

# EL IMPACTO DE LOS DISTRITOS TÉRMICOS EN LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO Y LA MEJORA DEL CONFORT DE EDIFICACIONES EN LAS CIUDADES INTELIGENTES.

THE IMPACT OF THERMAL DISTRICTS ON REDUCING ENERGY CONSUMPTION AND  
IMPROVING BUILDING COMFORT IN SMART CITIES.

María Alejandra Rocha Figueroa\* Nancy Torres Castellanos \*\*

## Resumen:

En los últimos años, la creciente demanda energética y la preocupación por el cambio climático ha llevado a Colombia a buscar alternativas energéticas más limpias y eficientes. Una de estas alternativas es el desarrollo de distritos térmicos, que se define como un sistema de redes integrado a edificaciones de áreas urbanas en las que se integran diferentes sistemas de generación, distribución y consumo de energía térmica para optimizar su eficiencia energética y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

El desarrollo de estos distritos térmicos debe ser regulado y supervisado por las Entidades gubernamentales encargadas de la regulación energética en el país. En este sentido, en el presente artículo se analiza el impacto que tiene la implementación, operación y mantenimiento de los distritos térmicos para lograr la transición energética que requiere el país.

Se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva sobre la regulación energética en Colombia, así como un análisis de las políticas públicas y programas gubernamentales relacionados con el desarrollo de distritos térmicos. Además, se analizaron datos de consumo eléctrico demostrando que los distritos térmicos reducen el consumo energético, y además contribuyen a la mitigación del cambio climático.

Se realizó un análisis de la regulación energética nacional, se identificaron las principales variables que influyen en el desarrollo de los distritos térmicos en Colombia y se proponen recomendaciones para mejorar el marco normativo y fomentar el desarrollo sostenible de los distritos térmicos en el país.

Asimismo, se identificaron las barreras y oportunidades para el desarrollo de estos distritos, lo que permite proponer recomendaciones y estrategias para promover su implementación en el país.

En conclusión, mediante el presente artículo se pretende contribuir al debate sobre la importancia de la regulación energética en el desarrollo de los distritos térmicos en

Colombia y propone recomendaciones para mejorar el marco normativo existente. Se espera que los resultados de este trabajo de grado sean de utilidad para los diferentes actores involucrados en el desarrollo de los distritos térmicos en Colombia

**Palabras clave:** Demanda de energía térmica; almacenamiento de energía térmica; calefacción y refrigeración urbanas; energías renovables

## Abstract

In recent years, growing energy demand and concerns about climate change have led Colombia to seek cleaner and more efficient energy alternatives. One of these alternatives is the development of thermal districts, which is defined as a system of networks integrated to buildings in urban areas in which different systems of generation, distribution and consumption of thermal energy are integrated to optimize their energy efficiency and reduce greenhouse gas emissions.

The development of these thermal districts must be regulated and supervised by the governmental entities in charge of energy regulation in the country. In this sense, this article analyzes the impact of the implementation, operation and maintenance of thermal districts to achieve the energy transition required by the country.

An exhaustive literature review on energy regulation in Colombia was carried out, as well as an analysis of public policies and government programs related to the development of thermal districts. In addition, electricity consumption data was analyzed, demonstrating that thermal districts reduce energy consumption and contribute to climate change mitigation.

An analysis of the national energy regulation was carried out, the main variables that influence the development of thermal districts in Colombia were identified and recommendations are proposed to improve the regulatory framework and promote the sustainable development of thermal districts in the country.

Likewise, the barriers and opportunities for the development of these districts were identified, which allows proposing recommendations and strategies to promote their implementation in the country.

In conclusion, this article aims to contribute to the debate on the importance of energy regulation in the development of thermal districts in Colombia and proposes recommendations to improve the existing regulatory framework. It is expected that the results of this work will be useful for the different actors involved in the development of thermal districts in Colombia.

**Keywords:** Thermal energy demand; thermal energy storage; district heating and cooling; renewable energies.

## I. INTRODUCCION

La energía térmica es un componente clave en el desarrollo sostenible de los países. En Colombia, los distritos térmicos se presentan como una alternativa para la generación y distribución eficiente de energía térmica en diferentes sectores, incluyendo la industria, la agricultura y el transporte. Los proyectos pioneros en el país de distritos térmicos se mencionarán en el numeral A. DISTRITO TÉRMICO del presente artículo.

Por otro lado, la regulación energética se presenta como un aspecto fundamental en el desarrollo de los distritos térmicos en Colombia. La regulación debe contemplar aspectos como la promoción de fuentes de energía renovable, la eficiencia energética y la protección del medio ambiente. Además, es necesario un marco normativo que permita la participación de diferentes actores, incluido el sector público, privado y la comunidad, para garantizar la viabilidad y sostenibilidad de los proyectos que consideran los distritos térmicos. De igual forma, los avances tecnológicos no van a la misma velocidad de la reglamentación, pues el marco normativo tiene como objetivo la estandarización de este, sin embargo, se espera que las políticas que generan regulación permitan definir las reglas de operación y uso de distritos térmicos.

## II. PROBLEMÁTICA DE CONFORT

El creciente uso de aires acondicionados y equipos de calefacción en hogares y oficinas en todo el mundo será uno de los principales impulsores del crecimiento de la demanda mundial de electricidad en las próximas tres décadas, tal como lo expresó el análisis de la Agencia Internacional de Energía, (por sus siglas IEA), que enfatiza la necesidad urgente de medidas políticas para mejorar el confort ambiental de las edificaciones. (Ojea, L, 2018, p. 1). De igual forma, *“En las ciudades se están realizando importantes inversiones para construir y revitalizar vecindarios, distritos comerciales, zonas industriales abandonadas, así como sistemas críticos de infraestructura de agua, energía y transporte.”* (EcoDistricts), lo que traduce a una transformación urbana que requiere de innovación, tecnología e inversión.

De acuerdo con un estudio realizado por la firma

internacional Marsh, *“es necesario discutir y analizar en las empresas el clima laboral al interior, pues sus empleados consideran que, si les brindan apoyo y bienestar, su productividad se mejoraría de forma evidente, no solo para reducir el estrés en la oficina sino para optimizar las relaciones en diferentes niveles, desde lo social, personal y familiar.”* (Delima Marsh, 2022). Es decir, que la salud y productividad de las personas que laboran es diferentes espacios, dependerá del ambiente óptimo y confortable que allí se ofrezca. Lo anterior indica que, con el paso de los años, la mayor demanda de electricidad será inminente, y será necesario suplir esta demanda mediante alternativas energéticas que garanticen el confort y el normal desarrollo de las actividades llevadas a cabo por la población. *“El confort térmico tiene un impacto significativo en la satisfacción que produce el lugar de trabajo, además, los estudios demuestran sistemáticamente que incluso niveles modestos de control personal sobre el confort térmico pueden representar mejoras de un dígito en productividad”* (Salud, bienestar y productividad en oficinas, World Green Building Council).

## III. IMPACTO AMBIENTAL

El equipamiento de los edificios en búsqueda de garantizar el confort ambiental de los usuarios contribuye con alrededor del 40% de las emisiones directas e indirectas de gases de efecto invernadero y con más de un tercio del consumo de energía a nivel mundial. (Arias, J y otros, 2021). El aire acondicionado aumenta las emisiones de gases de efecto invernadero cuando se producen fugas de gas refrigerante y la calefacción emite dióxido de carbono. Por lo cual, ambos equipos se han convertido en productos extremadamente poderosos que inciden en el cambio climático, desencadenando múltiples efectos negativos en el planeta. Dichas emisiones, dependen principalmente de la mezcla de combustible en la generación de energía.

La energía hidroeléctrica sigue siendo la mayor fuente renovable de electricidad en Colombia, pero la energía solar es el principal impulsor del crecimiento, ya que establece récords de implementación cada año después de 2022, seguida de la energía terrestre y finalmente la eólica marina. Como resultado de consumo, las cifras indican que el 70% de la energía generada en el mundo es consumida en las ciudades y de ella el 50% del consumo energético es para calefacción, enfriamiento o agua caliente. (Distrito Térmico en ciudades - Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.). A diciembre de 2022, la capacidad instalada de generación en el Sistema Interconectado Nacional fue de 17.312 Mega-watts (MW), de esta capacidad instalada, el 68,4% correspondió a generación hidráulica, casi el 30% a generación térmica (13,3% con Gas Natural, 7,8% con combustibles líquidos y 9,5% con carbón) y aproximadamente el 1% con Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER) (eólica, solar, y biomasa). (La matriz energética de Colombia se renueva, Banco Iberoamericano de Desarrollo, 2023).

Seguidamente, Bloomberg New Energy Finance afirma que: se prevé que la demanda a nivel mundial de electricidad

procedente del aire acondicionado residencial y comercial, aumente en más de un 140% de aquí a 2050, un incremento comparable a la suma de todo el consumo eléctrico de la Unión Europea.

De igual forma y de acuerdo con lo afirmado por el director ejecutivo de La IEA el doctor Fatih Birol: “La creciente demanda de electricidad para el funcionamiento del aire acondicionado es uno de los puntos ciegos más críticos en el debate energético actual”, además, “con el aumento de los ingresos, la propiedad del aire acondicionado se disparará, especialmente en el mundo emergente. Si bien esto brindará mayor comodidad y mejorará la vida cotidiana, es esencial que se priorice el rendimiento de la eficiencia para los aires acondicionados”, Además, según la Agencia Internacional de Energía, el número de aires acondicionados en el mundo pasará de 1.6 billones (2018) a 5.6 billones (2050), principalmente instalados en países con climas cálidos/templados cuya población tendrá un crecimiento económico sustancial (India, China, Bangladesh, América Latina). De modo que, se estima una creciente demanda de aires acondicionados tradicionales en dichas regiones.

A continuación, en la ilustración 1 se presentan los principales sectores responsables de generar emisiones de dióxido de carbono, lo que indica que la energía consumida por la industria representa el 24,2%, los sistemas de transporte el 16,2%, la energía para uso de edificaciones el 17,5%, las emisiones fugitivas representan el 5,8%, la combustión 7,8% y la agricultura y la pesca el 1,7%. De los porcentajes de incidencia de los sectores que generan emisiones de dióxido de carbono mencionados, las edificaciones de uso residencial y comercial representan un porcentaje de emisiones de 10,9% y 6,6% respectivamente.

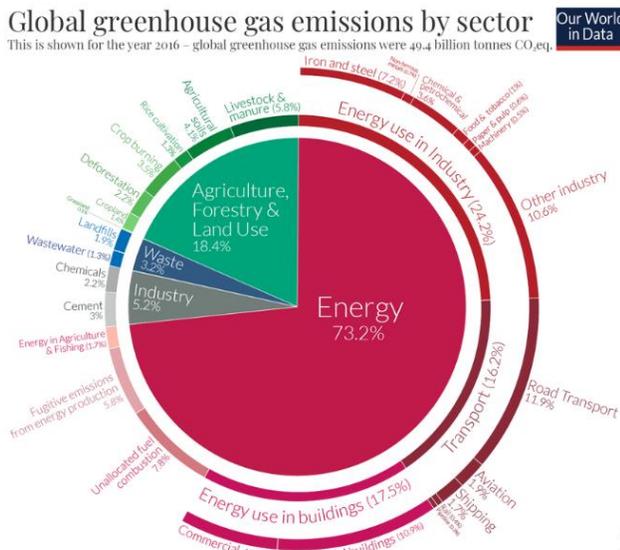


Ilustración 1 Sectores o fuentes en el mundo que producen emisiones de dióxido de carbono  
Fuente: Our World in Data, 2020

Dados los antecedentes anteriormente relacionados, es evidente que existe una problemática ambiental continua,

además de un consumo frecuente de energía eléctrica en la generación de calefacción o ventilación. Bajo este panorama, en Colombia ha surgido la necesidad de aplicar e implementar la eficiencia energética para garantizar construcciones sostenibles. Como muestra de ello, se resalta que el desarrollo urbano en el mundo está ligado a los estándares de construcción, medios de transporte y planeación de los servicios públicos domiciliarios, los cuales se reflejan en la producción de emisiones de una ciudad, así como la afectación climática. Además, se resalta el impacto de la arquitectura bioclimática en la eficiencia energética de las instalaciones. Teniendo en cuenta lo anterior, y de acuerdo con la Política Nacional de Cambio Climático en el país, una línea de acción para contribuir al desarrollo urbano bajo en carbono y resiliente al clima, es incentivar la eficiencia energética residencial y no residencial; y la construcción sostenible, baja en carbono y resiliente al clima.

Bajo esta premisa los distritos térmicos pueden considerarse una opción a esta problemática. Los avances, investigaciones e implementación de los distritos térmicos en el país, tienen una gran incidencia positiva, ya que promueven la posibilidad de cumplir con las metas y desafíos fundamentales de los objetivos de desarrollo sostenible, además, reforzando las estrategias de uso de eficiencia energética se fomenta una rápida descarbonización, reduciendo así las emisiones de carbono a la atmósfera y aún más cerca de la carbono neutralidad.

A continuación, se describe el funcionamiento de un distrito térmico.

### A. DISTRITO TÉRMICO

Un Distrito térmico es equivalente a lo que se conoce con el nombre de District Heating and Cooling (DHC). Es un sistema centralizado de generación de energía, cuyo objetivo principal es proveer agua caliente o fría por medio de redes, lo cual es un sistema alternativo a los sistemas convencionales de aire acondicionado o calentamiento de agua. La generación de la energía térmica se produce por medio de calderas, chillers u otras tecnologías (Geotermia, WtE, calor residual de la industria).

El primer distrito térmico en el país, inició su operación en diciembre del 2016 en la ciudad de Medellín, el cual se denominó La Alpujarra; a finales del 2017, en la ciudad de Montería entró en operación el distrito térmico del centro comercial Nuestra Montería, el cual permitió un ahorro del 80% el consumo de energía; luego, en abril del 2018, en el municipio de Tocancipá, se inauguró una planta de generación múltiple de Air Liquide encargada de llevar energía eléctrica, agua fría y vapor al Parque Industrial Femsa; finalmente, desde 2021 hasta el 2022 se inició la etapa de ejecución del proyecto urbanístico en la ciudad de Cartagena, denominado Serena del Mar, el cual constará de un distrito térmico, que iniciará la refrigeración de las edificaciones residenciales, además de las zonas comerciales e incluso hospitales.

Con el objeto de dar claridad al lector sobre el modelo general de un distrito térmico, en la ilustración No. 2 se tiene un modelo de sistema centralizado. Como se observa, los sistemas de distribución de energía distrital consisten en la materialidad de las tuberías, arquitectura de las redes, sistemas de bombeo e instalaciones de redes y compatibilidad con otros servicios subterráneos, así:

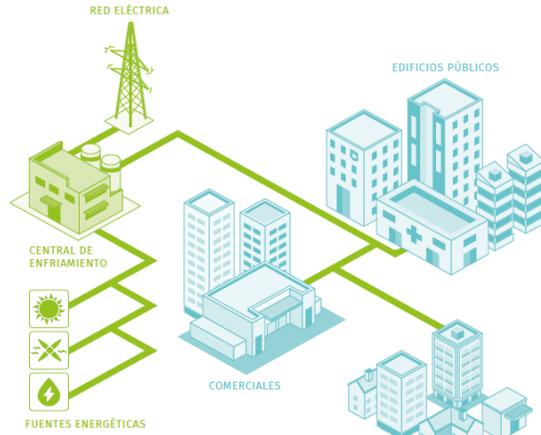


Ilustración 2 Sistema General de Distrito Térmico  
Fuente: Guía Metodológica Distritos Térmicos - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Por otro lado, un distrito térmico puede funcionar de manera intramural o extramural: El distrito intramural será capaz de atender la demanda de un solo edificio y el sistema de equipos será localizado al interior de este. A diferencia del distrito extramural, este contiene plantas de energía capaces de alimentar a múltiples edificaciones, las cuales estarán ubicadas de forma independiente a los edificios.

### DISTRITO INTRAMURAL

Es un sistema ubicado dentro del edificio, que puede utilizar dos fuentes energéticas: gas natural y electricidad. Con el gas natural se genera energía eléctrica y térmica, a través de una turbina y un generador; La energía térmica es utilizada en un 'chiller' de absorción<sup>1</sup> y la energía eléctrica alimenta un 'chiller' eléctrico<sup>2</sup>. Ambos 'chillers' suministran agua fría hacia las unidades terminales encargadas de reducir la temperatura de la edificación, al salir de las unidades terminales el agua regresa a los 'chillers', donde vuelve a la temperatura ideal para repetir su ciclo, a continuación, se presenta un esquema de distrito intramural

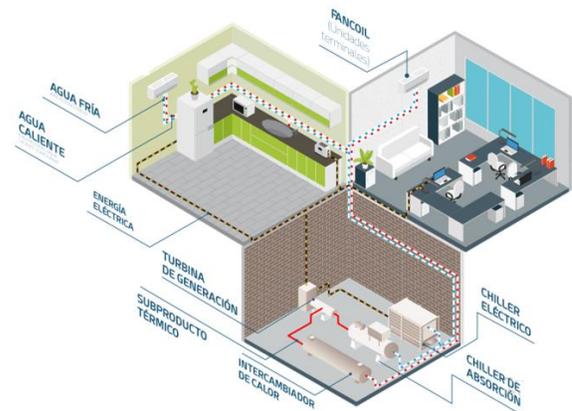


Ilustración 3 Esquema distrito térmico intramural  
Fuente: Celsia

### DISTRITO EXTRAMURAL

Sirve para suministrar agua fría o caliente a múltiples proyectos, a través de redes de distribución, este proceso se realiza en una estación especializada, la cual es capaz de transportar el agua fría o caliente hacia otras edificaciones. El agua llega a unas estaciones de intercambio, ubicadas en cada uno de los proyectos, los cuales cuentan con un punto de medición de consumo de energía térmica. Además, las estaciones cuentan con una red interna de distribución, independiente a la red del distrito térmico, desde donde se distribuye a las unidades terminales de sus instalaciones, y así se garantizan todos los procesos de enfriamiento o calefacción de las instalaciones conectadas a la red del distrito térmico, a continuación, se presenta un esquema de distrito extramural

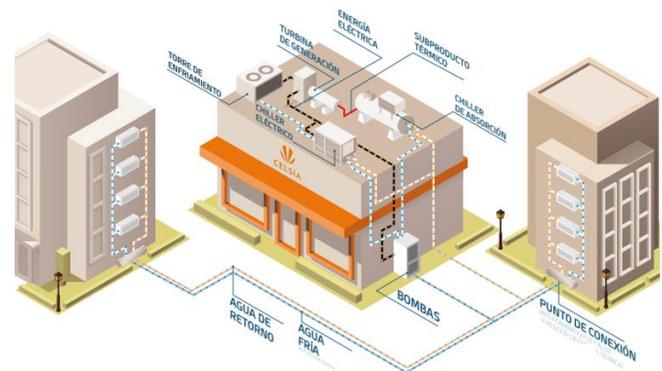


Ilustración 3 Esquema distrito térmico extramural  
Fuente: Celsia

### B. PANORAMA NACIONAL Y LA INFLUENCIA DE LOS DT LA EFICIENCIA ENERGÉTICA.

Una propuesta liderada por la Unidad Técnica de Ozono (UTO), la Dirección de Cambio Climático, Gestión del riesgo del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Ministerio de Minas y Energía, la Unidad de Planeación Minero Energética, con el apoyo de la Embajada de Suiza-Cooperación Económica y Desarrollo (SECO) y la Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), y el acompañamiento de la Asociación Colombiana

<sup>1</sup> Chiller de absorción: Tipo de enfriadora de agua muy útil, en aplicaciones donde se dispone de una fuente de calor residual o de bajo costo, que permite poner en funcionamiento un ciclo de refrigeración sin compresor.

<sup>2</sup> Chiller eléctrico: Se utiliza en sistemas de aire acondicionado, enfriando agua para enviar aire a través de tuberías de acero o PVC

de Aire Acondicionado, refrigeración y ventilación (ACAIRE), que inicio en el 2019 (ESEficiencia.es, marzo 2022). Consiste en promover la eficiencia energética, sostenibilidad urbana y la mitigación de los impactos ambientales.

Teniendo en cuenta los últimos avances energéticos en Colombia, es evidente que, *"el uso eficiente de la energía es una oportunidad para mejorar la calidad de vida de las personas, reducir la dependencia de los combustibles fósiles y mitigar los efectos del cambio climático. En Colombia, el potencial de ahorro de energía es significativo, especialmente en sectores como la construcción, la industria y el transporte"* (Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2019). Dado el ahorro que representa un distrito térmico en un edificio o en zonas específicas, es importante continuar con la implementación de estos sistemas en las diferentes ciudades del País, sin embargo, se requiere hacer estudios respecto a la necesidad y viabilidad de implementación de los distritos en ciertas partes de Colombia, además de evaluar la fuente que se requiera para su buen de funcionamiento.

### *C. REGULACIÓN ENERGÉTICA Y DISTRITOS TÉRMICOS EN COLOMBIA.*

En Colombia, la regulación energética relacionada con los distritos térmicos se encuentra principalmente en la Resolución 181479 de 2010 del Ministerio de Minas y Energía, la cual establece los requisitos técnicos y financieros para la implementación de sistemas de calefacción y refrigeración centralizados en Colombia.

Los lineamientos de política pública para implementar un mecanismo de contratación de largo plazo para energías renovables, se encuentra actualmente regulada por el decreto 570 de 2018, que define el alcance de fortalecer la resiliencias en la matriz de generación para disminuir los riesgos que se puedan presentar debido a la disminución del recurso hidráulico, promover la competencia en cuanto a los precios de eficiencia, mitigar los efectos del cambio climático mediante el aprovechamiento potencial y la complementariedad de los recursos renovables y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Lo anterior, encaminado al inicio de las subastas para energías renovables, buscando definir la fórmula para el traspaso del precio de este mecanismo de contratación de largo plazo a la tarifa de usuario final y que se espera contar con una normativa ajustada a la entrada eficiente de las energías renovables. (La fotovoltaica en Colombia, atainsights, 2018) Es decir, que el país ha ido evolucionando en la implementación de contratación del servicio con energías renovables.

### *D. REGULACIÓN DE CONTRATO DE SUMINISTRO DEL SERVICIO DE ENERGÍA TÉRMICA EN LOS MODELOS PÚBLICOS DE LA ESP EN COLOMBIA.*

Las Empresas de Servicios Públicos (ESP) en Colombia están reguladas por diferentes Entidades gubernamentales,

dependiendo del tipo de servicio que prestan. En el caso de los distritos térmicos, estos sistemas son gestionados por empresas que suministran servicios de calefacción y refrigeración centralizados, y pueden estar sujetos a regulación por parte de entidades como la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.

De acuerdo con la Ley 142 de 1994, se estableció el régimen de los servicios públicos domiciliarios en Colombia como acueducto, alcantarillado, energía eléctrica, gas combustible, telefonía, aseo, y otros servicios que presten las empresas de servicios públicos domiciliarios. Entre los ámbitos de aplicación de la Ley 142, también se incluyeron los principios y procedimientos para la regulación tarifaria, buscando un equilibrio entre la sostenibilidad económica y la accesibilidad para los usuarios. Evidentemente, la inspección, vigilancia y la eficiencia de la prestación de servicios públicos, se consideran principios característicos de la Ley 142 de 1994.

Con respecto a la tarifa del servicio público de energía y gas combustible, esta es definida por la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), conforme a lo establecido en el Título VI - Régimen Tarifario de las Empresas de Servicios Públicos, de la Ley 142 de 1994, y el artículo 23 de la Ley 143 de 1994. Sin embargo, el servicio ofrecido por un sistema de distrito térmico, el cual proporciona calefacción o refrigeración centralizada a través de una red de distribución, no está explícitamente mencionado en la Ley 142. Es decir, que la prestación del servicio de energía térmica de los distritos aún no es regulado a través de las Empresas de Servicios Públicos (ESP) en el país, por ahora, este servicio es privado y se está trabajando en la regulación de este a nivel nacional. Por lo anterior, la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) tiene un papel importante en la definición de los marcos regulatorios y las condiciones bajo las cuales se presta este servicio.

### *E. TARIFAS DE CONSUMO ENERGÍA TRADICIONAL*

Los precios de la energía han sido uno de los principales catalizadores para la inflación en el último año y medio, pues se han evidenciado incrementos de las tarifas en algunas ciudades, principalmente en la región Caribe, ya que según el Departamento Nacional de Estadística (DANE), la variación anual de la inflación en el servicio de energía en 2022 fue de 22,4%. A continuación, se presenta el alza en las tarifas de energía del año 2022:



Ilustración 4 Variación anual de IPC de electricidad según dominio geográfico diciembre 2022.

Fuente: Dane y superservicios

Según los informes proporcionados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), en la anterior ilustración se observa que, la ciudad de Sincelejo tuvo una variación de 37,1%, Montería un 37%, Valledupar 36%, Cartagena fue de 35,8%, en Riohacha 33,9%, Barranquilla 32% y Santa Marta con 26,9%.

Por otro lado, al comienzo de cada nuevo año es normal que en Colombia “las tarifas de los servicios públicos se modifiquen respecto al Índice de Precios al Consumidor (IPC). Este, es el encargado de medir la inflación que vive actualmente Colombia y sirve como punto de referencia para el aumento de los precios para el nuevo año.” (Arenales, 2023). De tal forma que, el incremento mensual del IPC a noviembre de 2023 según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) fue de 0,47%.

Es evidente que existe una reducción en el impacto ambiental debido a las tecnologías aplicadas a la implementación de los distritos térmicos. Para ello, el DT debe ser diseñado de forma sostenible y eficiente, con un factor de emisiones bajo y por supuesto con materiales de construcción amigables.

#### F. EMISIONES DE CO<sub>2</sub>

El cálculo de la huella de CO<sub>2</sub> se obtiene identificando la fuente emisora de energía que se está consumiendo. Una vez evidenciada la fuente de energía, se multiplica el valor del consumo de energía eléctrica consumida (Expresado en Megawatts por hora (MWh), por el valor del factor de emisión de CO<sub>2</sub> de consumo de electricidad (Expresado en toneladas de CO<sub>2</sub> por Megawatts por hora). El factor de emisión es un indicador clave para la mitigación del cambio climático, que permite evaluar la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a la producción de electricidad en una red eléctrica con recursos renovables (Ministerio de Minería y Energía, 2022).

Por otro lado, el 5 de agosto de 2022 la Unidad de Planeación Minero Energética – UPME, emitió la Resolución No. 320 de 2022, por medio del cual, se actualizaba el factor

de emisión FE del Sistema Interconectado Nacional del año 2021 para inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y proyectos de mitigación de GEI atribuible al suministro eléctrico, así:

“B. Factor de emisión para inventarios de GEI:  
0.126 tonCO<sub>2</sub>eq/MWh”

La implementación de distritos térmicos emerge como una estrategia eficaz para la disminución de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) al transformar la manera en que se produce y distribuye la energía térmica. La centralización de la producción, la eficiencia energética mejorada y la integración de fuentes de energía renovable y baja en carbono son elementos clave que contribuyen a la reducción significativa de emisiones de CO<sub>2</sub>, demostrando que para uso comercial y público la reducción de emisiones de dióxido de carbono es de 99,88% al año, mientras que para uso residencial cuenta con una disminución de emisión de CO<sub>2</sub> de 99,88% al año. Al abordar eficazmente estos aspectos, los distritos térmicos no solo optimizan la utilización de recursos, sino que también juegan un papel esencial en la transición hacia sistemas urbanos más sostenibles y resilientes, cada vez más cerca de obtener una huella de carbono reducida y una mitigación efectiva del cambio climático a nivel local y global.

En resumen, la implementación exitosa de distritos térmicos no solo se traduce en disminuciones tangibles de emisiones de CO<sub>2</sub>, sino que también representa un modelo ejemplar para la gestión inteligente de la energía en entornos urbanos. Al consolidar la producción de energía térmica, diversificar las fuentes de energía y promover la eficiencia energética, estos sistemas contribuyen de manera significativa a la reducción de la huella de carbono urbana.

#### IV. CONCLUSIÓN

De acuerdo con las cifras resultado de la investigación se evidenció que los DT son instalaciones más sostenibles en comparación a los sistemas convencionales de aire acondicionado o calentadores, los cuales funcionan de manera individual con tecnologías obsoletas y contaminantes. Los DT que actualmente operan en el país y que fueron mencionados en el presente trabajo de grado demuestran el potencial de la energía térmica como una alternativa sostenible y eficiente para la generación de calor y frío en diferentes aplicaciones. Estos sistemas térmicos eficientes pueden tener beneficios sociales como la creación de empleo local, el fortalecimiento de la economía local y la mejora de la calidad de vida de las personas a través de una mayor comodidad térmica.

Teniendo en cuenta, que en Colombia el aire acondicionado se convirtió en una necesidad de las industrias, sector público, privado y residencial, se requiere un análisis cuidadoso del requerimiento térmico en función de las condiciones climáticas, y de la respuesta mediante sistemas de capacidad variable con una adecuada respuesta a cargas parciales. Además, de acuerdo con el uso de la edificación, ya sea para oficinas, laboratorios, residencial entre otras, se debe tener en

cuenta un requerimiento distinto para cada uno, por lo tanto, es conveniente manejar sistemas secundarios y sistemas con deltas de temperatura diferentes o con temperaturas de entrega diversas. A pesar de que exista una conexión a una red de DT de pequeños generadores distribuidos y los auto generadores tanto a pequeña como a gran escala, la Comisión de Regulación de Energía y Gas ha establecido reglas generales de comportamiento de mercado para agentes que desarrollen las actividades de servicios de energía eléctrica y gas combustible, regidas por la CREG 015 de 2018. Sin embargo, los distritos térmicos prestan un servicio que aún no es regulado como suministro público de energía térmica controlado por alguna ESP en Colombia, hasta ahora los DT prestan un servicio privado, que gracias a los sensores de temperatura y presión que tiene el sistema del distrito térmico es que se realiza el cobro de facturación respectivo.

Además, la eficiencia de un distrito térmico requiere de datos de medición de potencia y energía. El fin de estas herramientas es optimizar procesos, automatizar y gestionar. Sin embargo, el equilibrio térmico determinará la aplicación y solución específica para cada proyecto.

Los hallazgos de este estudio indican que, se debe llevar a cabo una planificación y construcción de la infraestructura del distrito, debidamente coordinada en la etapa de diseño y el desarrollo de los edificios, con el objeto de asegurar una integración efectiva. Además, la relación entre el área de la construcción y los distritos térmicos es significativa, ya que la eficiencia energética y el diseño sostenible en la construcción pueden tener un impacto directo en el rendimiento y la operación de los distritos térmicos.

## V. RECOMENDACIONES

Es necesario que la Liga Nacional de Usuarios de los Servicios Públicos Domiciliarios en Colombia (USPD), continúe trabajando en pro de un obtener un decreto a favor de la reducción de las tarifas de energía pública en el país, en especial es las zonas costeras donde el consumo de la energía eléctrica es un recurso utilizado para garantizar el confort térmico de los usuarios dentro construcciones localizadas en ciudades donde se superan los 30 grados Celsius.

## REFERENCIAS

(Política Nacional De Cambio Climático - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017 – Colombia

(Plan Energético Nacional 2020-2050): Ministerio de Minas y Energía, Unidad de Planeación Minero-Energética

CONPES 3919 de marzo 23 de 2018 - Política Nacional De Edificaciones Sostenibles

CONPES 3918 de marzo 15 de 2018 - Estrategia para la implementación de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) en Colombia

(Salud, bienestar y productividad en oficinas, World Green Building Council)

(Ojea, L. (6 de agosto del 2018). 'El uso del aire acondicionado triplicará la demanda mundial de electricidad para 2050 ', según la AIE. El periódico de la energía, pp. 1)

(Paredes, B.(2021). 'Analysis of District Heating and Cooling Energy Systems in Spain: Resources, Technology and Management.' MDPI - Publisher of Open Access Journals, volumen (13), pp. 1-3.)

(Cosme Casulo, J (2018). 'Los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la academia.' Scielo. Vol 22, 3-4.)

(Posso, F(2014)). The economic impact of renewable energies)

(Distritos térmicos: Guía metodológica / Unidad Técnica de Ozono, Ed.: Mariaca Orozco, Hilda Cristina. Bogotá, D. C.: Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019)

(Buffa, S. (5 de enero 2021) 'Advanced Control and Fault Detection Strategies for District Heating and Cooling Systems', pp- 22)

EcoDistricts - <https://ecodistricts.org/>  
(Arias, J y otros, (2021) 'Simulating the effect of sustainable buildings and energy efficiency standards on electricity consumption in four cities in Colombia: A system dynamics approach', pp. 4-10)

(Ertugrul, O.F., Kaya, Y., (2016). 'Smart City Planning by Estimating Energy Efficiency of Buildings by Extreme Learning Machine'. 4th International Istanbul Smart Grid Congress and Fair (ICSG), pp. 1-5.)

(Nakano, S, Washizu A, (2021) Will smart cities enhance the social capital of residents? The importance of smart neighborhood management, pp 1.3)

(Amarinm, R y otros, (2016). Efficient Energy Solutions Enabling Smart City Deployment '. 2016 - Future Technologies Conference 2016, San Francisco, United States)

(Akcin, M, y otros., (2016). Opportunities for Energy Efficiency in Smart Cities'. 4th International Istanbul Smart Grid Congress and Fair (ICSG).

(Antwi-Afari, P., Owusu-Manu, Thomas, D, (2021). Modeling the smartness or smart development levels of developing countries' cities, pp. 10)

(Galvao, J., Moreira, L., Ascenso, R., Leitao, S., (2015). 'Energy Systems Models for Efficiency Towards Smart Cities ', International Conference on Computer as a Tool (EUROCON), Salamanca, pp. 2-3.)

(Battista, G., Evangelisti, L., Guattari, C., Basilicata, C., Vollaro, R.L., (2014). 'Buildings Energy Efficiency: Interventions Analysis under a Smart Cities Approach.)

Arboleda, D., Yepes, A., Díaz, D., & Guzmán, A. (2017). Distrito térmico de la Universidad Nacional de Colombia: modelo conceptual y matemático. Revista de Investigaciones Universidad Nacional de Colombia, 36(2),

Yepes, A., Arboleda, D. y Guzmán, A. (2017). Evaluación del impacto económico de la integración de energías renovables en el distrito térmico de la Universidad Nacional de Colombia. Revista de Investigaciones Universidad Nacional de Colombia,

Yepes, A., Arboleda, D. y Guzmán, A. (2016). Análisis energético y exergético de un sistema de calefacción de distrito universitario. Energía y Edificación,

Yepes, A., Arboleda, D. y Guzmán, A. (2015). Optimización de la operación de un sistema de calefacción urbana con generación distribuida. Dyna,

Yepes, A. y Guzmán, A. (2014). Desarrollo de un sistema de calefacción urbana con generación distribuida en la Universidad Nacional de Colombia. Ingeniería e Investigación.

Noriega-Sánchez, C. J. (2021). Recurso eólico en Colombia. Revista Ingenio, 3(1), 44-51.

M. Detommaso , A. Gagliano , L. Marletta , F. Nocera Estrategias sostenibles de enverdecimiento urbano y refrigeración para el confort térmico a nivel de peatones

Enrique C, Alfaro Cruz M, Luévano Hipólito E. y Torres-Martínez L (203).  
Importancia de los edificios inteligentes para el medio ambiente

TRACTEBEL. (2018). Estudio de viabilidad técnica comercial y financiera  
para un distrito térmico en Cali. Chile.  
[https://www.districtoenergetico.com/wpcontent/uploads/2020/10/P009956-2-GP-INF-00009\\_P2\\_EstudioT%C3%A9cnico-Financiero-Cali.pdf](https://www.districtoenergetico.com/wpcontent/uploads/2020/10/P009956-2-GP-INF-00009_P2_EstudioT%C3%A9cnico-Financiero-Cali.pdf)

UPME (Unidad de planeación mineroenergética). (2021). Proyección  
demanda energía  
eléctrica y gas natural 2021 - 2035. [En Línea]  
Colombia [https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/UPME\\_Proyeccion\\_Demanda\\_Energia\\_Junio\\_2021.pdf](https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/UPME_Proyeccion_Demanda_Energia_Junio_2021.pdf)

UPME (Unidad de planeación mineroenergética). (2015). Integración de las  
energías  
renovables no convencionales en Colombia.

ONU(Organización de las naciones unidas). (2016). Objetivos de desarrollo  
Sostenible.  
[https://unstats.un.org/sdgs/report/2016/the%20sustainable%20development%20goals%20report%202016\\_spanish.pdf](https://unstats.un.org/sdgs/report/2016/the%20sustainable%20development%20goals%20report%202016_spanish.pdf)

A. Singh, R. Das, Improved exergy evaluation of ammonia-water absorption  
refrigeration system using inverse method, J. Energy Resour. Technol., Trans.  
ASME 143 (4) (2021) pp, <https://doi.org/10.1115/1.4048246>.

A.S. Alsagri, A.A. Alrobaian, Optimization of combined heat and power  
systems by meta-heuristic algorithms: an overview, Energies 15 (16) (2022)  
pp

G. Singh, R. Das, Comparative assessment of different air-conditioning  
systems for nearly/net zero-energy buildings, Int. J. Energy Res. 44 (5) (2020)  
pp

A. Singh, R. Das, Study on series integrated power-absorption  
refrigeration system with adjustable concentration and source/sink pressure,  
2023.

S. Hu, D. Yan, E. Azar, F. Guo, A systematic review of occupant behavior in  
building energy policy, Building and Environment 175 (2020)