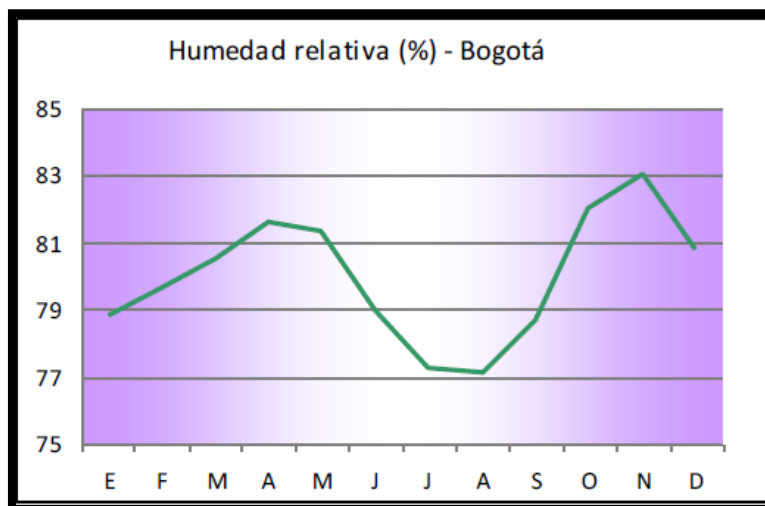
<p style="text-align: center;">Señales de prohibición</p> 	<p style="text-align: center;">Señales de acción de mando</p> 
<p style="text-align: center;">Señales de prevención</p> 	<p style="text-align: center;">Señales de información concernientes a condiciones seguras</p> 

Fuente. elaboración propia, con base en: INSTITUTO DE NORMAS TECNICAS COLOMBIANAS. NORMA ICONTEC NTC 1461

2.4.4 Medición. La medida de las variables físicas que componen el sistema de climatización es necesaria para conocer en qué estado se encuentra su funcionamiento, y sobre lo cual se realizaran inspecciones para poder realizar visitas de mantenimiento, y así evitar que el equipo falle, manteniendo la disponibilidad y confiabilidad de los equipos. Para poder hacer una correcta medición se establecen parámetros que se aplican según los equipos que contenga el sistema de climatización instalado.

- Las instalaciones térmicas deben disponer de equipos de medición como lo pueden ser un sonómetro, anemómetro, multímetro, galgas y demás instrumentos de medición o que faciliten la toma de las medidas.
- La disponibilidad de estos elementos de medición es necesaria para que el personal autorizado pueda realizar la toma de medidas, contemplándose que los aparatos de medida deberán estar situados en lugares fácilmente visibles y finalmente ser debidamente escalados, teniendo escalas que contengan el valor del elemento a medir y que su lectura sea fácilmente visible.
- Cuando sea necesario el monitoreo constante de algún equipo, es necesario disponer con instrumento de medición continuos o elementos portátiles.

Grafica 5. Humedad promedio de Bogotá vs meses del año



Fuente: INSTITUTO DE HIDROLOGÍA METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM. Las características climatológicas de ciudades principales y municipios turísticos.<http://www.ideam.gov.co/documents/21021/418894/Caracter%C3%ADsticas+de+Ciudades+Principales+y+Municipios+Tur%C3%ADsticos.pdf/c3ca90c8-1072-434a-a235-91baee8c73fc>

Los valores correspondientes se muestran en la siguiente tabla.

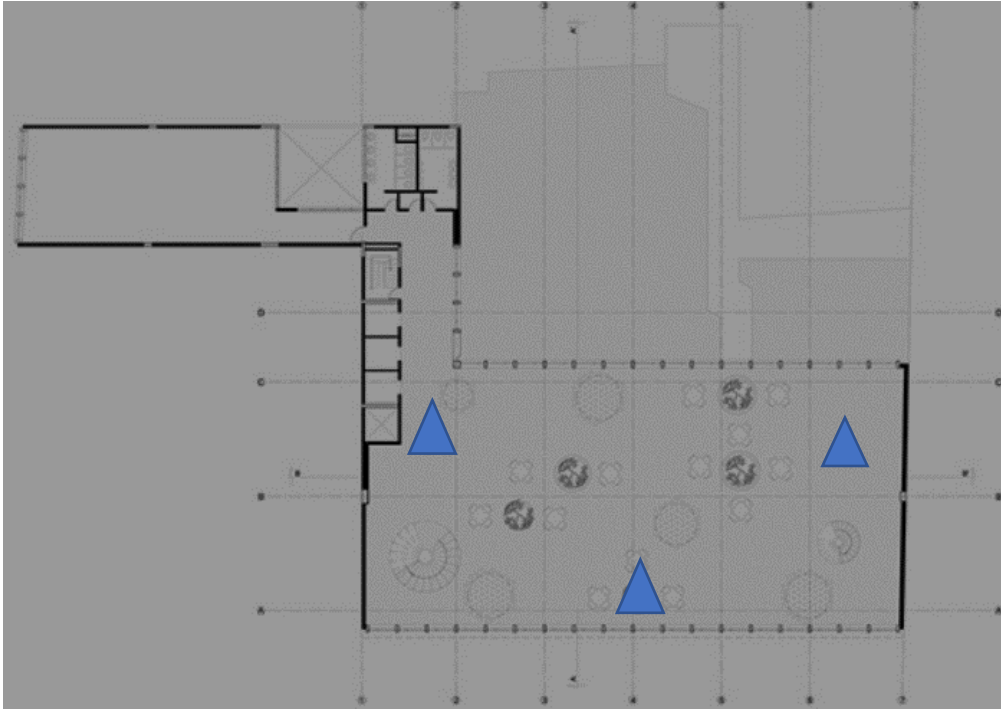
Tabla 2. Temperatura operativa y humedad relativa

TEMPERATURA OPERATIVA Y HUMEDAD RELATIVA		
Temperatura Promedio de Bogotá	°C	°F
	14	57.2
Temperatura Operativa	°C	°F
	22	71.6
Humedad Relativa	%	
	50	

Fuente. elaboración propia

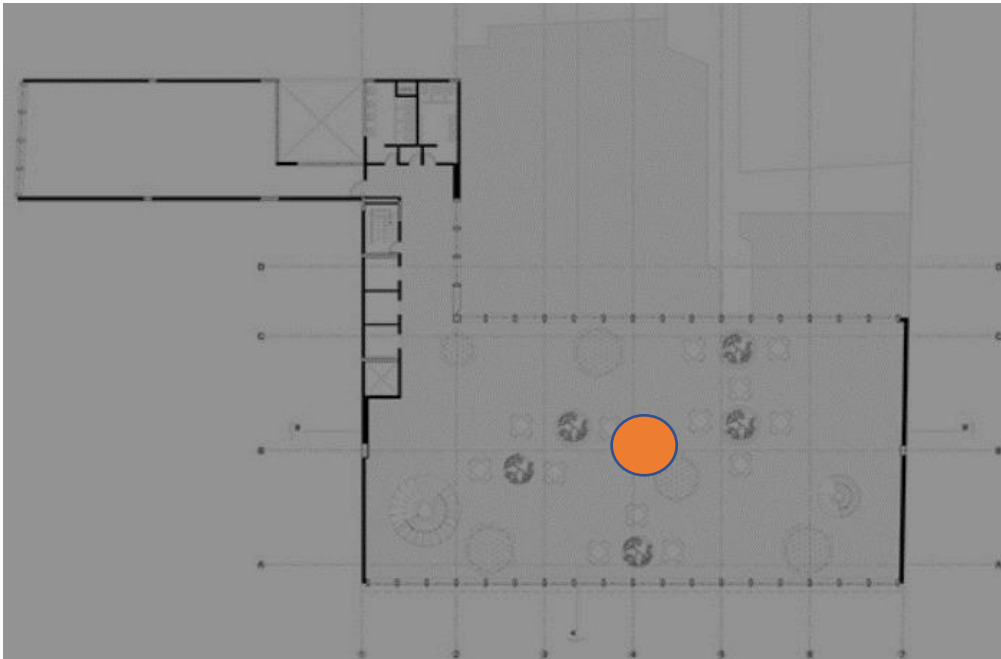
A continuación, se muestran los planos de la edificación con sus respectivos sitios de medición de la temperatura operativa y humedad relativa.

Figura 14. Mediciones de temperatura operativa



Fuente. elaboración propia

Figura 15. Medición de humedad relativa



Fuente. elaboración propia.

3.1.2 Velocidad media del aire. Se realizó la medición por medio de un anemómetro digital portátil de rueda alada Airflow TSI. Esta medición se tomó en los ductos de las instalaciones de la edificación en horario laboral para tomar el valor más cercano al utilizado comúnmente en la edificación.

Figura 16. Anemómetro digital de rueda alada Airflow TSI



Fuente: Catalogo de anemómetros. Compañía Drogallega. Disponible en: <https://www.drogallega.es/u/ficheros/representaciones/0x06D46DB8514A11DFB9149528075282BD.1.pdf>

El valor de la velocidad media medido se encuentra contenido en la siguiente tabla.

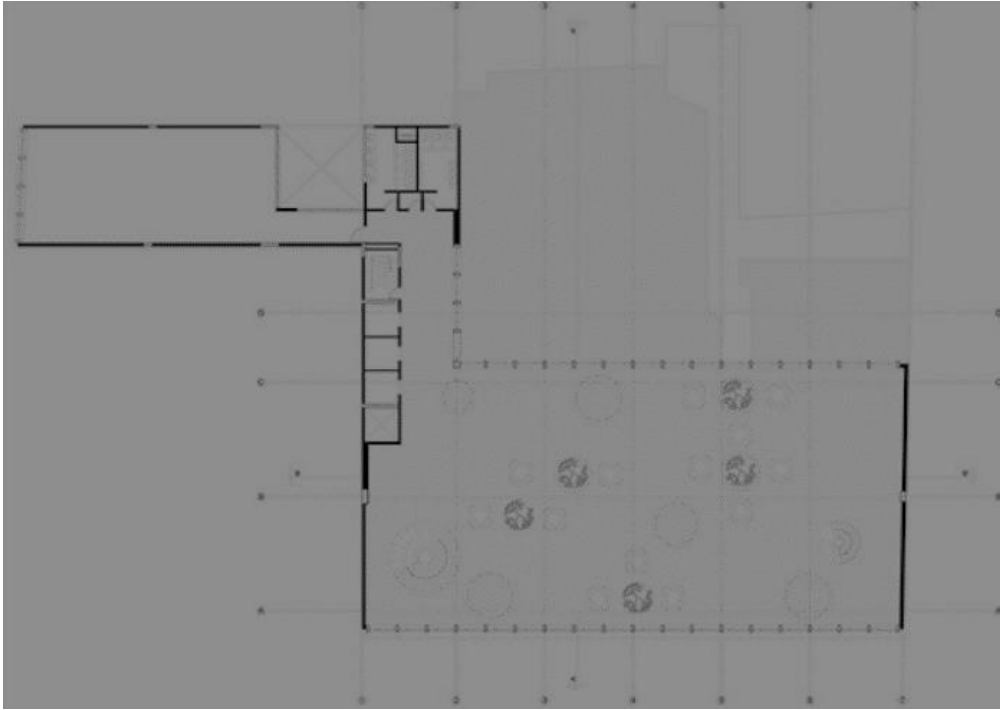
Tabla 3. Velocidad media del aire

VELOCIDAD MEDIA DEL AIRE	
MAGNITUD	UNIDADES
0,27	m/s

Fuente. elaboración propia

A continuación, se muestran los planos de la edificación con sus respectivos sitios de medición de la velocidad del aire.

Figura 17. Medidas de velocidad media del aire



Fuente. elaboración propia.

3.1.3 Calidad del aire interior. En la siguiente tabla se muestra el CAI seleccionado, obtenido con los parámetros del RITE de acuerdo con el funcionamiento y uso general de la edificación. La edificación no cuenta con un sistema de filtros óptimo y su periodo de mantenimiento no es fijo, lo cual genera una calidad de aire menor a la que debe tener.

Tabla 4. Clasificación de la calidad del aire interior

Clasificación del aire interior	
Tipo de CAI	CAI 3 (Calidad de aire medio)

Fuente. elaboración propia

3.1.4 Caudal mínimo del aire exterior de ventilación. Para realizar la caracterización de este parámetro se analizó el estándar ANSI/ASHRAE 62.1 para obtener el valor de caudal de aire exterior por persona en CFM. En la siguiente tabla se ven expresados los diferentes valores de caudal dependiendo de la actividad que esté realizando la persona en el recinto climatizado, estos valores están calculados en áreas de no fumadores a una temperatura de 21°C.

Cuadro 29. Valores de caudal mínimo del aire exterior por persona

Occupancy Category	People Outdoor Air Rate R_p		Area Outdoor Air Rate R_a		Notes	Default Values			Air Class	
	cfm/person	L/s-person	cfm/ft ²	L/s-m ²		Occupant Density (see Note 4)		Combined Outdoor Air Rate (see Note 5)		
						#/1000 ft ² or #/100 m ²	cfm/person	L/s-person		
Coffee stations	5	2.5	0.06	0.3		20	8	4	1	
Conference/meeting	5	2.5	0.06	0.3		50	6	3.1	1	
Corridors	—	—	0.06	0.3		—			1	
Occupiable storage rooms for liquids or gels	5	2.5	0.12	0.6	B	2	65	32.5	2	
Hotels, Motels, Resorts, Dormitories										
Bedroom/living room	5	2.5	0.06	0.3		10	11	5.5	1	
Barracks sleeping areas	5	2.5	0.06	0.3		20	8	4.0	1	
Laundry rooms, central	5	2.5	0.12	0.6		10	17	8.5	2	
Laundry rooms within dwelling units	5	2.5	0.12	0.6		10	17	8.5	1	
Lobbies/prefunction	7.5	3.8	0.06	0.3		30	10	4.8	1	
Multipurpose assembly	5	2.5	0.06	0.3		120	6	2.8	1	
Office Buildings										
Breakrooms	5	2.5	0.12	0.6		50	7	3.5	1	
Main entry lobbies	5	2.5	0.06	0.3		10	11	5.5	1	
Occupiable storage rooms for dry materials	5	2.5	0.06	0.3		2	35	17.5	1	
Office space	5	2.5	0.06	0.3		5	17	8.5	1	
Reception areas	5	2.5	0.06	0.3		30	7	3.5	1	
Telephone/data entry	5	2.5	0.06	0.3		60	6	3.0	1	

Fuente. ANSI/ASHRAE Standar 62.1 Ventilation for Aceptable Indoor Air Quality. ASHRAE 2013. p. 14.

Según la actividad de las personas en el recinto se toma como valor de caracterización de 5 CFM por persona, este valor se contrasta con las exigencias del RITE.

3.1.5 Filtración del aire exterior mínimo de ventilación. En este parámetro se define el CAE (calidad del aire exterior) según la calidad del aire y las posibles articulas que puede contener. Después de seleccionado el Cae se confronta con el CAI, anteriormente seleccionado, para obtener el tipo de filtración requerida para estas categorías.

En la siguiente tabla se muestra la clasificación de la calidad del aire exterior y los filtros utilizados actualmente en la edificación.

Tabla 5. Clasificación del aire exterior y filtración

Clasificación del aire exterior y filtración	
Tipo de CAI	CAI 3
Tipo de CAE	CAE 3
Clase de Filtración	No se registran filtros

Fuente. elaboración propia

3.1.6 Aire de extracción. Se definieron los niveles de contaminación del aire de extracción en la edificación en función de la capacidad de aprovechamiento de recirculación y del uso de la edificación. En la siguiente tabla se muestra la clasificación AE (aire de extracción) obtenida según las condiciones evidenciadas en el recinto.

Tabla 6. Clasificación del aire de extracción

Clasificación del aire de extracción	
Categoría AE	AE 1

Fuente. elaboración propia

3.1.7 Calidad del ambiente acústico. Para la medición del ruido se utilizó un Sonómetro Digital S-SM64, este instrumento muestra los niveles de ruido en decibeles (dB). Según la Resolución 627 del 07 de abril de 2006 del Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial se debe tener en cuenta el ruido de toda la edificación para verificar con los valores establecidos según el tipo de edificación.

Figura 18. Sonómetro digital S-SM64



Fuente: ARMOTEC PERU.. Catalogo de instrumentos de medición. [7 de abril de 2019] Disponible en: <https://www.armotec.pe/producto/ambiental-y-ocupacional/sonometros/sonometro-digital-ssm64/>

A continuación, se muestra la tabla con los valores de ruido medidos.

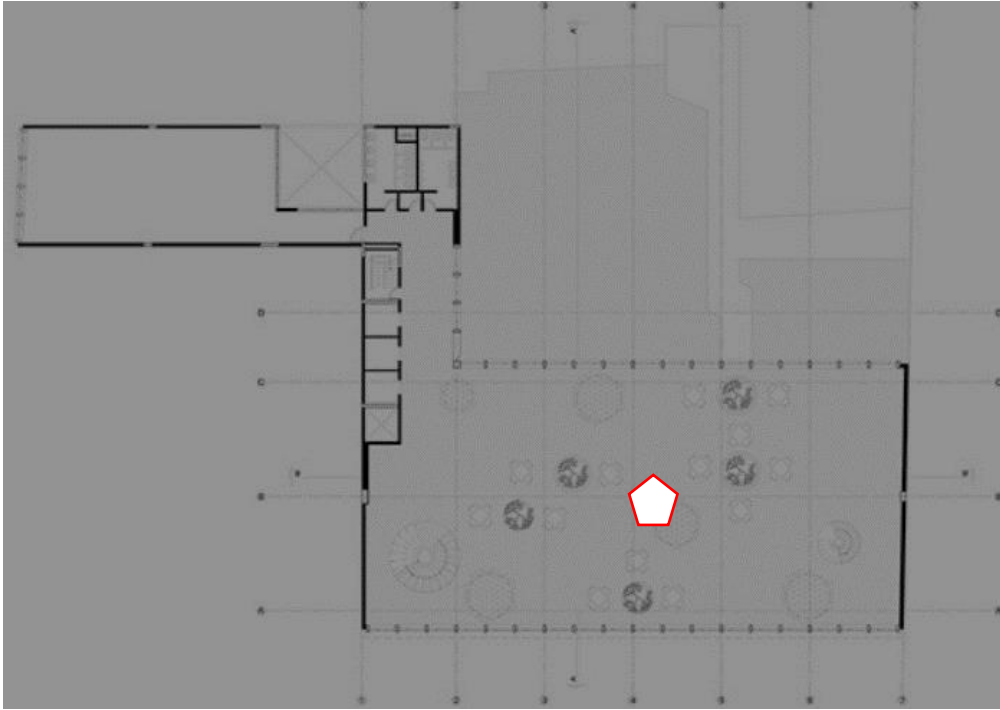
Tabla 7. Niveles de ruido en la edificación

Niveles de ruido en decibeles	
Valor del ruido en la edificación	45,6 dB

Fuente. elaboración propia

A continuación, se muestran los planos de la edificación con sus respectivos sitios de medición de la calidad del ambiente acústico.

Figura 19. Medidas calidad del ambiente acústico



Fuente. elaboración propia

3.2 CARACTERIZACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

3.2.1 Motores eléctricos. El sistema de climatización está conectado a la red de electricidad del edificio, esto hace que no se requieran motores eléctricos para la generación de energía o movimiento en algún componente o subsistema.

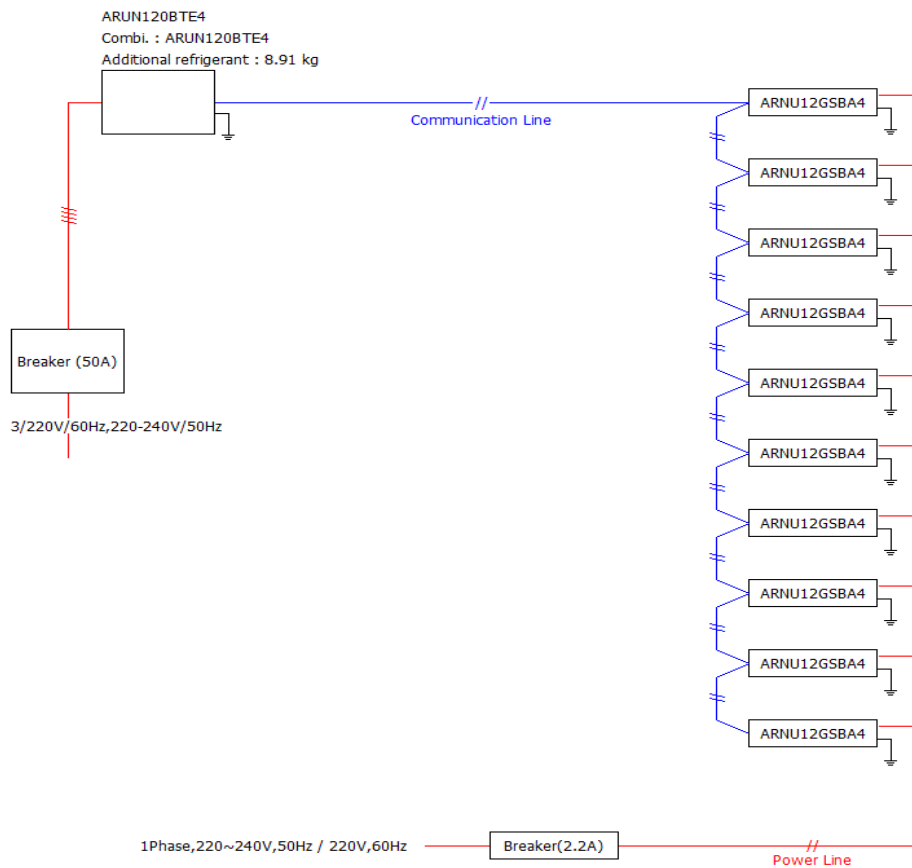
Los equipos de condensación y climatización cuentan con motores incorporados, estos motores no se tendrán en cuenta ya que es un sistema secundario de un componente al cual ya se le realizó la caracterización pertinente.

3.2.2 Control de la calidad de aire interior en las instalaciones. Las evaporadoras y las condensadoras Multi V, tipo CRV utilizan controles de encendido y de regulación de temperatura. Cada equipo tiene su control y se puede apagar y configurar a gusto del usuario; en la edificación generalmente se apagan los equipos de climatización cuando el usuario se retira del área donde se encuentra el equipo, además, estos equipos funcionan en un horario de trabajo determinado y nunca se utilizan en horarios externos ya que la edificación son oficinas del gobierno.

Según este control de uso se determinó que la clasificación de control para la edificación es CAI-C3 que hace referencia al control del sistema en un horario determinado.

3.2.3 Control de contabilización de consumo. Para esta caracterización se evaluaron las potencias térmicas de los equipos como los son evaporadoras y las condensadoras MULTI V de la casa comercial LG, para verificar con el parámetro. En la siguiente tabla se muestran las potencias térmicas de los equipos y las potencias admisibles que deben tener los equipos para no llevar los sistemas de control adicional, este control adicional solo se lleva a cabo si supera los valores determinados.

Figura 20. Distribución del sistema de climatización



Fuente. elaboración propia

Tabla 8. Potencias térmicas de los equipos

Potencias térmicas de los equipos		
Equipo	Potencia Térmica (kW)	Potencia Admisible (kW)
Evaporadora ARNU12GSBL2	3.6	70
Condensadora Multi V ARUV100BTS4	33.6	70

Fuente. elaboración propia

En las instalaciones se cuenta con 10 unidades interiores y 2 unidades exteriores de las cuales solo una condensadora se encuentra en uso ya que la otra está en mantenimiento, pero dicha condensadora es capaz de suplir la demanda energética de las 10 unidades interiores ubicados en el piso 9.

3.3 CARACTERIZACIÓN DE SEGURIDAD

3.3.1 Seguridad en generación de calor y frío. El sistema de climatización solo cuenta con la condensadora Multi V de refrigerante variable, distribuidas como condensadora y distribuidora de todo el sistema. Estas condensadoras no utilizan combustible fósil ni biocombustible para generar cambios de temperaturas, por consiguiente, no se realiza caracterización para los parámetros de seguridad en generación de calor y frío.

3.3.2 Accesibilidad. Como primer aspecto de la accesibilidad se tienen 2 alas que conforman el sistema de climatización instalado, como lo son el 9 piso del edificio y su azotea, debido a esto los 5 pautas serán evaluadas en los 3 sistemas que se consideran principales, para ello solo se indica si cumple o no.

Tabla 9. Ubicación que facilita su limpieza

Equipo	Cumplimiento
Evaporadoras	Si
Condensadora	Si
Breackers	No

Fuente. elaboración propia

Tabla 10. Visibilidad y fácil acceso

Equipo	Cumplimiento
Evaporadoras	Si
Condensadora	Si
Breackers	No

Fuente. elaboración propia

Tabla 11. Equipos ocultos

Equipo	Cumplimiento
Evaporadoras	Si
Condensadora	Si
Breackers	Si

Fuente. elaboración propia

Tabla 12. Buitrones verticales con fácil acceso

Equipo	Cumplimiento
Evaporadoras	No
Condensadora	No
Breackers	No

Fuente. elaboración propia

Tabla 13. Tubería con fácil acceso para mantenibilidad

Equipo	Cumplimiento
Evaporadoras	No
Condensadora	Si
Breackers	No

Fuente. elaboración propia

3.3.3 Señalización. Los pisos en estudio están debidamente señalados para evitar accidente y asegurar el bienestar de sus residentes, cumpliendo la norma ICONTEC MTC 1461. Se cuenta con dos pisos como lo son el piso número 9 y la azotea, en donde ambos albergan el sistema de climatización.

Tabla 14. Señales de prohibición

Piso	Señalización
9	No
Azotea	Si

Fuente. elaboración propia

Tabla 15. Señales de acción de mando

Piso	Señalización
9	No
Azotea	No

Fuente. Elaboración propia

Tabla 16. Señales de prevención

Piso	Señalización
9	No
Azotea	Si

Fuente. elaboración propia

Tabla 17. Señales de información concernientes a condiciones seguras

Piso	Señalización
9	Si
Azotea	Si

Fuente. elaboración propia

3.3.4 Medición. La facilidad al momento de medir es cuantificada dependiendo de los parámetros exigidos con el RITE, los cuales se establecieron 3 vitales los cuales son evidenciados en las siguientes tablas.

Tabla 18. Parámetros de medición del piso en estudio

EXIGENCIAS	CUMPLIMIENTO
Equipos de medición	No
Disponibilidad	No
Equipos fijos	Si

Fuente. elaboración propia

Tabla 19. Parámetros de medición de la azotea

EXIGENCIAS	CUMPLIMIENTO
Equipos de medición	No
Disponibilidad equipos	No
Equipos fijos	Si

Fuente. elaboración propia

4 EVALUACIÓN TÉCNICA

Luego de realizar la caracterización del sistema de climatización según el RITE se analizaron los datos obtenidos en las mediciones y clasificaciones de la edificación y se contrarrestaron con los parámetros establecidos por el RITE que tienen como base las diversas normas, reglamentos y resoluciones anteriormente mostradas. Para realizar la evaluación técnica del sistema de climatización se establecieron porcentajes de cumplimiento a cada uno de los parámetros con el fin de analizar el estado actual de cumplimiento del RITE en la edificación. Cada parámetro tiene diferentes aspectos evaluables y la determinación de los porcentajes de cumplimiento varía. Con el análisis individual de los parámetros de caracterización, se evalúa el estado final de la edificación en cuanto a cumplimiento de RITE, este resultado porcentual es el que nos determinara si se cumple o no el reglamento en la edificación.

En caso de no estar en el rango de 95 a 100 % de cumplimiento, la edificación se clasificará como no apta y se realizarán las diferentes recomendaciones y conclusiones pertinentes. Los porcentajes establecidos para la muestra de cumplimiento del RITE con la edificación se determinaron teniendo en cuenta los diferentes aspectos que poseen los parámetros de caracterización.

Por cada uno de los parámetros caracterizados del sistema se realizó un análisis detallado de los resultados obtenidos en la caracterización, donde se evidencia los datos obtenidos y la confrontación con el RITE y los porcentajes de cumplimiento con sus observaciones pertinentes.

Cabe resaltar que el reglamento próximamente será ley y esto hace que la edificación, para ser certificada o aprobada, tenga que cumplir con todos los parámetros establecidos. Se proyecta que este reglamento sea el encargado de regular el diseño, mantenimiento, inspección y certificación de los edificios con instalaciones térmicas.

Tabla 20. Datos medidos vs datos admisibles

Datos medidos vs datos admisibles		
Parámetro de caracterización	Valor/ Clasificación medido en la edificación	Valor / Clasificación establecida por el RITE
EXIGENCIAS DE CONFORT		
Temperatura operativa	22 °C	20-23 °C
Humedad Relativa	50%	40-50 %
Velocidad media del aire	0,27 m/s	0.15-0.30 m/S
Calidad de aire interior	CAI 3 (Calidad de aire medio)	CAI 2
Caudal mínimo del aire exterior de ventilación	5 CFM por persona	7,5 -10 CFM
Filtración del aire exterior mínimo de ventilación	CAE 3- No se registran filtros	CAE 3 - FILTROS F6/F9/GF
Aire de extracción	AE 1	AE 1
EXIGENCIAS DE HIGIENE		
Calidad del ambiente acústico	45,6 Db día	65 dB día
EXIGENCIAS DE EFICIENCIA ENERGETICA		
Motores eléctricos
Control de la calidad del aire interior en las instalaciones	CAI-C3	CAI-C3
Control de contabilización de consumo	3.6-33.6 Kw	70 kW
EXIGENCIAS DE SEGURIDAD		
Seguridad en generación de calor y frio
Accesibilidad	66.7 %	100%
Señalización	50%	100%
Medición	11,10%	100%

Fuente: elaboración propia

4.1 EVALUACIÓN DE LAS EXIGENCIAS DE CONFORT

4.1.1 Temperatura operativa y Humedad relativa. La temperatura que se utilizó en la instalación para la configuración de trabajo de los equipos es de 14° C, este valor es acertado en comparación con el calculado por medio de las gráficas del IDEAM.

La temperatura operativa de los equipos para Bogotá es de 22°C que es un valor admisible entre los rangos establecidos por el RITE que es de 20 a 23 °C.

La Humedad relativa en la edificación es de 50%, este porcentaje esta entre en el límite del rango de humedad relativa que es de 40% a 50%, este valor esa admisible, aunque este en el límite permitido.

Para definir el porcentaje de cumplimiento de este parámetro se analizaron los daros obtenidos y los rangos establecidos de temperatura y humedad. En la temperatura de operatividad se utilizaron los valores acertados para el diseño y la configuración de la misma, además, la temperatura operativa medida está dentro del rango permisible. La humedad relativa medida en la edificación también se encuentra dentro del rango establecido.

Los dos factores están en cumplimiento total, por consiguiente, se le asigna un porcentaje de cumplimiento del 100%, teniendo en cuenta que el valor de humedad relativa está en el rango limite.

4.1.2 Velocidad media del aire. El valor medido con el anemómetro en la edificación es de 0,27 m/s, este valor esta entre el rango de valores permitidos que es de 0,15 a 0,30 m/s y cumplen con el criterio de evaluación.

El porcentaje de cumplimiento de este parámetro es de 100% ya que las medidas de velocidad tomadas en la edificación están en el rango permitido por el reglamento, al cumplir con todos los valores se le otorga el porcentaje más alto.

4.1.3 Calidad del aire interior. La edificación se clasificó en un rango más alto que el admisible por el reglamento, la categoría en la que se encuentra es CAI 3 y la requerida es CAI 2. La calidad de aire CAI 2 es la requerida teniendo en cuenta que la función que desempeña la edificación de ocupación de oficinas, pero verificando la contaminación y el estado de la edificación se evidencio que su calidad de aire era de menor calidad, además de no contar con filtros de aire en la circulación y recirculación de este.

En los parámetros de clasificación donde no se tienen daros cuantificados, los porcentajes que se pueden obtener como resultado son los siguientes: Si el

parámetro posee un cumplimiento completo se le otorga el 100% o si su cumplimiento es parcial o nulo se le otorga 0%.

Por no cumplir con los rangos de contaminación y no clasificar en la categoría adecuada este parámetro obtiene un porcentaje de 0%.

4.1.4 Caudal mínimo del aire exterior de ventilación. El valor obtenido de caudal mínimo de aire exterior de ventilación es de 5 CFM/persona. Este valor no cumple con el rango establecido por el RITE, ya que se obtiene un valor menor al que deberían tener las edificaciones que poseen calidad de aire de menor calidad y que realicen actividades de tipo oficina. Para la calidad de aire que presenta la edificación y el tipo de actividad que realizan las personas se debería tener un valor entre 7,5 a 10 CFM por persona.

El porcentaje de cumplimiento es de 0%, ya que el valor de caudal esta menor y no entra en el rango mínimo de caudales que debe tener para satisfacer las necesidades de confort e higiene en la edificación. El valor medido no está muy alejado del valor esperado, pero por no entrar en los valores permisibles su porcentaje es de no cumplimiento.

4.1.5 Filtración del aire exterior mínimo de ventilación. Se obtuvo una clasificación de calidad de aire CAE 3, esta clasificación es la indicada según las condiciones de contaminantes y calidad de aire presente en la edificación. Aunque la clasificación sea la adecuada se evidencio la falta de los filtros mínimos requeridos que se deben utilizar cuando se presenta esta calidad de aire, esto hace que no se cumplan los parámetros ya establecidos para la regulación y control del aire exterior de ventilación.

Debido a que la edificación no cuenta con los filtros requeridos para la cumplir con la calidad del aire exterior de ventilación se le otorga un 50% de cumplimiento, ya que está en la clasificación adecuada respecto a las condiciones exigidas, pero no se cumplen con todos los parámetros.

4.1.6 Aire de extracción. La clasificación obtenida del aire de extracción es AE 1, esto indica que los contaminantes del aire de extracción son provenientes de las personas, objetos y materiales que se encuentren en una edificación destinada a realizar trabajos de oficina. Al evaluar las condiciones y la función de la edificación se identificó que si se cumple con la clasificación establecida.

Al cumplir con los estándares propuestos por el reglamento se determinó que el parámetro se cumple en su totalidad y se le otorga un porcentaje de cumplimiento de 100%.

4.1.7 Calidad del ambiente acústico. Al realizar la medición pertinente de los niveles de ruido producidos por los sistemas de climatización en las instalaciones de la edificación se estableció un valor de ruido de 45,6 decibels durante el día, este valor es inferior al valor límite establecido por el reglamento que es de 65 decibels durante el día. Los valores sonoros se toman en día ya que el horario de funcionamiento y utilización del sistema de climatización es diurno.

Los valores sonoros medidos, al encontrarse en el rango establecido, cumplen totalmente con el parámetro y se determina que su porcentaje de cumplimiento es del 100%.

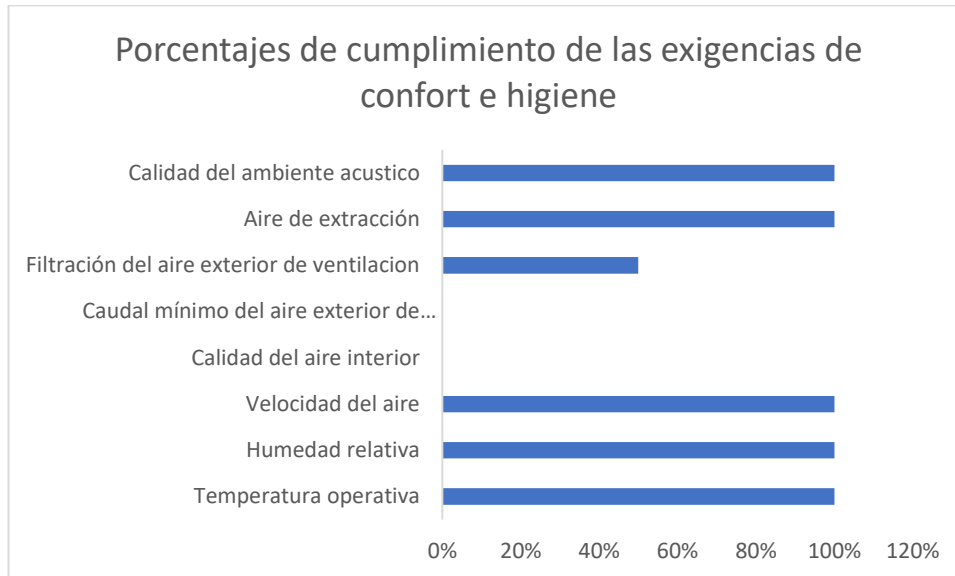
Con los porcentajes obtenidos en la evaluación de los parámetros de confort, se realizó el cálculo correspondiente del porcentaje de cumplimiento total de esta sección. Se considera que este es el porcentaje más relevante, ya que en esta sección se caracterizan y evalúan más parámetros técnicos del sistema de climatización.

Tabla 21. Porcentajes de evaluación de las exigencias de confort

Parámetro de caracterización	Porcentaje de cumplimiento (%)	Porcentaje de cumplimiento Total (%)
Temperatura operativa y Humedad relativa.	100	
Velocidad del aire.	100	
Calidad del aire interior.	0	
Caudal mínimo del aire exterior de ventilación.	0	64,28
Filtración del aire exterior de ventilación	50	
Aire de extracción	100	
Calidad del ambiente acústico	100	

Fuente. elaboración propia

Grafica 6. Porcentajes de cumplimiento de las exigencias de confort e higiene



Fuente. elaboración propia

El porcentaje de cumplimiento total de la sección de exigencias de confort es de 64,28 %, este porcentaje muestra que el sistema de climatización cuenta con la mayoría de especificaciones técnicas cumplidas, además se evidencio que dos de los siete factores evaluados se encuentran sin cumplimiento alguno, esto hace que se afecte considerablemente el confort de las personas.

4.2 EVALUACIÓN DE LAS EXIGENCIAS DE EFICIENCIA ENERGETICA

4.2.1 Motores eléctricos. Una vez realizada la inspección de los equipos existentes en el sistema de climatización, se identificó que el sistema de climatización no cuenta con motores eléctricos independientes, los equipos existentes pueden tener motores internos que no son de estudio ya que se estudia las condiciones de operación de todo el equipo y no se estudian sus componentes internos. El sistema de climatización cuenta con alimentación directa a la red de energía eléctrica y no requiere motores eléctricos conectados.

Este parámetro de caracterización queda nulo y se omite su valoración al momento de dar el porcentaje de cumplimiento de la edificación con el reglamento.

4.2.2 Control de la calidad del aire interior en las instalaciones. Se determinó el control que debe tener el sistema de climatización dependiendo de los tiempos de uso y los horarios establecidos para el funcionamiento del sistema. Para esta edificación se determinó que el sistema funciona solo en los horarios de trabajo habituales y que se controla según el tiempo de funcionamiento, la clasificación obtenida es denominada CAI-C3, lo cual indica que se está llevando un control acorde al funcionamiento del sistema y que el parámetro se cumple satisfactoriamente.

Como los controles de la calidad del aire están cumpliendo con los parámetros establecidos se determinó que el porcentaje de cumplimiento es de 100% ya que se cumplen con los debidos controles y los tiempos de funcionamiento del sistema de climatización mencionados anteriormente.

4.2.3 Control de contabilización de consumo. Se realizaron las mediciones pertinentes del consumo energético de cada uno de los equipos del sistema de climatización, este sistema solo cuenta con doce equipos de los cuales diez son evaporadoras ARNU12GSBL2 y dos Condensadoras Multi V ARUV100BTS4. Luego de realizar las mediciones se compararon los requerimientos del parámetro establecidos por el reglamento RITE, los valores obtenidos fueron 3,6 kW para cada uno de las evaporadoras y 30 kW para las condensadoras, estos valores están entre los requerimientos y cumplen totalmente con el parámetro.

Como todos los valores de potencia de los equipos se encuentran dentro del rango establecidos por el RITE, se determinó que su porcentaje de cumplimiento es de 100 %. Pero ya que no se evidencia que estos equipos cumplan el nivel de satisfacción de eficiencia energética este porcentaje es 0%

Con los porcentajes de cumplimiento obtenidos, se determinó el porcentaje total de cumplimiento de las exigencias de eficiencia energética.

Tabla 22. Porcentajes de evaluación de las exigencias de eficiencia energética

Parámetro	Porcentaje de cumplimiento (%)	Porcentaje de cumplimiento total (%)
Motores eléctricos	No aplica	
Control de la calidad del aire interior de las instalaciones	100	0%
Control de contabilización de consumos	100	

Fuente. elaboración propia

4.3 EVALUACIÓN DE LAS EXIGENCIAS DE SEGURIDAD

4.3.1 Seguridad en generación de calor y frío. Este parámetro se basa en la seguridad del uso de combustible para la generación de calor y frío, en el sistema evaluado no se presenta ningún tipo de generación ni utilización de combustibles fósiles ni biocombustibles, esto nos lleva a determinar que el parámetro no se cumple y no se tiene en cuenta para el análisis de cumplimiento final ya que este parámetro no afecta ni es relevante en el funcionamiento, diagnóstico y evaluación del sistema de climatización.

Este parámetro no tiene porcentaje de cumplimiento ya que el sistema de climatización no cuenta con estos procesos de generación de calor y frío.

4.3.2 Accesibilidad. Se evaluaron las 5 pautas principales que intervienen en la accesibilidad del sistema de climatización, por cada pauta se determinó el cumplimiento de los parámetros establecidos y se fijaron los porcentajes de cumplimiento por cada uno de ellos. Para la realización del análisis se estudiaron por apte cada una de las pautas y se analizó de acuerdo con lo observado y obtenido en la edificación.

- La primera pauta evaluada es la ubicación y facilidad de limpieza en donde se evidencia que los equipos principales de refrigeración y climatización (evaporadora y condensadoras) están en una posición de fácil acceso para mantenimiento y limpieza, pero los sistemas de control de energía (breakers) están en un sitio escondido y lejano, esto hace que el mantenimiento y la limpieza no sean las adecuadas. Como solo se están cumpliendo dos aspectos en esta pauta se determina un porcentaje de cumplimiento de 66,6%.
- La segunda pauta es la visualización de los equipos donde se evalúa la facilidad de encontrar y visualizar los puntos de control y de información de cada uno de los equipos. Como en la pauta anterior, los equipos de refrigeración y climatización están totalmente visibles y asequibles mientras que los equipos de energía están escondidos y no son identificables fácilmente. El porcentaje de cumplimiento es de 66,6%
- La tercera pauta especifica si los equipos del sistema de climatización están ocultos o imposibles de alcanzar y manipular. En este caso, el sistema de climatización estudiado cuenta con todos sus equipos visibles y manipulables en cualquier momento. Como cumple con todos los parámetros su porcentaje de cumplimiento es de 100%.
- La cuarta pauta es el fácil acceso a los buitrones verticales, para los equipos del sistema de climatización no se presenta accesibilidad adecuada para los buitrones, en el caso de los equipos de control de energía estos no cuentan con estos elementos y no se tendrán en cuenta para la evaluación de esta pauta.

- La quinta pauta es el fácil acceso para mantenimiento de las tuberías. El único equipo que cuenta con el acceso adecuado es la condensadora mientras que los equipos tipo evaporadora, al estar conectados y colocados en las oficinas, tienen un acceso mucho más complicado y para su mantenimiento se deberán intervenir las funciones del sistema de climatización y en el funcionamiento de la instalación al momento de realizar el mantenimiento.
- Este problema de accesibilidad en las evaporadoras ocurre por el mal diseño del posicionamiento y conexión de los equipos y que no se contempló un buen método de mantenimiento y el montaje se hizo sin un estudio previo que contemplará todos los aspectos nombrados. Se determinó que el porcentaje de cumplimiento es de 34%.

Tabla 23. Porcentaje total de cumplimiento del parámetro de accesibilidad

• Pauta de accesibilidad	Porcentaje de cumplimiento (%)	de	Porcentaje de cumplimiento total (%)
Pauta 1	66,6		
Pauta 2	66,6		
Pauta 3	100		66,7
Pauta 4	No aplica		
Pauta 5	40		

Fuente. elaboración propia

4.3.3 Señalización. La caracterización del sistema se basó en los parámetros exigidos por ICONTEC en la norma MTC 1461. Se analizaron los cuatro tipos de señalización que deberían tener los edificios con sistemas de climatización, para la edificación en estudio se verificaron dichas señales en los pisos 9 y la azotea que son los pertenecientes a la procuraduría, a continuación, se explican los diferentes resultados de evaluación respecto a la señalización.

- Las primeras señales que se verificaron fueron las señales de prohibición del edificio. En el piso 9 se evidencio que no tenía las principales señales de prohibición ni en las zonas comunes ni el as oficinas. En la azotea si se evidenciaron las señales de prohibición pertinentes. Este parámetro tiene un porcentaje de cumplimiento del 50% ya que solo la mitad de los pisos de la edificación cuentan con las señales de prohibición.
- La siguiente verificación se realizó a las señales de acción de mando en donde se evidenció que ninguno de los dos pisos (Piso 9 y azotea) contaban con dichas señales. Su porcentaje de cumplimiento es 0% al no tener ninguna señal de acción de mando en ninguno de los dos pisos de la edificación.
- Como tercera verificación se comprobaron las señales de prevención y se evidencio que el piso 9 no contaba con estas señales, pero la azotea si las

tenía. El porcentaje de cumplimiento es de 50% ya que se presentan las señales de prevención solo en el piso azotea.

- La última verificación que se realizó fue a las señales de información, en este caso se evidenció que ambos pisos de la edificación contaban con las señales de información concernientes a condiciones seguras. Este parámetro cumple 100% ya que se presenta las señales de información en los dos pisos de la edificación.

Tabla 24. Porcentaje de cumplimiento del parámetro de señalización

Parámetro	Porcentaje de cumplimiento (%)	Porcentaje de cumplimiento total (%)
Señales de prohibición	50	50
Señales de acción de mando	0	
Señales de prevención	50	
Señales de información	100	

Fuente. elaboración propia

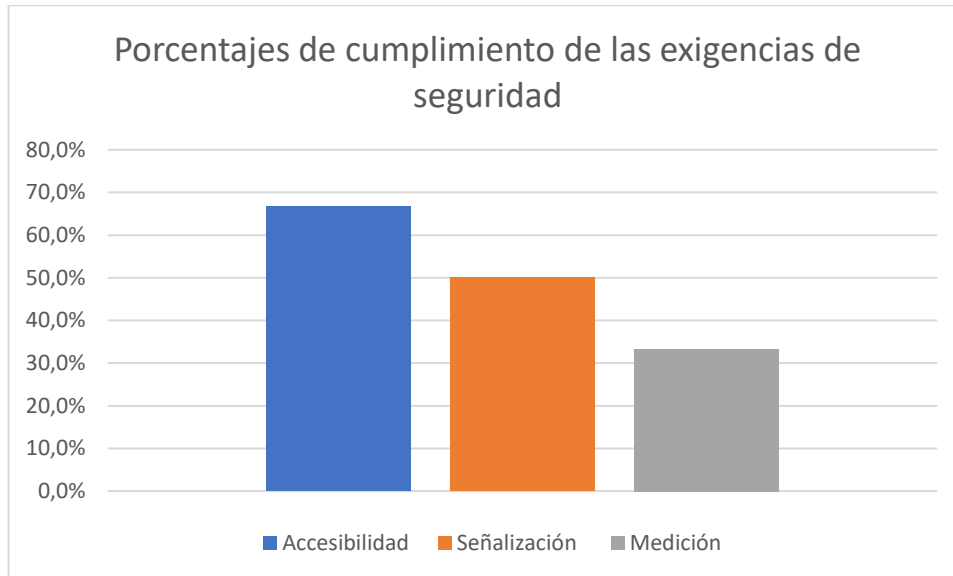
Luego de determinar los valores totales de los porcentajes de cumplimiento de cada uno de los parámetros de seguridad se realizó el análisis y la evaluación del cumplimiento total de las exigencias de seguridad establecidos por el RITE.

Tabla 25. Porcentajes de evaluación de las exigencias de seguridad

Parámetro	Porcentaje de cumplimiento (%)	Porcentaje de cumplimiento total (%)
Seguridad en generación de calor y frío	No aplica	50
Accesibilidad	66,7	
Señalización	50	
Medición	33,3	

Fuente. elaboración propia

Grafica 7. Porcentajes de evaluación de los parámetros de seguridad



Fuente. elaboración propia

En cada parámetro se evidenciaron falencias respecto al cumplimiento de los parámetros establecidos, el porcentaje general de cumplimiento de dicha exigencia es de 50%. Este porcentaje se vio afectado por la falta de señalización en la edificación, por los difíciles accesos y la falta de comodidad que presentan los equipos del sistema de climatización y por las pocas herramientas y equipos de medición que se necesitan en caso de presentar una anomalía.

4.3.4 Operación de equipos y mantenimiento. Según la información suministrada por las personas que laboran en las oficinas, se obtiene un promedio sobre el funcionamiento de los equipos, contemplando horas de funcionamiento, y periodos durante el año donde su uso es más frecuente, tiempo en el que los equipos se encuentran en mantenimiento o simplemente no es posible su uso por averías, revisión por parte del equipo de mantenimiento, confort que brindan los equipos a sus usuarios y facilidad al momento de usarlos.

De la información suministrada por los usuarios del sistema de climatización instalado, se llegó a un promedio de uso de 5 meses durante el año, especificando los meses en los que se pone en marcha los equipos, siendo estos enero, marzo, abril, mayo y diciembre, y especificando que no todas las unidades interiores son activadas, esto debido a su ubicación, que todas las oficinas no están ocupadas y que algunos usuarios no lo saben usar.

Mediante una breve encuesta se obtiene un ponderado de satisfacción por parte de los usuarios del sistema de climatización, dando como primera impresión el mal uso

de las instalaciones ya que no se utilizan los cubículos instalados y solo se encuentran 9 personas en un espacio en el cual se pueden albergar 30 trabajadores.

Tabla 26. Uso de equipos

Utiliza el sistema de climatización	
Respuesta	Cantidad
SI	4
NO	5

Fuente. elaboración propia

Los usuarios del sistema informan que la temperatura en el piso no es elevado y no tienen la necesidad de usar los equipos, pero en la oficinas privadas que contienen más equipos electrónicos y demás elementos que ocasionan una temperatura diferente debido a la transferencia de calor de dichos dispositivos, cabe señalar que la ubicación de las oficinas privadas es cercana a las ventanas, y permite la transferencia de calor por radiación, ocasionando que sea necesario el uso del sistema de climatización.

Tabla 27. Grado de conformidad de los usuarios

Está conforme con el sistema instalado	
Respuesta	Cantidad
SI	1
NO	8

Fuente. elaboración propia

Si se instala un sistema de climatización su principal función es brindar confort a sus usuarios, ayudar a mejorar la higiene y la calidad del aire en la edificación, pero en este caso los usuarios presentan inconformidad con los equipos ya que se quejan del ruido y la cercanía del flujo de aire que genera la unidad evaporadora que incomoda a la hora de trabajar y genera malestar, ocasionando jaquecas a los trabajadores del piso 9 de la edificación.

Tabla 28. Grado de conformidad con la temperatura

Está conforme con la temperatura en las oficinas	
Respuesta	Cantidad
SI	6
NO	3

Fuente. elaboración propia

Gran parte de los usuarios de las oficinas expresan conformidad con la temperatura de las oficinas y no creen necesario el uso de los equipos de aire acondicionado.

Tabla 29. Disponibilidad de equipos

Los equipos siempre están funcionando	
Respuesta	Cantidad
SI	3
NO	6

Fuente. elaboración propia

En las esposas calurosas que puede tener Bogotá se tiene un promedio de 5 meses catalogados como crítico, y se define que los equipos no funcionan correctamente o simplemente no encienden por falta de mantenimiento, o simplemente por la falta de pilas en el control remoto.

Tabla 30. Mantenimientos preventivos

Informan sobre mantenimientos preventivos	
Respuesta	Cantidad
SI	0
NO	9

Fuente. elaboración propia

Las jornadas de mantenimiento no son informadas con anterioridad, simplemente se comunican con los técnicos para reparar los equipos cuando no están disponibles para su uso.

Tabla 31. Fallos de los equipos

Son frecuentes las reparaciones	
Respuesta	Cantidad
SI	7
NO	2

Fuente. elaboración propia

La inconformidad de los usuarios que prefieren no usar los equipos se debe a que en las ocasiones que se requieren para su uso, no funcionan correctamente, y es necesario llamar y efectuar mantenimientos correctivos

En promedio de las 10 evaporadoras instaladas al interior de las oficinas, se utilizan 5, 2 ubicadas en los pasillos y 3 ubicadas en las oficinas cerradas, las 5 unidades

restantes no son activadas debido a su ubicación cercana a los escritorios y uno está ubicado en una oficina que no es utilizada, la incomodidad que genera las unidades interiores a quienes no las utilizan es que los documentos o papeles que están en los escritorios son desplazados por el flujo de viento que es producido por las evaporadoras.

Ya anteriormente nombrado en el capítulo 1 se especificó que el sistema instalado cuenta con dos unidades exteriores, pero solo está en funcionamiento una, ya que a falta de mantenimiento programado la otra unidad condensadora se encuentra fuera de funcionamiento durante varios meses. Se expresa que desde la instalación de los equipos se han realizado actividades de mantenimiento correctivo cuando los equipos son requeridos por los usuarios.

Las oficinas son utilizadas aproximadamente por 20 días en un mes, y la jornada laboras se empieza a las 8:00am y termina a las 5:00pm, contemplando una hora de almuerzo.

Tabla 32. Uso de equipos

Mes	Horas de uso durante el día	Horas totales laboradas en el mes
Enero	5	100
Marzo	6	120
Abril	7	140
Mayo	6	120
Diciembre	6	120

Fuente. elaboración propia

Analizando la anterior tabla se puede obtener que durante un año los equipos de climatización trabajan un promedio de 600 horas, de las cuales 60 horas se encentra en mantenimiento, por lo cual se calcula que trabaja unas 540 horas al año teniendo en cuenta que las fallas siempre se detectan cuando el equipo está en un uso, y teniendo un historial de fallos de 3 en el año 2018, en donde se expresa que las unidades exteriores estuvieron fuera de servicio por 48 horas, en la cuales se ejecutó su respectivo mantenimiento en horas laborales, por lo tanto no fue posible utilizar el sistema de climatización, y las unidades interiores presentaron mal olor, por falta de limpieza por lo cual se aplicó su respectivo mantenimiento el cual duro 12 horas, también en jornada laboral.

La disponibilidad de los equipos debe ser superior al 95%, sabiendo que los equipos funcionan el 31% del tiempo para el que fueron diseñados y traban al 50% de la carga ya que los se utilizan 5 unidades interiores. El esperar el fallo para realizar mantenimiento no es recomendable ya que en ocasiones algunas averías pueden

ser irreparables y es necesario cambiar el equipo, del mismo modo los equipo que funcionan con refrigerante tienen un nivel de toxicidad y contaminación por lo que no debe ser liberado al medio ambiente, o cerca de las personas que están utilizando los equipos.

El refrigerante R-410A, es un derivado de los hidrocarburos y en contacto con las personas puede causar irritación en la piel, si entra en contacto con los ojos causa hipersensibilidad e irritación severa, si es inhalado en pequeñas cantidades puede causar mareo, aumentar las pulsaciones cardiacas, y si es inhalado en grandes cantidades puede ocasionar un paro cardiaco o asfixiar.

4.3.4.1 Indicadores de mantenimiento

Ecuación 1. Disponibilidad

$$Disp = \frac{\text{Horas trabajadas} - \text{Horas de mantenimiento}}{\text{Horas Trabajadas}}$$

$$Disp = \frac{540 - 60}{540}$$

$$Disp = 88.88\%$$

La disponibilidad del sistema es menor del 95%, debido a sus fallas presentes durante el funcionamiento de los equipos, y es necesario tomar correctivos para tener un sistema óptimo y rentable

Ecuación 2. Tiempo medio entre fallos

$$MTBF = \frac{\text{N}^\circ \text{ Totales del tiempo analizado}}{\text{N}^\circ \text{ Fallos}}$$

$$MTBF = \frac{600}{3}$$

$$MTF = 200$$

Se puede decir según datos históricos que cada 200 horas de funcionamiento se produce un fallo en el sistema de climatización, lo que se podría expresar que cada 1.6 meses el sistema falla, de 5 meses que funciona.

Tiempo medio de reparación

Ecuación 3. Tiempo medio de reparación

$$MTTR = \frac{N^{\circ} \text{ Horas de paro por avería}}{N^{\circ} \text{ Fallos}}$$

$$MTTR = \frac{60}{3}$$

$$MTTR = 20$$

Promediando las fallas producidas y los tiempos fuera de servicio y necesarios para repararse se puede decir que cada 20 horas se puede arreglar una avería en el sistema.

Ecuación 4. Confiabilidad

$$R = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

$$R = \frac{200}{200 + 20}$$

$$R = 91\%$$

La confiabilidad R calculada arroja un resultado de 90.9 un aproximado de 91%, y según recomendaciones de indicadores de mantenimiento una máquina o sistema es confiable cuando tiene como mínimo un 95% de confiabilidad durante su uso, por lo que se puede concluir que el valor obtenido es de una confiabilidad media, lo cual es malo ya que el sistema de climatización es usado tan solo un 31% del tiempo y opera a mitad de capacidad o carga.

4.4 EVALUACIÓN TOTAL DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN

Con los valores porcentuales obtenidos en cada una de las exigencias de caracterización, se calculó el porcentaje final de cumplimiento del reglamento de instalaciones térmicas en edificaciones RITE en la edificación a la cual se le realizaron los estudios. El valor de evaluación se obtiene del promedio de los porcentajes de cada una de las exigencias del RITE, este valor tiene que superar el rango de cumplimiento total el cual es de 95 a 100%. A continuación, se muestran los resultados obtenidos en la evaluación.

Tabla 33. Porcentajes evaluación total

Exigencia de caracterización	de	Porcentaje cumplimiento (%)	de	Porcentaje total de la evaluación (%)
Confort e Higiene		64,28		65,32
Eficiencia energética		100		
Seguridad		50		
Operación y mantenimiento	y	47		

Fuente. elaboración propia

El porcentaje final obtenido mediante las mediciones pertinentes que se llevaron a cabo en el edificio Manuel Mejía de la Procuraduría, que durante un periodo cerca de 4 meses brindaron sus instalaciones, equipos y ayuda profesional lo cual permitieron que las mediciones y estudios realizados se culminaran de manera óptima contemplando todas las recomendaciones del reglamento, Acaire y la procuraduría como propietario de la edificación.

El reglamento de instalaciones térmicas brindo los parámetros de caracterización que se debían llevar a cabo de acuerdo a la edificación en estudio, estos se definieron y se realizaron de la forma más adecuada para que los resultados y estudios fueran los más acertados posibles para poder hacer la evaluación.

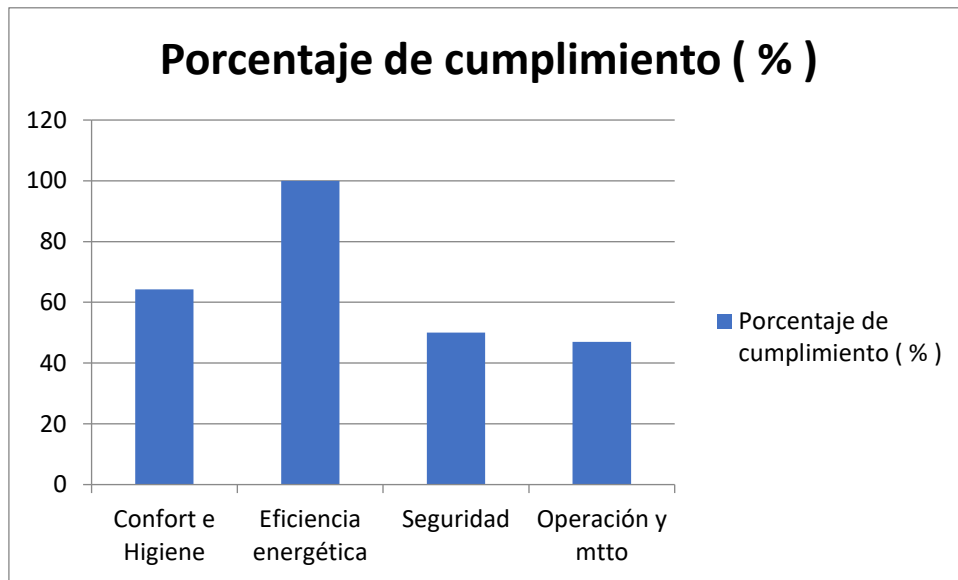
El RITE es un reglamento que próximamente va a ser ley en Colombia por consiguiente se tienen que cumplir todos los parámetros de caracterización, diseño, montaje y mantenimiento de este reglamento. Para que una edificación pueda ser certificada en este reglamento deben tener un porcentaje del 100% y demostrar los estudios realizados para llevar a cabo tal cumplimiento.

Luego de realizar la caracterización y la evaluación se definieron los porcentajes individuales de las exigencias del reglamento y se realizaron los promedios de dichas exigencias para llegar al porcentaje de cumplimiento del RITE en el sistema de climatización. El porcentaje total que se obtuvo mediante la evaluación fue de 71,4%, este valor no alcanza a estar en los diminutos rangos de cumplimiento establecidos y se determina que la edificación no cumple con los estándares técnicos requeridos en sus instalaciones, específicamente en el sistema de climatización.

Se evidencio que la exigencia de eficiencia energética fue la única que tuvo un cumplimiento del 100%. Los equipos de climatización en la edificación cuentan con sus debidos controles y configuraciones pertinentes lo cual ayuda a que la energía utilizada en la operación sea utilizada de forma responsable. Esto también se debe

a que el diseño y el cálculo de cargas fueron estudiados de forma correcta al momento de la creación del sistema. El cálculo de cargas se realizó pero por ser una edificación gubernamental no se puede difundir los cálculos realizados ya que contiene datos clasificados como las dimensiones de la edificación, este valor de cargas térmicas dio como resultado 15,73 kW. El sistema de climatización supe 32 kW, esto indica que el sistema de climatización instalado satisface totalmente la demanda que se requiere y posee una tolerancia energética positiva que brinda mayor confiabilidad al momento de suplir la demanda energética del sistema.

Grafica 8. Porcentaje de cumplimiento



Fuente: elaboración propia

5 ANÁLISIS DE COSTOS

Se realizó el análisis de los costos que se presentan al momento de realizar y ejecutar una evaluación técnica. Para este proyecto se analizaron los costos utilizados para la realización de la evaluación en la edificación especificada. Solo se tienen en cuenta los costos de ingeniería y estudio ya que el documento es el soporte de la investigación y aplicación de la ingeniería.

Uno de los portales virtuales de ofertas y vinculación de trabajo (Indeed) muestra un resultado promedio del salario mensual para los ingenieros mecánicos. El valor promedio de un salario mensual es de \$1'970.538, este valor mostrado en horas es de \$10.263.³⁸

Determinado los valores por hora de trabajo de un ingeniero mecánico, se relaciona con las horas empleadas para la realización del proyecto las cuales son 254 horas y se realiza el costo de talento humano (investigadores) el cual es de \$ 5'213.604.

Los gastos de equipos y maquinaria utilizada son de \$ 3'462.000. Este valor se debe al servicio de alquiler de dispositivos de medición pertinentes para la caracterización de la edificación evaluada, el valor del alquiler es de \$ 62.000. Además, se realizó la adquisición de 2 computadoras con un costo de \$ 3'400.000.

Los fungibles utilizados en la realización del proyecto son papel bond de utilizado en impresiones y la tinta de la impresora en la se realizaron, el valor total de estos costos es de \$138.000

Teniendo en cuenta los costos de los pasajes de transporte utilizados para la movilización a las instalaciones de la procuraduría donde se realizaron los estudios, este costo es de \$ 200.000. Como costo final s agrega los gastos generados por la energía y servicios públicos utilizados, este costo es de \$256.150.

Se obtiene como resultado un costo total de \$ 9'432.544, contemplando cada uno de los costos anteriormente nombrados

³⁸ INDEED. Salarios de ingeniero mecánico en Colombia. [Citado Julio 16, 2019]. Disponible en: <https://co.indeed.com/salaries/Ingeniero-mec%C3%A1nico-Salaries>

Tabla 34. Análisis de costos

ITEMS	UNIDAD	\$/HORA	No. HORAS	TOTAL	FUENTE FINANCIADORA
Talento Humano					
Investigador 1	HH	\$10.263	254	\$2'606.802	
Investigador 2	HH	\$10.263	254	\$2'606.802	
Total, Talento Humano				\$5'213.604	
Gastos maquinaria y equipo					
Anemómetro	1			\$30.000	Propio
Sonómetro	1			\$32.000	Propio
Computadora	2			\$3.400.00	Propio
Total, Maquinaria y Equipo				\$3'462.000	
Fungibles					
Papel	Resma			\$63.000	Propio
Tinta	Cartucho			\$75.000	Propio
Total, Fungibles				\$138.000	
Otros Gastos:					
Servicios públicos	-	\$221	254	\$56.150	Propio
Viajes	Pasaje			\$200.000	Propio
Total, Otros Gastos				\$256.150	
TOTAL, ANTES DE IMPREVISTOS				\$9'069.754	
Imprevistos 2-6% (%4)				\$362.790	
COSTO TOTAL DEL PROYECTO (ΣGASTOS)				\$9'432.544	

Fuente. elaboración propia

6 CONCLUSIONES

- Se evidencia la falta de capacitación, conocimiento e implementación de los diferentes reglamentos y normativas en los sistemas de climatización en el país ya que no se lleva un control ni una regulación adecuada al momento de diseñar e implementar un sistema térmico.
- Se concluyó que la edificación Manuel Mejía, perteneciente a la Procuraduría General de la nación, no cumple con el rango de cumplimiento establecido por el reglamento, teniendo un porcentaje de cumplimiento de 65,32. Esto evidencia las malas condiciones y el diseño errado del sistema de climatización evaluado en dicha edificación. El sistema implementado está sobredimensionado, y con un mal diseño, esto hace que los equipos utilizados no sean los correctos y se generan sobrecostos
- Se establecieron los parámetros mínimos que debe tener una edificación para certificar que su uso, diseño y operación están entre las normas, reglamentos, estatutos y leyes que los entes regulatorios exigen. Con el reglamento de instalaciones térmicas en edificaciones RITE 2017 se puede realizar una certificación completa y acertada al momento de evaluar con los parámetros establecidos.
- Se muestra un proceso de caracterización de un sistema de climatización y los diferentes componentes que se tienen que tener en cuenta para ejecutar, calcular y analizar los valores que influyen en el sistema. En la edificación se evidencia un manejo regular en el confort e higiene de las personas con un porcentaje de cumplimiento de 64.28% , se demostró un manejo perfecto en la adecuación , selección de equipos y etiquetado, debido a esto el porcentaje de cumplimiento en cuanto a eficiencia energética es de 100% ,la caracterización y evaluación de los parámetros de seguridad nos indica un porcentaje de cumplimiento del 50% , este porcentaje es regular y muestra que el sistema solo cuenta con la mitad de requisitos solicitados; como resultado de la caracterización de operación y mantenimiento se obtuvo como resultado un porcentaje de cumplimiento del 47% contemplando los indicadores de mantenimiento y los factores directos que influyen en este aspecto.

7 RECOMENDACIONES

- La mala organización de los mantenimientos deteriora la vida útil de los equipos, y el no tener un registro histórico de fallos, paradas, labores de mantenimiento, cambio de partes, entre otras labores pertinentes al mantenimiento, impiden el planeamiento de mantenimientos correctivos que ayuden a predecir fallos futuros y sobre los cuales se puede tomar una acción preventiva antes de que el fallo se manifieste. La aplicación de mantenimientos preventivo contribuye a mejorar la disponibilidad y tener una trazabilidad de los activos, que deben estar en condiciones óptimas a la hora que sean requeridos, en este caso los meses calurosos donde se espera el sistema trabaje óptimamente y cumpla con su función de brindar confort.

Una tabla de impacto ayuda a identificar qué tipo de fallas son más críticas en los equipos y el sistema de climatización, identificando que partes son vitales para realizar revisiones programadas y corroborar su correcto funcionamiento y así ejecutar las tareas pertinentes a un mantenimiento preventivo.

El RITE brinda ejemplo de cómo llevar un histórico en cuanto al área de mantenimiento, contemplando labores programadas en periodos de tiempo específicos dependiendo de la rigurosidad y el uso que se les den a los equipos, y dividiendo los tiempos de mantenimiento en una tabla donde se especifica si se realizan mantenimientos, anuales, semestrales o mensualmente, del mismo modo se tienen tareas básicas como limpieza que se recomienda hacer semanalmente.

- La renovación de aire es esencial en un sistema de climatización, y es vital si se tiene que el sector tiene un alto grado de contaminación como lo es en este caso la calle decima donde transitan una gran cantidad de vehículos de combustión interna y con motores DIESEL. Con lo expuesto anteriormente se debe plantear un sistema de filtros para la renovación de aire interior en las oficinas garantizando que la salud y bienestar de los residentes del edificio sea óptimo de referencias F6/F9/GF, que son los exigidos por el RITE, según la actividad que se realice en la edificación.
- Se recomienda a ACAIRE, que socialice el RITE y brinde charla y capacitaciones que faciliten el conocimiento, comprensión y aplicación, por partes de entidades privadas y públicas que estén relacionadas con el gremio del aire acondicionado y la refrigeración, todo esto con el fin de tener y transición cómoda entre una certificación opcional a una ley que exige cumplimiento de todos los parámetros ya tratados en este documento y el RITE.

- Los diseños deben hacerse bajo las características específicas de la edificación, para evitar la compra de equipos costosos y estorbosos, como en este caso se tienen equipos que pueden suplir su demanda térmica necesaria, pero no fueron bien seleccionados ya que son equipos que se utilizan en lugares con mayor demanda, sobre lo cual se puede exponer que fue seleccionado contemplando diferentes requisitos y no se analizó la cantidad de personal que está residiendo en la edificación. Un buen diseño debe suplir una demanda térmica específica y generar un ambiente ideal para trabajar y no debe tener equipos que no cumplan con la capacidad requerida.

BIBLIOGRAFÍA

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. Condiciones de ambiente térmico para ocupación humana. Atlanta. ASHRAE, 2010.

ANSI/ASHRAE 55. Condiciones de Ambiente Térmico para Ocupación Humana. Atlanta. ASHRAE, 2010.

_____. STANDARD 62.1. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. Atlanta. ASHRAE, 2010.

_____. STANDARD 90.1. Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings. Atlanta. ASHRAE, 2010.

ASHRAE, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Chapter 24 Refrigerated-Facility Loads. En: Anonymous

_____ American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Chapter 18 Nonresidential Cooling and Heating Load Calculations. En: Anonymous ASHRAE® Handbook - Fundamentals (SI Edition). 2017a. ISBN: 978-1-939200-58-7

_____ American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Chapter 30 Thermophysical Properties of Refrigerants. En: Anonymous

_____ Handbook Fundamentals (SI Edition). 2017b. ISBN: 978-1-939200-58-7

_____ Handbook Fundamentals. Atlanta. ASHRAE, 1989. ISBN 0-910110-57-3

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE ACONDICIONAMIENTO DEL Y DE LA REFRIGERACIÓN, (ACAIRE). Reglamento de instalaciones térmicas en edificaciones. 2017.

CALOR Y FRÍO. Sistemas VRF, la climatización eficiente para edificios y locales. {En línea}. {16 de Abril de 2019}. Disponible en: (www.caloryfrio.com/aireacondicionado/aire-acondicionado-comercial/sistemas-vrf-climatizacion-eficienteedificios-locales-comerciales-infografia.html)

CARRIER. Manual de aire acondicionado. Barcelona: Marcombo. ISBN 84-267-0115-9

CENGEL, Yunus A. y GHAJAR, Afshin J. Transferencia de calor y masa: Introducción y conceptos básicos. Cuarta Edición. McGraw Hill, 2011

CLIMA PROYECTOS. Aire acondicionado mini split. {En línea}. {16 de Abril de 2019}. Disponible en: (<https://aireacondicionadominisplit.com/>)

CLIMA PROYECTOS. Sistemas VRF. {En línea}. {16 de Abril de 2019}. Disponible en: (<https://sistemasvrf.com/>)

DIARIO EL TIEMPO. El Síndrome del Edificio Enfermo. {En Línea}. {3 de Marzo de 2019}. Disponible en: (<https://www.eltiempo.com/vida/salud/sintomas-del-sindromedel-edificio-enfermo-59885>)

GARCÍA ALMIÑANA, Daniel. Instalaciones De Refrigeración Y Aire Acondicionado. Barcelona: Editorial UOC, 2007. ISBN: 978-849-029-546-5.

GRUPO DE POLÍTICAS Y REGLAMENTACIÓN - DIRECCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA. Reglamento Técnico de Etiquetado (RETIQ). 2019

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Compendio de normas para trabajos escritos. NTC-1486- 6166. Bogotá D.C.: El instituto, 2018. ISBN 9789588585673.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (INSHT), Confort térmico, Barcelona, 2017. {en línea}. ISSN: 213-7658 Disponible en: (http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/FichasNotasPracticas/Ficheros/np_enot_99.pdf)

JUAN DIEGO PEÑA. Intervención edificio Manuel Mejía Bogotá: proyecto unidad intervención libro resumen 2013-2. Bogotá. 2013. 73 h. Trabajo (Arquitecto). Universidad de los Andes. Facultad de Arquitectura. Disponible en el catálogo en línea de la Biblioteca de la Universidad de los Andes: <http://portfolios.uniandes.edu.co/gallery/22820247/Intervencion-edificio-Manuel-Mejia-Bogota>

LG.Unidad Paquete. [en línea]. https://www.computadoresbogota.com/articulos/activos/catalogos/LG_AK-Q036GH50,_AK-Q048GH50,_AK-Q060GH50.pdf [consultado en 20 de marzo de 2019]

MARINEZ, Inmaculada. Análisis de la Información Técnica en Equipos de Climatización. Sevilla, 2005. 264p. Trabajo de grado (Ingeniería Energética). Escuela Superior de Ingenieros Universidad de Sevilla. Facultad de Ingeniería. Área de Mecánica de Fluidos.

OBSERVATORIO AMBIENTAL DE BOGOTÁ. Datos e indicadores para medir la calidad del ambiente en Bogotá. [En línea]. Disponible en: <http://oab.ambientebogota.gov.co/es/indicadores?id=511> [Consultado en 10 de marzo 2019]

CONCEJERÍA DE TRANSPORTS INFRAESTRUCTURA Y VIVIENDA. .REGLAMENTO DE INSTALACIONES TERMICAS EN LOS EDIFICIOS. Madrid. RITE, 2013.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA.REGLAMENTACIÓN TÉCNICA DE SISTEMAS E INSTALACIONES TÉRMICAS (RETSIT).2017.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Guidelines for Indoor Air Quality – Selected Pollutants, Euro Reports and Studies. OMS, 2010. ISBN 978 92 890 0213 4

PROTOCOLO PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD DEL AIRE: Manual de operación de sistemas de vigilancia de la calidad del aire. Bogotá: Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. [En línea]. 2008. 20 p. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/51310/527391/Protocolo+para+el+Monitoreo+y+seguimiento+de+la+calidad+del+aire.pdf/6b2f53c8-6a8d-4f3d-b210-011a45f3ee88> <https://sostenibilidad.semana.com/medio-ambiente/articulo/calidad-del-aire-bogota-contaminacion-que-respiran-y-de-donde-proviene-la-contaminacion-en-bogota/41330> <http://oab.ambientebogota.gov.co/es/indicadores?id=511>

SERGIO GARCIA, Diego CARRANZA/ANADOLU. ¿Qué respiran y de dónde proviene la contaminación en Bogotá? En: Sostenible. [En línea]. 10 de agosto de 2018 <https://sostenibilidad.semana.com/medio-ambiente/articulo/calidad-del-aire-bogota-contaminacion-que-respiran-y-de-donde-proviene-la-contaminacion-en-bogota/41330> [Consultado en 10 de marzo 2019]

TRANE. ASHRAE standard 15 applied to package, Split and VRF system. En: Trane Engineers Newsletter live. Vol., 37-1(Marzo.2008).

ANEXOS

ANEXO A.

TABLA DE VALORES IMPACTO-OCURRENCIA

Tabla de valores impacto-ocurrencia		
Seguridad	Analiza el impacto del modo de fallo en la seguridad de los trabajadores	
Efecto	Descripción	Valor
Nulo	La ocurrencia del fallo no tiene ningún efecto	0
Bajo	La ocurrencia del fallo puede crear riesgos sin baja o accidente	1
Intermedio	La ocurrencia del fallo puede crear baja o indisponibilidad temporal	2
Alto	La ocurrencia del fallo puede provocar muerte o indisponibilidad permanente	3
Medio ambiente	Analiza el impacto del modo de fallo en el medio ambiente	
Efecto	Descripción	Valor
Nulo	Sin efectos	0
Bajo	No tiene ningún efecto medioambiental	1
Intermedio	Puede causar impacto interno de parámetros o especificaciones legales	2
Alto	Puede causar impacto externo de parámetros o especificaciones legales	3
Frecuencia	Analiza con qué frecuencia el modo de fallo ocurre en el equipo	
Efecto	Descripción	Valor
Nulo	0 - 1 Fallos / año	0
Bajo	1 < Fallos / año < 5	1
Intermedio	5 < Fallos / año < 10	2
Alto	Fallos / año > 10	3
Mantenibilidad	Analiza la dificultad para reparar, el tiempo necesario para la reparación	
Efecto	Descripción	Valor
Nulo	Tiempo de restauración < 30 min	0
Bajo	30 min ≤ Tiempo de restauración < 2 horas	1
		2
Intermedio	2 horas ≤ tiempo de restauración < 4 horas	3
Alto	Tiempo de restauración ≥ 4 horas	

Fuente. elaboración propia

ANEXO B.

OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y SU PERIODICIDAD

Operación	Periodicidad	
	<70kW	>70 kW
1. Limpieza de los evaporadores	a	a
2. Limpieza de los condensadores	a	a
3. Drenaje, limpieza y tratamiento del circuito de torres de enfriamiento	a	a
4. Comprobación de la estanquidad y niveles de refrigerante y aceite en equipos frigoríficos	a	m
5. Comprobación y limpieza, si procede, de circuito de humos de calderas	a	6m
6. Comprobación y limpieza, si procede, de conductos de humos y chimenea	a	6m
7. Limpieza del quemador de la caldera	a	m
8. Revisión del tanque de expansión	a	m
9. Revisión de los sistemas de tratamiento de agua	a	m
10. Comprobación de material refractario	—	6m
11. Comprobación de estanquidad de cierre entre quemador y caldera	a	m
12. Revisión general de calderas de gas	a	a
13. Revisión general de calderas de ACPM	a	a
14. Comprobación de niveles de agua en los circuitos	a	m
15. Comprobación de estanquidad de circuitos de tuberías	—	a
16. Comprobación de estanquidad de válvulas cierre	—	6m
17. Comprobación de calibración de elementos de seguridad	—	m
18. Revisión y limpieza de filtros de agua	—	6m
19. Revisión y limpieza de filtros de aire	a	m
20. Revisión interior y exterior de todas las partes del calentador o caldera que hacen el intercambio térmico	—	a
21. Revisión de aparatos de humectación y enfriamiento evaporativo	a	m
22. Revisión y limpieza de recuperadores de calor	a	6m
23. Revisión de unidades terminales agua-aire	a	6m
24. Revisión de unidades terminales de distribución de aire	6m	6m
25. Revisión y limpieza de unidades de retorno de aire	6m	6m
26. Revisión de equipos autónomos	a	6m
27. Revisión de bombas y ventiladores	a	m
28. Revisión del sistema de preparación de agua caliente sanitaria	a	m
29. Revisión del estado del aislamiento térmico	a	a
30. Revisión del sistema de control automático	a	a
31. Revisión de aparatos exclusivos para la producción de agua caliente sanitaria de potencia térmica nominal <24,4 kW	a	—
32. Instalación de energía solar térmica	*	*
33. Comprobación del estado de almacenamiento del biocombustible sólido	s	s
34. Apertura y cierre del contenedor en instalaciones de biocombustible sólido	6m	6m
35. Limpieza y retirada de cenizas en instalaciones de biocombustible sólido	m	m
36. Control visual de la caldera de biomasa	s	s
37. Comprobación y limpieza, si procede, de circuito de humos de calderas y conductos de humos y chimeneas en calderas de biomasa.	a	m
38. Revisión de los elementos de seguridad en instalaciones de biomasa	m	m
39. Limpieza bandejas de condensado	a	a

s: semanal; m: mensual; 6m: semestral; a: anual

Fuente: ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE ACONDICIONAMIENTO DEL Y DE LA REFRIGERACIÓN, (ACAIRE). Reglamento de instalaciones térmicas en edificaciones. 2017. p. 124

ANEXO C.

MEDIDAS DE GENERADORES DE CALOR Y SU PERIODICIDAD

Medidas de generadores de calor	Periodicidad		
	20kW<P≤70 kW	70kW<P≤ 1000 kW	P > 1000 kW
1. Temperatura y presión del fluido portador en entrada y salida del generador de calor	a	3m	m
2. Temperatura ambiente del local o sala de máquinas	a	3m	m
3. Temperatura de los gases de combustión	a	3m	m
4. Contenido de CO y CO ₂ en los productos de combustión	a	3m	m
5. Índice de opacidad de los humos en combustibles sólidos o líquidos y de contenido de partículas sólidas en combustibles sólidos	a	3m	m
6. Tiro en la caja de humos de la caldera	a	3m	m

m: mensual; 3m: trimestral; a: anual.

Fuente: ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE ACONDICIONAMIENTO DEL Y DE LA REFRIGERACIÓN, (ACAIRE). Reglamento de instalaciones térmicas en edificaciones. 2017. p. 125

ANEXO D.

MEDIDAS DE GENERADORES DE FRIO Y SU PERIODICIDAD

Medidas de generadores de frío	Periodicidad	
	70kW < P ≤ 1.000 kW	P > 1.000 kW
1. Temperatura del fluido exterior en entrada y salida del evaporador	M	m
2. Temperatura del fluido exterior en entrada y salida del condensador	M	m
3. Pérdida de presión en el evaporador en plantas enfriadas por agua	m	m
4. Pérdida de presión en el condensador en plantas enfriadas por agua	M	m
5. Temperatura y presión de evaporación	M	m
6. Temperatura y presión de condensación	M	m
7. Potencia eléctrica absorbida	M	m
8. Potencia térmica instantánea del generador, como porcentaje de la carga máxima	M	m
9. EER o COP instantáneo	M	m
10. Caudal de agua en el evaporador	6m	m
11. Caudal de agua en el condensador	6m	m

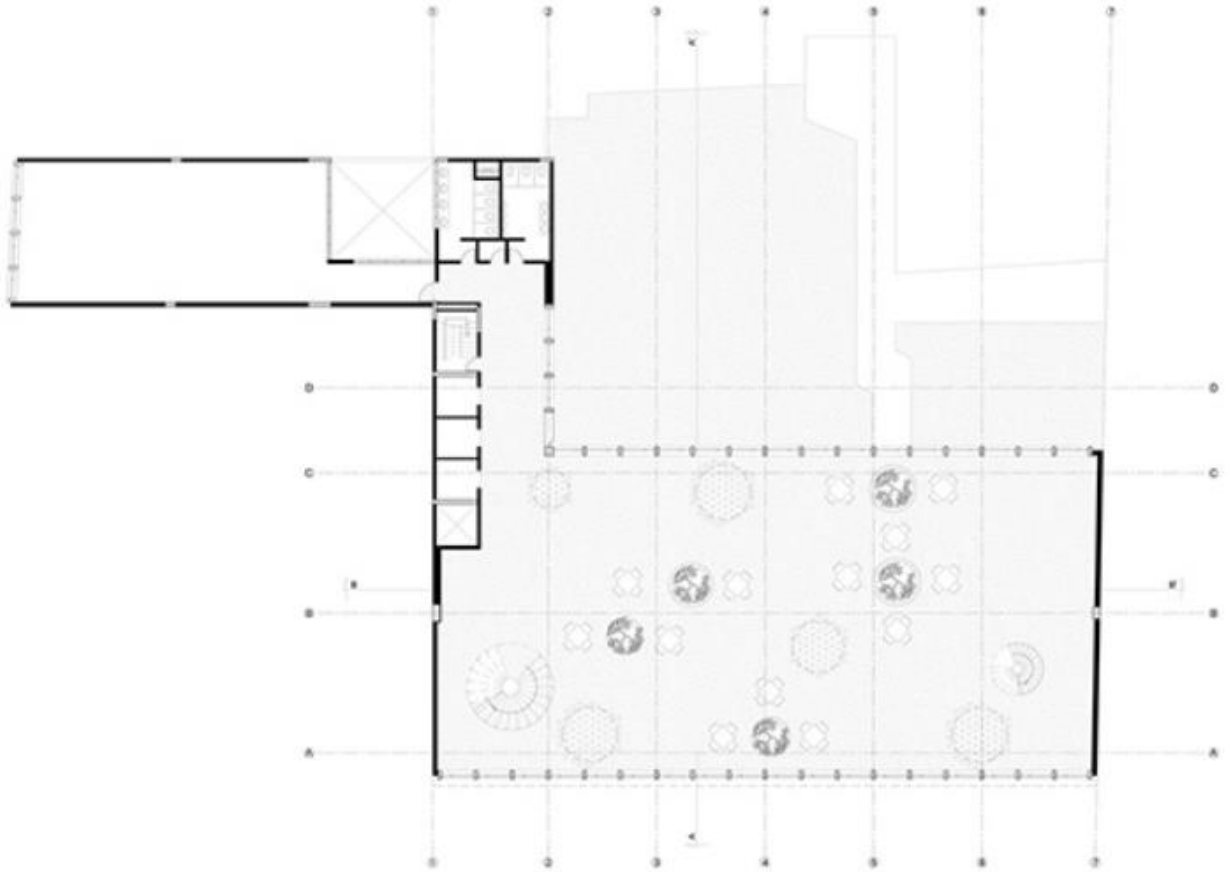
m: mensual;

6m: semestral

Fuente: ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE ACONDICIONAMIENTO DEL Y DE LA REFRIGERACIÓN, (ACAIRE). Reglamento de instalaciones térmicas en edificaciones. 2017. p. 126

ANEXO E.

PLANOS DEL PISO NOVENO DE LA PROCURADURIA GENERAL DE LA NACION SEDE



Fuente. JUAN DIEGO PEÑA. Proyecto unidad intervención libro resumen 2013-2 [consultado el 28 de octubre de 2019] Disponible en : <http://portfolios.uniandes.edu.co/gallery/22820247/Intervencion-edificio-Manuel-Mejia-Bogota>