

**CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA Y PLANTEAMIENTO DE
OPORTUNIDADES DE MEJORA EN EL DESEMPEÑO ENERGÉTICO DEL
EDIFICIO ADMINISTRATIVO DE LA GOBERNACIÓN DE SANTANDER.**

**HERMES EFRAÍN DURÁN HERNÁNDEZ
DEYSY YURLIANA PINEDA ROA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
INGENIERÍA EN ENERGÍA
BUCARAMANGA, SANTANDER, COLOMBIA
2022**

**CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA Y PLANTEAMIENTO DE
OPORTUNIDADES DE MEJORA EN EL DESEMPEÑO ENERGÉTICO DEL
EDIFICIO ADMINISTRATIVO DE LA GOBERNACIÓN DE SANTANDER.**

**HERMES EFRAÍN DURÁN HERNÁNDEZ
DEYSY YURLIANA PINEDA ROA**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
INGENIERO(A) EN ENERGÍA**

**DIRECTOR DE PROYECTO
Mario Jonatan Acero Caballero**

**CODIRECTOR DE PROYECTO
Cesar Giovanni Acevedo Arenas**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
INGENIERÍA EN ENERGÍA
BUCARAMANGA SANTANDER COLOMBIA
2022**

AGRADECIMIENTOS

Mi participación en el desarrollo de este proyecto ha servido enormemente para mi enriquecimiento personal y profesional, permitiéndome tener comprensión y uso de los amplios conocimientos adquiridos durante el proceso de formación como futuro ingeniero.

Agradezco de manera grata a todas las personas que han apoyado activamente el desarrollo de este proyecto y que en su momento aportaron su conocimiento al mismo. Inmensas gracias a nuestro director Mario Acero y codirector Cesar Acevedo por la guía brindada, por el conocimiento aportado y enseñado en estos años de carrera. A mi compañera de proyecto Deysy Pineda, por el apoyo incondicional, el conocimiento y el tiempo aportado. De igual manera agradecimientos al técnico de planta Marvin Torres, el doctor Sebastián Mendoza y el ingeniero Gustavo Páez por su arduo apoyo al desarrollo de este proyecto, así como a todos los profesores que aportaron a mi proceso formativo. Finalmente, y no menos importante, agradecer a Dios, a toda mi familia y a mi compañera de vida por todo el apoyo brindado para la culminación de mis proyectos.

Hermes E. Durán Hdez.

Principalmente agradezco a mi familia por su apoyo incondicional pues sé que sin ellos no estaría donde me encuentro actualmente. A mi compañero de trabajo, Hermes Duran, por su activismo y compromiso, que sin él no se hubiera logrado este proyecto. A nuestros profesores, quienes son han compartido su conocimiento y experiencia. En especial a nuestro director Mario Acero y codirector Cesar Acevedo, les agradecemos por compartir su conocimiento y por la tolerancia. Al Doctor Sebastián Mendoza un agradecimiento especial por su guía y tiempo brindados. Finalmente, agradecemos a Marvin Torres por siempre estar disponible y ofrecernos su ayuda.

Deysy Pineda Roa.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
JUSTIFICACIÓN	4
1. ALCANCES, LIMITACIONES Y DELIMITACIONES	5
1.1. ALCANCES.....	5
1.2. LIMITACIONES.....	5
1.3. DELIMITACIONES.....	5
2. MARCO DE REFERENCIA.....	6
2.1. MARCO TEÓRICO	6
2.2. MARCO CONCEPTUAL.....	7
2.3. MARCO LEGAL	8
2.4. MARCO ORGANIZACIONAL	9
2.4.1. Gobernación de Santander.....	9
2.4.2. Contraloría general de Santander.....	10
2.4.3. Asamblea Departamental de Santander.....	10
2.4.4. Organigrama	10
3. ANTECEDENTES.....	11
4. OBJETIVOS	12
4.1. OBJETIVO GENERAL.....	12
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
5. METODOLOGÍA	13
6. LEVANTAMIENTO DE CARGAS	14
6.1. Mediciones en categoría 1 – Equipos ofimáticos	14
6.2. Mediciones en categoría 2 – Iluminación	15
6.3. Mediciones en categoría 3 – Impresoras y escáneres	16
6.4. Mediciones en categoría 4 – Otros	16
6.5. Mediciones en categoría 5 – Ascensores	17
6.6. Mediciones en categoría 6 – Sistema de bombeo.....	18
6.7. Mediciones en categoría 7 – Aires acondicionados.....	19
6.8. Evidencia fotográfica.....	21
6.8.1. Aires acondicionados	21
6.8.2. Subestación interior	22

7.	TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	23
7.1.	CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	23
7.2.	CONSUMOS HISTÓRICOS DE LA ENERGÍA	23
7.3.	CURVAS TELEMEDIDAS.....	24
7.4.	CÁLCULO DE COSTOS E INDICADORES DE CONSUMOS.....	26
7.5.	CONSUMOS TOTALES Y ERROR ASOCIADO.....	36
7.6.	ESTIMACIÓN DE CONSUMO DE APARATOS Y SISTEMAS NO CONSIDERADOS EN CATEGORIAS.....	37
8.	CARACTERIZACIÓN DEL CONSUMO ENERGETICO	38
8.1.	CONSUMO EN LA TOTALIDAD DEL EDIFICIO.....	38
8.2.	CONSUMO DIFERENCIADO EN ÁREAS.....	38
8.3.	CONSUMO DIFERENCIADO POR ENTIDADES Y SECRETARIAS ASOCIADAS.....	40
9.	OPORTUNIDADES DE MEJORA CON MÍNIMA O NULA INVERSIÓN	42
9.1.	CAPACITACIÓN DE FUNCIONARIOS Y PERSONAL DEL EDIFICIO	42
9.2.	CAMBIO DE EQUIPOS DE COMPUTO.....	43
9.3.	MERCADO DE ENERGÍA.....	44
9.3.1.	Cambio de usuario ante la ESSA.....	45
9.3.2.	Cambio de comercializador en cuenta 488120.....	47
10.	OPORTUNIDADES DE MEJORA CON INVERSIÓN MEDIA O ALTA	50
10.1.	SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO.....	50
10.2.	SISTEMA DE ILUMINACIÓN PARA INTERIORES	57
10.3.	MODERNIZACIÓN DE SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE.....	60
11.	OPORTUNIDADES DE MEJORA CUALITATIVAS – COMPENSACIÓN DE REACTIVA.....	62
	CONCLUSIONES	65
	RECOMENDACIONES	67
	REFERENCIAS	68
	ANEXO 1. ORGANIGRAMA.....	74
	ANEXO 2. FORMATOS DE INVENTARIADO	76
	ANEXO 3. EQUIPOS DE MEDICIÓN.....	78
	ANEXO 4. SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA A LA EDIFICACIÓN Y SUBESTACIONES.....	80
	ANEXO 5. CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS	83
	ANEXO 6. PLANOS DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO DE LA GOBERNACIÓN.....	91
	ANEXO 7. RESULTADO DE INVENTARIADO	100

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de Pareto	6
Figura 2. Conexión para sistema trifásico	7
Figura 3. Metodología para el desarrollo del proyecto	13
Figura 4. Disposición de equipos de medición por categorías de análisis	14
Figura 5. Conexión de medición de ascensores	17
Figura 6. Tanques plásticos + Tanque aéreo	18
Figura 7. Medición de consumo de energía de UMA	19
Figura 8. Ubicación de UC.....	21
Figura 9. Consumo de energía por cuenta.....	23
Figura 10. Comportamiento de la energía consumida por cuenta.....	23
Figura 11. Comparativa del consumo de energía de la edificación.	24
Figura 12. Comportamiento de consumo de la cuenta ESANT ESPC-NR-05	25
Figura 13. Comportamiento del consumo en dos días diferentes de las tres cuentas.....	25
Figura 14. Consumo de agua - mes.....	30
Figura 15. Comportamiento de aire acondicionado con y sin tecnología Inverter	31
Figura 16. Diagrama de Pareto por categoría	38
Figura 17. Consumo diferenciado por áreas	39
Figura 18. Participación en el consumo de energía por entidad.	40
Figura 19. Diagrama de Pareto por secretaría o entidad	41
Figura 20. Curvas teled medidas de las cuentas del edificio de los fines de semana.....	42
Figura 21. Costos totales de energía facturada antes y después de aplicación de escenario CAMBIO DE USUARIO ESSA.....	47
Figura 22. Costos de energía en cuenta 488120 facturada antes y después de aplicación de escenario CAMBIO DE USUARIO ESSA.....	47
Figura 23. Costo unitario de energía por comercializador en el mercado regulado.....	48
Figura 24. Imagen área de las instalaciones.	50
Figura 25. Generación FV.....	51
Figura 26. Generación FV vs. Curva característica de consumo de potencia activa en fin de semana.	53
Figura 27. Generación FV vs. Curva característica de consumo de potencia activa en fin de semana.	53
Figura 28. Generación FV vs. Curva característica de consumo de potencia activa diaria (entre semana).	53
Figura 29. Energía suplida por la red después de aplicación de caso (entre semana).	54
Figura 30. Porcentaje de ocupación del transformador asociado a la frontera comercial con y sin sistema FV.....	55
Figura 31. Longitudes para cálculo de luminarias	58
Figura 32. Niveles de iluminación según RETILAP para oficinas	58
Figura 33. Coeficiente de Utilización de tubo LED 18W de 120cm	59
Figura 34. Sistema de aire VRF.....	60
Figura 35. TOTAL ACTIVA y TOTAL REACTIVA vs MES AÑO para cuenta ESSA 488120. ..	62
Figura 36. Pinza amperimétrica ACD-45PQ.....	78
Figura 37. Power meter UNI-T UT230B-US	78
<i>Figura 38. Ocupación del transformador marca SIEMENS 150kVA.</i>	<i>81</i>
<i>Figura 39. Ocupación del transformador marca GAMS 200kVA.</i>	<i>81</i>
<i>Figura 40. Consumo de activa y reactiva vs mes</i>	<i>82</i>

Figura 41. Edificio administrativo de la gobernación de Santander 83

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Selección de equipos ofimáticos.	15
Tabla 2. Inventario de iluminación	16
Tabla 3. Inventariado de impresoras	16
Tabla 4. Inventario de categoría otros.....	17
Tabla 5. Inventario de aires acondicionados	20
Tabla 6. Medición de A.A.....	20
Tabla 7. Costos de energía facturada, febrero y marzo del 2021.....	26
Tabla 8. Consumo mensual por secretaría y categoría.....	27
Tabla 9. Consumo de zonas comunes	27
Tabla 10. Carga térmica de cada UC	35
Tabla 11. Relación de categorías, consumos, costos y error de estimación.	36
Tabla 12. Relación de consumos por zonas de consumo	39
Tabla 13. Aires acondicionados encendidos las 24 horas	42
Tabla 14. Aires acondicionados encendidos las 24 horas	43
Tabla 15. Ahorro por cambio de computadores	44
Tabla 16. Escenario de cambio de usuario para marzo de 2021	46
Tabla 17. Escenario de cambio de usuario para febrero de 2021	46
Tabla 18. Costos de energía para cambio de comercializador escenario 10.2.2.....	49
Tabla 19. Comparativa de consumo entre comercializadores.	49
Tabla 20. Reducción en el consumo de energía con aplicación de caso de estudio a cuenta NMRC-NR-04.....	52
Tabla 21. Reducción en el consumo de energía con aplicación de caso de estudio a cuenta NMRC-NR-05.....	52
Tabla 22. Reducción en el consumo de energía con aplicación de caso de estudio a cuenta ESSA 488120.....	52
Tabla 23. Reducción en los costes de energía con implementación de escenario solar fotovoltaico.....	56
Tabla 24. Costos de inversión sistema solar fotovoltaico.	57
Tabla 25. Retorno de la inversión sistema solar fotovoltaico.....	57
Tabla 26. Ahorro por cambio del sistema de iluminación.....	60
Tabla 27. Costo de inversión para modernización de A.A.....	61
Tabla 28. Retorno de la inversión de modernización de A.A.....	61

RESUMEN

El presente trabajo se hizo con el fin de estimar el consumo de energía eléctrica debido al funcionamiento en las instalaciones de la sede administrativa de la Gobernación de Santander, con la finalidad de determinar los usos significativos de la energía (USEn) y establecer oportunidades de mejora que den como resultado la reducción de los consumos de energía eléctrica.

Se planteó una metodología que componen 4 etapas que permitieron reconocer los focos de consumo, pero primeramente se realizó un reconocimiento de las instalaciones en donde se identificaron todos los elementos de consumo de electricidad para poder iniciar la primera fase, que consistía en inventariarlos en las zonas donde dichos se encontrarán, que mayoritariamente son oficinas. Posteriormente, se realizó las mediciones y tabulación de los mismos para identificar consumos. Después de la recolección, la metodología plantea una etapa de medición de consumos de energía con el fin de determinar indicadores de consumo para cada aparato relacionado en el proceso de inventariado y así mismo, en este apartado se realiza una corrección en los indicadores estimados por medio de mediciones de consumo a oficinas y realizando una posterior comparación con la finalidad de que la estimación sea lo más apegada posible a los consumos reales. Finalmente, y por medio de Curvas de Pareto se identificaron los usos significativos de la energía, para así plantear propuestas o escenarios que permitan una disminución en el consumo energético.

Mediante el estudio realizado se determinó que la categoría de análisis “aires acondicionados” son los sistemas que aportan mayoritariamente al consumo de energía con un porcentaje de participación en el consumo total del 65,78%. Así mismo otras categorías como computadores e iluminación también resultan significativas y son tomados en cuenta para el planteamiento de escenarios de mejora.

Palabras clave:

Eficiencia energética, entidades públicas, usos significativos de la energía, categoría de análisis.

ABSTRACT

This work was carried out with the purpose of estimating the consumption of electric energy due to the operation of the facilities of the administrative headquarters of the Governor's Office of Santander, in order to determine the significant uses of energy (USEn) and establish opportunities for improvement that will result in the reduction of electric energy consumption.

A methodology consisting of 4 stages was proposed to recognize the consumption sources, but first the facilities were surveyed to identify all the elements of energy consumption in order to start the first phase, which consisted of making an inventory in the areas where they are located, which are mainly offices.

Subsequently, measurements and tabulation were made to identify consumption. After the collection, the methodology proposes a stage of measurement of energy consumption in order to determine consumption indicators for each device related to the inventory process and likewise, in this section a correction is made in the estimated indicators through consumption measurements to offices and making a subsequent comparison in order that the estimate is as close as possible to actual consumption. Finally, and by means of Pareto Curves, the significant uses of energy were identified, in order to propose proposals or scenarios that allow a decrease in energy consumption.

The study determined that the analysis category "air conditioners" is the system that contributes most to energy consumption, with a share of 65.78% of total consumption. Other categories such as computers and lighting are also significant and are taken into account for the improvement scenarios.

Key words:

Energy efficiency, public entities, significant energy uses, analysis category.

INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica, más que un servicio, se ha convertido en una necesidad primordial para el ser humano dentro de sus actividades diarias. Su consumo se traduce en trabajo, comodidad y calidad de vida. Su uso como tal no deja residuos como un derrame o suciedad, lo cual la hace ideal para cualquier aplicación; sin embargo, esa falta de evidencias o residuos puede ocasionar que esta energía se use más de lo necesario, al no tenerse conciencia de los impactos que esto conlleva. El uso no racional de la energía eléctrica trae consigo un grave impacto ambiental, por esto, es un problema que nos involucra a todos. La decisión de la realización de una revisión energética es importante ya que, en el entorno actual, el uso eficiente de recursos se vuelve relevante en la sustentabilidad de las organizaciones.

En el presente documento se realiza un diagnóstico de la situación actual del Palacio Amarillo de la Gobernación de Santander, el cual se direccionó a un manejo eficiente de la energía. Sobre todo, al tener en cuenta que la edificación tiene una demanda considerable y, por tanto, un costo de energía eléctrica elevado.

El palacio Amarillo, sede administrativa de la Gobernación de Santander, es una edificación emblemática para el departamento de Santander, culminada su construcción en el año de 1941 durante el gobierno de Benjamín García Cadena [14]. La estructura inicial del edificio constaba de tres pisos y un sótano. Con el transcurso de los años, se han venido implementando obras de ampliación y renovación en la infraestructura de este, agregándose una nueva edificación que da continuidad a la planta antigua y así mismo realizándose la renovación de las instalaciones que conformaban el edificio inicialmente. Sin embargo, a pesar de las obras ya mencionadas, gran parte de las instalaciones eléctricas del plantel no han sido renovadas, escaladas o ampliadas al nivel de expansión de la carga eléctrica instalada.

La variable fundamental planteada para el desarrollo de este proyecto es la disminución en los consumos de energía eléctrica, más específicamente asociado a los costes de energía asumidos en la edificación. Partiendo del estado físico de las instalaciones eléctricas, la identificación y caracterización de las cargas asociadas al consumo y finalmente, la identificación de los usos significativos de la energía (USEn); Esto último permitiendo generar una planeación para la mejora en la eficiencia energética, que se vea reflejada positivamente en la disminución futura de los consumos de energía y la facturación del servicio.

JUSTIFICACIÓN

Dada la expansión en la infraestructura de las instalaciones de la sede administrativa de la Gobernación de Santander, así como el crecimiento de la demanda de energía debido al funcionamiento de las instalaciones y los costos mensuales que esto acarrea, esta entidad pública busca la implementación de propuestas que conlleven a la disminución en los costos de energía producto de su funcionamiento y la prestación de servicios como ente administrativo.

Este proyecto así mismo, se plantea como un primer paso en la introducción de sistemas de gestión energética, mejoras en la infraestructura eléctrica del edificio y la implementación de sistemas de generación con energías renovables para el abastecimiento de cargas en las instalaciones, partiendo de las normativas vigentes para la transición energética y la incentivación del uso eficiente de los recursos energéticos en edificios de uso público.

Acorde a lo anterior se ejecuta este proyecto en aras de orientar por medio de propuestas y escenarios de mejora que conduzcan a la disminución de costos de energía y contribuyan a la disminución del impacto ambiental producto del consumo de energéticos.

1. ALCANCES, LIMITACIONES Y DELIMITACIONES

1.1. ALCANCES

El presente estudio realiza la caracterización energética al edificio Administrativo de la Gobernación de Santander, a fin de identificar y proponer oportunidades de mejora en el desempeño energético, pero este no contempla la ejecución de las mismas.

1.2. LIMITACIONES

Es importante tener en cuenta que el periodo en que se realizó este estudio se presentaron limitaciones producto de la pandemia de COVID-19, lo que implica constantes cambios respecto a la cantidad de funcionarios laborando presencialmente en el edificio.

Otra cuestión relevante que se presentó en el periodo de elaboración del proyecto, fueron los constantes cambios y modernizaciones que se realizaron en las instalaciones del edificio. Por lo anterior, el levantamiento de cargas que se realizó y con el cual se estableció el tratamiento de datos y la estimación de consumo por categorías de análisis corresponde a los meses en que se realizó el proceso de inventariado (de febrero a marzo de 2021). Con esto se hace referencia a cambios y aumentos de la carga eléctrica instalada de las diferentes categorías de análisis en meses más recientes y que no son contempladas en este estudio. Así mismo, el estudio no calcula indicadores de consumo, ni estipula protocolos de medición de ciertos aparatos o sistemas que consuman energía, dada la accesibilidad y vitalidad de los mismos en el funcionamiento u operación dentro de las instalaciones, aclarando que las acciones que se efectúen durante el estudio no pueden interferir con la ejecución de labores por la comunidad en general que labore o haga uso de las instalaciones del edificio administrativo de la Gobernación de Santander.

1.3. DELIMITACIONES

Las limitaciones físicas del estudio se centran en las fronteras espaciales del edificio administrativo de la Gobernación de Santander, ubicado en la dirección Calle 37 # 10-36. Así mismo este estudio ignora las sedes o secretarías de la gobernación de Santander que se ubiquen fuera del edificio anteriormente mencionado. Además, es necesario aclarar que el estudio toma en consideración otras entidades ajenas a la Gobernación de Santander que también funcionan dentro de las instalaciones, sea el caso de la Contraloría General de Santander y la Asamblea de Santander.

El estudio toma en consideración todos los elementos de consumo eléctrico que se identifiquen en el proceso de inventariado. Así mismo, se toman como limitantes los dispositivos de consumo que estén alimentados por cualquiera de los 3 suministros de energía identificados para el Palacio Amarillo.

De los suministros anteriormente mencionados, se establecen 3 fronteras comerciales, de las cuales 2 son suplidas por la empresa ESANT con números de cuenta ESPC-NR-04 y ESPC-NR-05 correspondientemente. La frontera comercial restante es suplida por la empresa ESSA con número de cuenta 488120.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1. MARCO TEÓRICO

- **Tecnología inverter:** Esta tecnología aplica una reducción o aumento a la velocidad del compresor en función de la temperatura necesaria sin tener que conectar o desconectar el compresor, permitiendo así consumir únicamente la energía necesaria. Esta tecnología cuenta con un dispositivo electrónico sensible a los cambios de temperatura, y así, cuando están a punto de alcanzar la temperatura deseada, los equipos disminuyen la potencia para evitar los picos de arranque del compresor; De esta manera se reduce el ruido y el consumo es siempre proporcional. El sistema Inverter hace posible que el compresor trabaje un 30% por encima de su potencia para conseguir más rápido la temperatura deseada y, por otro lado, también puede funcionar hasta un 15% por debajo de su potencia; Esto da como resultado una significativa reducción de ruido y consumo [60]. La temperatura obtenida es mas uniforme en comparación de los sistemas convencionales y la vida útil de aparato también se ve favorecida [55].
- **Ley 80-20 o diagrama de Pareto:** Creado por Vilfredo Pareto y conocido también como distribución ABC, gráfico de Pareto o curva 80-20, esta herramienta nos permite separar los problemas más relevantes de aquellos que no tienen importancia, mediante la aplicación del principio 80-20 o principio de Pareto, que a nivel general dice así: El 20% de las causas genera el 80% de las consecuencias. Es un gráfico que contiene tanto columnas ordenadas en orden descendente como una línea que representa el porcentaje total acumulado. Diversos son los usos que se pueden hacer del diagrama de Pareto. El diagrama de Pareto representa uno de los primeros pasos que deben darse para realizar mejoras. Es una herramienta básica para la selección de prioridades, que identifica del total de las causas, las vitales y triviales. El diagrama de Pareto responde plenamente a estas exigencias: es muy útil para aprender a concentrar los esfuerzos en los aspectos más importantes y rentables del problema analizado, es decir, en los aspectos que ocupan las partes más elevadas del propio diagrama.[2]

Diagrama de Pareto

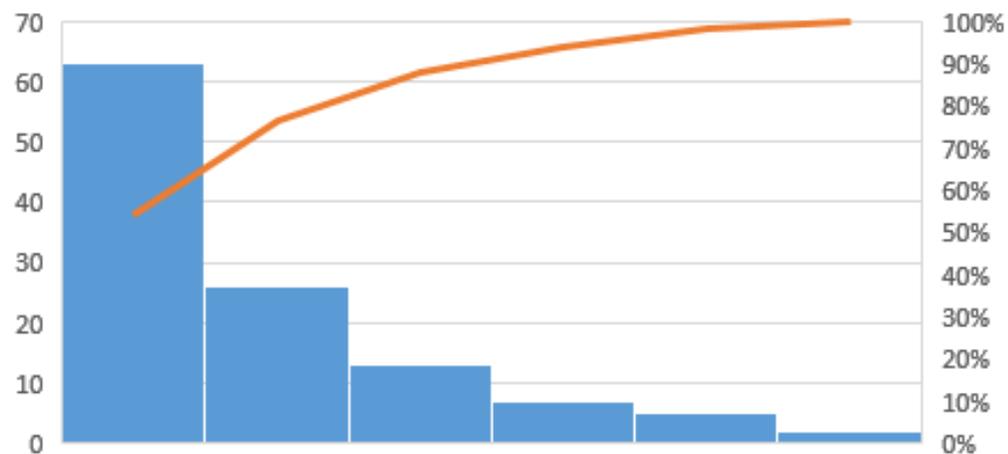


Figura 1. Diagrama de Pareto

- **Teorema de Blondell:** El teorema de Blondell, se aplica a la medida de la potencia que fluye a una red de cualquiera número de conductores y establece los siguientes: Cuando se suministra energía a una red, a través de n conductores, la potencia total del sistema está

dada por la suma algebraica de las lecturas de n vatímetros arreglados de tal manera que cada uno de los n conductores contengan una bobina de corriente y su correspondiente bobina de tensión esté conectada entre el conector y un punto común a todos los circuitos de tensión. [62]

Conexión de pinza amperimétrica en sistema trifásico de tres hilos

Tengamos en cuenta que son sistemas trifásicos de tres hilos no tienen disponibilidad de una línea correspondiente a neutro. Para realizar la conexión, no importa si la carga está conectada en estrella o en triángulo. En este caso los vatímetros se conectan de modo que se crea un neutro artificial con una de las conexiones del circuito de tensión en cada vatímetro como se demuestra en la figura 2. Esta forma de medir la potencia requiere que los tres vatímetros sean exactamente iguales en sus características, sobre todo en la resistencia interna del circuito voltimétrico. Cada vatímetro dará la potencia generada en cada fase, siendo válido tanto en un sistema equilibrado como desequilibrado. La potencia total será la suma de la medida por cada vatímetro.

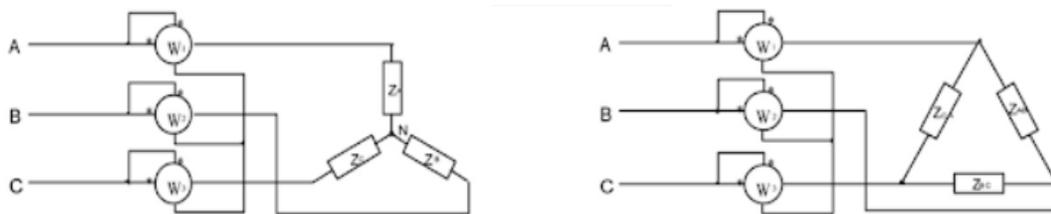


Figura 2. Conexión para sistema trifásico

2.2. MARCO CONCEPTUAL

- **Gestión energética:** La gestión energética persigue lograr un uso más eficiente de la energía sin reducir los niveles de producción, sin mermar la calidad del producto o servicio, ni afectar la seguridad o los estándares ambientales [3].
- **Revisión energética:** La revisión energética es el conjunto de actividades que permiten analizar el desempeño energético de la organización, es decir, los resultados cuantificables relacionados con eficiencia energética, uso de la energía y consumo de la energía. Está orientada a la identificación de usos significativos de la energía y de oportunidades de mejora del desempeño energético y se basa en el análisis de datos energéticos y productivos de la organización, tales como consumos, registros productivos e información de equipos [4].
- **Desempeño energético:** Según la ISO 50001, el concepto de desempeño energético incluye el uso de la energía, la eficiencia energética y el consumo energético, por lo que la organización puede actuar en un amplio rango de actividades de desempeño energético [5].
- **Indicadores de desempeño energético (IDEn): pueden expresarse como una simple medida, un cociente o un modelo más complejo** [3], los cuales son datos fundamentales para la comparación entre procesos y actividades con situaciones similares. Sirven para monitoreo de control, supervisión de cambios en el rendimiento de la energía y reducción de pérdidas energéticas en cualquier proceso productivo, lo que permite, a cualquier organización a través de gestión, establecer planes estratégicos para alcanzar metas a corto, mediano y largo plazo, así como obtener y mantener altos niveles de eficiencia energética [6].
- **Eficiencia energética:** La eficiencia energética es una de las principales áreas de oportunidad para reducir costos, proteger el medio ambiente e incrementar la competitividad de las

empresas [3]. Se establece como una proporción u otra relación cuantitativa entre el resultado en términos de desempeño, de servicios, de bienes o de energía y la entrada de energía [5]. La caracteriza la habilidad de lograr objetivos productivos, manteniendo los requisitos de calidad establecidos por el cliente, con el menor consumo y gasto energético, y la menor contaminación ambiental asociada [3].

La eficiencia energética es un término que no se debe confundir con ahorro de energía. Mientras que el ahorro energético trata de reducir el gasto mediante un menor uso de la energía, la eficiencia energética persigue mantener un bajo consumo de energía al desarrollar las actividades habituales del edificio sin que el confort ni la producción se vean afectadas. De esta forma, no se busca incurrir en cambios en los hábitos de consumo, sino que trata de adaptar medidas y sistemas para lograr una reducción máxima de la energía final consumida; protegiendo también el medio ambiente al eliminar las emisiones de CO₂ [7].

La elevación de la eficiencia energética puede alcanzarse por dos vías fundamentales, no excluyentes entre sí: mediante una mejor gestión energética y buenas prácticas de consumo, de operación y mantenimiento (administración de energía, medidas técnico-organizativas con baja o ninguna inversión) y mediante tecnologías y equipos de alta eficiencia en remodelaciones de instalaciones existentes o en instalaciones nuevas (inversiones) [3].

- **Potencia:** La potencia eléctrica es un parámetro que indica la cantidad de energía eléctrica transferida de una fuente generadora a un elemento consumidor por unidad de tiempo. La unidad comúnmente utilizada es el kilovatio (kW). [8]
- **Carga o potencia instalada:** Corresponde a la suma de las potencias de todos los equipos existentes en una instalación. Toda esta carga podría ser utilizada por la instalación en algún instante. [8]

2.3. MARCO LEGAL

- **RETIE:** El RETIE (Reglamento técnico de instalaciones eléctricas) es un documento técnico-legal para Colombia expedido por el ministerio de Minas y energía. En el podemos encontrar los parámetros más importantes que deben ser tenidos en cuenta al momento de diseñar, construir, mantener y modificar una instalación eléctrica en Colombia de la manera más segura posible. Si bien este RETIE no se trata de una guía de diseño eléctrico, es importante tener en cuenta que este es de “OBLIGATORIO” cumplimiento en este país. [9]
- **RETILAP:** El Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público – RETILAP, establece los requisitos y medidas que deben cumplir los sistemas de iluminación y alumbrado público, garantizando los niveles y calidades de la energía lumínica requerida en la actividad visual, la seguridad en el abastecimiento energético, la protección del consumidor y la preservación del medio ambiente, con el objetivo de prevenir, minimizar o eliminar los riesgos originados en la instalación y el uso de sistemas de iluminación.

De un modo más general, este reglamento establece las reglas que se deben tener en cuenta, en los sistemas de iluminación interior y exterior, en el territorio colombiano, inculcando el uso racional y eficiente de energía (URE) en iluminación. En tal sentido, señala las exigencias y especificaciones mínimas para que las instalaciones de iluminación garanticen la seguridad y confort con base en su buen diseño y desempeño operativo, así como los requisitos de los productos empleados en las mismas.[65]

- **NTC 2050:** La Norma Técnica Colombiana (NTC 2050) está basada en el National Electrical Code (NEC) y su objeto es la salvaguardia de las personas y de los bienes contra los riesgos que pueden surgir por el uso de la electricidad. [10]
- **Ley 697 del 2001:** Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE) Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones. [11]
- **Decreto 3683:** Comisión Intersectorial para el Uso Racional y Eficiente de la Energía y Fuentes No Convencionales de Energía, CIURE. Créase la Comisión Intersectorial para el Uso Racional y Eficiente de la Energía y Fuentes No Convencionales de Energía, CIURE, con el fin de asesorar y apoyar al Ministerio de Minas y Energía en la coordinación de políticas sobre uso racional y eficiente de la energía y demás formas de energía no convencionales en el sistema interconectado nacional y en las zonas no interconectadas. [12]
- **ISO 50001:** es una normativa Internacional, desarrollada por ISO (International Organization for Standardization) en el que se determinan los requisitos para la gestión de la energía en una organización. El objetivo principal de esta Norma es integrar la Gestión de la energía en todos sus aspectos, dentro de una organización con el sistema de Gestión de la Empresa, abarcando desde la compra de energía y materias primas hasta las medidas a adoptar en la empresa para promover el ahorro energético. [13]
- **LEY 2099 DEL 11 DE JULIO DE 2021:** tiene por objeto la modernización de la legislación vigente en materia de transición energética, la promoción de fuentes no convencionales de energía y la reactivación económica del país mediante el fortalecimiento de los servicios públicos de energía eléctrica y gas combustible. [1]
- **LEY 1715 DE 2014:** por medio de la cual se reguló la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional. [1]

2.4. MARCO ORGANIZACIONAL

Como se mencionó con anterioridad, dentro del palacio amarillo de la gobernación de Santander se encuentran 3 diferentes entidades. Están la Gobernación de Santander, la Contraloría general de Santander y la asamblea de Santander.

2.4.1. Gobernación de Santander

La Gobernación de Santander contempla como objetivo primordial mejorar la calidad de vida de los santandereanos fomentando la competitividad, fortaleciendo la ciencia y la tecnología, y recuperando la infraestructura vial, entre otros; vitales para el desarrollo y la proyección del departamento. [14]

Misión

La Gobernación de Santander es un organismo de dirección, planificación y promoción del desarrollo económico, social y ambiental, que cumple funciones de intermediación y coordinación entre el Gobierno Nacional y los municipios de Santander, así como de apoyo, complementariedad y subsidiariedad a la gestión local. [14]

Visión

En el año 2023 Santander será reconocido a nivel nacional e internacional como un departamento seguro y confiable, líder de la región en emprendimiento, competitividad, ciencia, innovación y tecnología posicionándose como un atractivo para la inversión y el turismo, bajo el enfoque participativo, social y de

inclusión. A su vez será un territorio que promueva la preservación y cuidado del medio ambiente. [14]

2.4.2. Contraloría general de Santander

La Contraloría General de Santander fue creada el 25 de julio de 1935 mediante ordenanza No. 27 de la Asamblea Departamental, corporación de la cual era su presidente el abogado Arturo Regueros Peralta. Actuaba como secretario de la Duma el profesional del derecho Manuel Serrano M. quien años más tarde desempeñara el cargo de Contralor.

Según el artículo 2do. de la Ordenanza, la Contraloría “estará a cargo de un funcionario que nombrará la Asamblea para periodos de dos (2) años, con una asignación mensual de Doscientos sesenta pesos (\$ 260.00) y a quien se denominará Contralor del Departamento”. [15]

Misión

Ejercer el control fiscal al patrimonio del Departamento de Santander, buscando la correcta utilización de los recursos públicos o su resarcimiento y la protección del medio ambiente, con la participación ciudadana en procura de contribuir al desarrollo sostenible y al cumplimiento de los fines esenciales del Estado. [15]

Visión

En el 2021, la Contraloría General de Santander será reconocida como un órgano de control y vigilancia líder, moderno y efectivo, comprometido con el control fiscal participativo y oportuno, que contribuya al buen manejo de los recursos públicos, respondiendo a las exigencias plasmadas en la Constitución Política y en la ley y a las necesidades de la sociedad Santandereana. [15]

2.4.3. Asamblea Departamental de Santander

La Asamblea Departamental de Santander es una corporación de carácter administrativo y de elección popular, encargada de realizar en su ámbito territorial, las funciones administrativas, reglamentarias, electorales y de vigilancia y control establecidos en la Constitución política y en las leyes de la república de Colombia. [16]

Misión

Brindar a las comunidades y sectores productivos del Departamento de Santander, el marco jurídico y administrativo que promueva el ejercicio del control político a la administración Departamental e Institutos Descentralizados, el desarrollo sostenible, el emprendimiento y consolidación con los mejores recursos humanos y tecnológicos para posicionar al Departamento en un modelo de desarrollo social económico y político con participación Ciudadana y comunitaria. [16]

Visión

La Asamblea Departamental de Santander como máxima autoridad administrativa para el año 2020 será una corporación líder en el ejercicio del control político, incluyente, integradora y facilitadora de la buena gestión pública entre los Municipios y el Gobierno Departamental, con los más elevados intereses de proteger y salvaguardar los recursos económicos, sociales, ecológicos y tecnológicos para el fortalecimiento y desarrollo de nuestro Departamento. [16]

2.4.4. Organigrama

La estructura organizacional de cada una de las entidades se presenta en el Anexo 1.

3. ANTECEDENTES

Con anterioridad se han venido desarrollando estudios a los sistemas eléctricos y subestaciones que se encuentran en el edificio administrativo de la gobernación de Santander, y los cuales han servido al propósito de este proyecto, ya que ponen en contexto la situación previa de los sistemas que suplen la energía que finalmente se consume. Entre estos estudios, tratan temas de calidad de la energía, estudios de termografía y el estado de los circuitos eléctricos. A continuación, se mencionan algunos de los estudios realizados.

- Estudio realizado por CHAR INGENIERÍA LTDA en diciembre del 2008 con nombre *“REVISIÓN, DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES A LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS, VOZ Y DATOS Y CÁMARAS EN EL EDIFICIO DE LA GOBERNACIÓN DE SANTANDER”*. [20]
- Estudio realizado por electrotelefónico en el año 2014 con nombre *“ANÁLISIS DE CALIDAD DE ENERGÍA DE LOS TRANSFORMADORES DEL EDIFICIO DE LA GOBERNACIÓN DE SANTANDER”*. [21]
- Estudio realizado por (Anónimo) en el año 2017 con nombre *“Informe visita de inspección preliminar sistema eléctrico del edificio de la Gobernación Santander”*. [22]

De los anteriores se concluye que las subestaciones operan con sobre carga durante periodos del día donde la demanda de energía es alta, así mismo se evidencian puntos de alta temperatura en las subestaciones y tableros de distribución. De igual manera, se menciona la antigüedad de los equipos y cableados, la falta de rotulados en tableros y circuitos ramales, así como diagramas unifilares detallados.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar la caracterización energética del edificio Administrativo de la Gobernación de Santander para de establecer oportunidades de mejora con el fin de disminuir costos.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer el levantamiento de carga de las categorías de análisis encontradas en el edificio administrativo de la Gobernación de Santander.
- Determinar metodología y protocolo de mediciones para equipos agrupados en categorías de análisis para determinar indicadores de consumo de energía eléctrica.
- Determinar los usos significativos de la energía (USEn) orientado al consumo energético de las categorías de análisis con la finalidad de identificar focos de consumo energético.
- Identificar oportunidades de mejora en el desempeño energético con base a los usos significativos de la energía

5. METODOLOGÍA

A fin de realizar la revisión o caracterización energética del edificio administrativo de la Gobernación de Santander, se definió un esquema estructural que comprende 4 etapas para dar un orden consecuente al desarrollo del proyecto como se muestra a continuación.

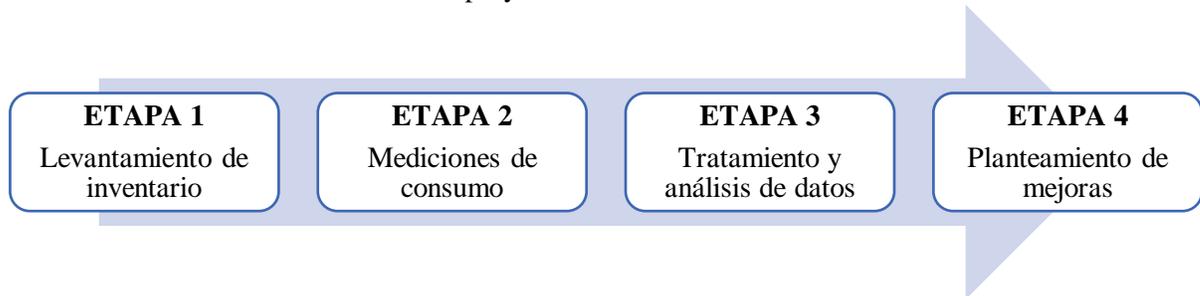


Figura 3. Metodología para el desarrollo del proyecto

Cada una de las etapas anteriormente mencionadas está conformada por distintas actividades

Etapa 1: Recopilación de datos

- Visita técnica a equipos y zonas de interés.
- Identificación de dependencias que operan dentro del edificio y determinación de categorías de análisis.
- Inventariado de equipos por categorías de análisis y determinación de factores de uso asociados a dependencias o entidades. (ANEXO 2).
- Reconocimiento de tipos de conexiones (monofásico, bifásico y trifásico), acometidas y puntos de medición conforme a la distribución dispuesta y por tipo de consumo en categorías de análisis.

Etapa 2: Mediciones de consumo

- Establecimiento de equipos y herramientas correspondientes para la medición de consumos energéticos (ANEXO 3)
- Elaborar plan de mediciones.
- Medición de los equipos escogidos, en puntos establecidos y de interés.

Etapa 3: Tratamiento y análisis de datos

- Tabulación de datos relacionados en el proceso de inventariado para establecimiento de caracterización energética, mediante curvas de Pareto para identificación de los usos significativos de la energía (USEn).
- Estimación del consumo energético de las categorías de análisis.

Etapa 4: Planteamiento de mejoras

- Planteamiento de oportunidades de mejora en el desempeño energético de las categorías de análisis más influyentes según Pareto.

6. LEVANTAMIENTO DE CARGAS

En las primeras visitas efectuadas al Palacio Administrativo de la Gobernación de Santander, se realizó el reconocimiento de las zonas de interés tales como el sistema de bombeo, cuarto de máquinas de ascensores, cuartos de aire acondicionado (UMA), tableros de distribución, entre otros. Además de familiarizarse con el edificio, se reconoció los equipos que presentan consumo de energía para distinguir categorías de análisis y posteriormente elaborar el inventariado de los mismos. Las categorías de análisis fueron dispuestas de acuerdo con la cantidad de equipos encontrados en las instalaciones y la función de estos. Aquellos equipos que presentaban menor cuantía, pero presentan consumos significativos fueron reunidos en una sola categoría. Este proceso de catalogado se respalda según lo descrito en la Guía para la formulación e implementación de Planes de Gestión Eficiente de la Energía en Entidades Públicas [17]. Además, se extiende otra categoría de aparatos o sistemas no medidos y que son estimados con base al valor de error entre los consumos de categorías y el consumo real facturado para los meses en que se realizó el levantamiento de inventario.

Los procesos de medición se realizaron dependiendo del tipo de alimentación que presenta la categoría de análisis, y así determinando que herramienta se necesita quedando como se muestra en la figura 3:

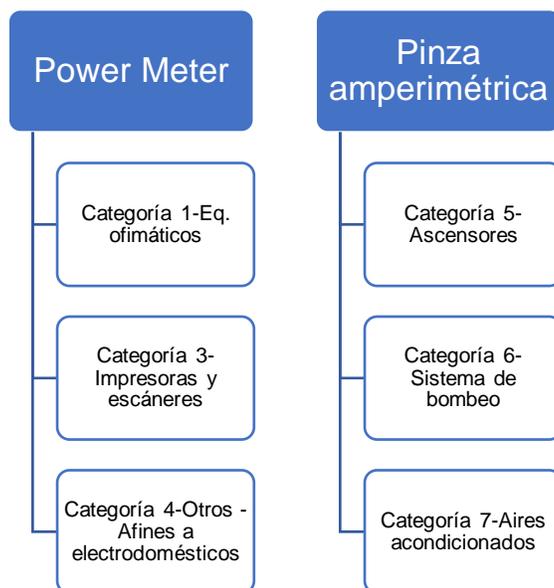


Figura 4. Disposición de equipos de medición por categorías de análisis

Las mediciones con la pinza amperimétrica se hicieron bajo el teorema de Blondell, teorema que dice que la potencia en un circuito de N líneas puede ser medida con N wattímetros de modo que cada uno esté en una línea diferente y tengan un punto común. La medición de consumo de energía en estos elementos se realizará por medio del uso del medidor de energía POWER METER en intervalos de tiempo establecidos para cada categoría. En el ANEXO 3 se detalla sobre estos dos equipos.

6.1. Mediciones en categoría 1 – Equipos ofimáticos

En el proceso de inventariado se identificaron 13 tipos de computadores (ANEXO 7), dentro de los cuales se encuentran computadores de mesa, portátiles y todo en uno. En total se inventariaron 913 computadores. Para el proceso de estimación de consumo se redujeron los 13 tipos encontrados a 5 (tabla 1) por medio de cuantía (los 5 equipos escogidos representan

el 90,18% del total) y posteriormente los demás tipos se asociaron por rangos de potencia nominal.

Como se muestra en la figura 4, los equipos ofimáticos se censaron con la ayuda de un Power Meter, cada medición se realizó sobre la jornada laboral, de 9,5 horas y se censaron 2 computadores de cada tipo para establecer un consumo promedio.

TIPO	MARCA	CONSUMO REAL [kWh]
6	COMPUTADOR PORTATIL	0,0428
5	Computador de mesa Lenovo. V520 5 – 081kl Desktop	0,061904762
8	Computador de mesa HP antiguo. Compaq dc 7900 convertible mini tower	0,098571429
3	Computador de mesa Think Center (LENOVO)	0,0685
4	Lenovo todo en uno	0,0316

Tabla 1 Selección de equipos ofimáticos.

En total, los 913 computadores hacen una carga instalada de 208 kW, donde cerca del 63,96 % (133,0368 kW) son equipos de sobre mesa, 25,85% (53,768 kW) son equipos portátiles y el 10,19% (21,1952 kW) son equipos todo en uno. El consumo asignado a cada tipo de computador escogido se calculó mediante los datos recolectados por medio de mediciones de consumo con el equipo power meter, donde se censaron 2 computadores al azar por cada tipo, obteniendo así un consumo promedio que toma en consideración diferentes tipos de uso del mismo equipo.

6.2. Mediciones en categoría 2 – Iluminación

Mediante el proceso de inventariado se identificaron diferentes tipos de luminaria y tecnologías, dentro de las cuales se encuentran tubos fluorescentes, bombillos incandescentes, bombillo compacto fluorescente o “ahorradores” y otras luminarias led. Así mismo, se determinaron los tiempos de uso de cada luminaria. Para los cálculos, se trabajó con la potencia nominal de las luminarias directamente como se expone en la tabla 2.

CÓDIGO	CÓDIGO DE ILUMINACIÓN	POTENCIA NOMINAL [kW]
1	Lámpara fluorescente tubos (3 lámparas en la luminaria). Tipo grande. Fluorescente: 32 Led: 18	0,0278
2	Lámpara fluorescente tubos (4 lámparas en la luminaria) Tipo pequeño - cuadrada Fluorescente: 17 Led: 9	0,013
3	Bombillo led empotrado en techo (bajo consumo). 15w	0,015
4	Lámpara fluorescente tubos (2 lámparas en la luminaria). Tipo grande.	0,025
5	Luz led circular empotrada en techo 18 w	0,0153

6	Luminaria led grande empotrada en techo. Cuadrada 46w	0,046
7	Luminaria Led grande empotrada en techo. Rectangular 48w	0,048
8	Lámpara fluorescente tubo (1 lámparas en la luminaria). Tipo grande.	0,025
9	Lámpara fluorescente tubos (3 lámparas en la luminaria). Tipo pequeño.	0,013
10	Bombillo led corredor 20w	0,02

Tabla 2. Inventario de iluminación

Se identificó un total de 70,42 kW de carga instalada en iluminación en todas las instalaciones que competen al edificio de la gobernación de Santander, de las cuales al menos 30,9 kW (43,88%) corresponden a luminarias fluorescentes o compactas fluorescentes, 4,5 kW (6,4%) corresponden a bombillos incandescentes y 35,02 kW (49,72%) corresponden a luminarias led. Además, de ese 70,42 kW de carga instalada, 10,5313 kW pertenece a zonas comunes, como pasillos, y el 59,89 kW a oficinas.

6.3. Mediciones en categoría 3 – Impresoras y escáneres

En el proceso de inventariado se identificaron 32 tipos de impresoras, de diferentes marcas y capacidades (ANEXO 7). Se estableció 3 categorías para diferenciar estos equipos: grandes, medianos y pequeños (tabla 3). La categoría asignada al equipo se otorga por medio de índices de durabilidad publicadas por el fabricante (volumen de impresión mensual recomendado), consumo de energía y tamaño físico de la unidad. El proceso anteriormente mencionado también se llevó a cabo para la selección de equipos de escaneó, donde solo se escogieron 2 categorías: medianas y pequeñas. El censo se realizó en dos equipos al azar de cada categoría, de diferentes oficinas, durante toda la jornada laboral, para tener un consumo promedio de los diferentes usos que se presentan en el edificio. La duración de las pruebas fue de 8 horas.

Tipo de impresora	Cantidad	CONSUMO REAL PROM. DIARIO [kWh]
Impresoras grandes	11	0,4
Impresoras medianas	68	0,32
Impresoras pequeñas	77	0,19
	156	

Tabla 3. Inventariado de impresoras

En total se inventariaron 156 impresoras, donde 11 unidades (7%) son impresoras grandes, 68 unidades (43,59%) son impresoras medianas y 77 unidades (49,36%) son impresoras pequeñas. El consumo asignado a cada categoría se calculó mediante los datos recolectados por medio de mediciones de consumo con el equipo power meter. Por el lado de los escáneres, el mediano tiene un consumo real de 0,11 kWh y la pequeña de 0,03 kWh

6.4. Mediciones en categoría 4 – Otros

Esta categoría contempla otros elementos de consumo de energía eléctrica (neveras, televisores, ventiladores, cafeteras, hornos microondas, dispensadores de agua y video beam) que su cuantía no

es significativa respecto de otros equipos descritos en este estudio. En esta categoría se realizó censo a un único equipo de cada tipo debido a lo anteriormente mencionado y con la ayuda del power meter (Tabla 4).

SUBCATEGORÍA	TIPO	CONSUMO REAL DIARIO [kWh]	POTENCIA REAL [kW]
NEVERAS	Grande	1,81	[-]
	Mediana	1,64	[-]
	Pequeña	0,90	[-]
TELEVISOR	Grande	[-]	0,21
	Mediana	[-]	0,13
	Pequeña	[-]	0,05
VENTILADOR	[-]	[-]	0,05
CAFETERA	[-]	0,6	
MICROONDAS		[-]	0,0106
VIDEO BEAM		[-]	0,29

Tabla 4. Inventario de categoría otros

6.5. Mediciones en categoría 5 – Ascensores

El edificio administrativo de la Gobernación de Santander cuenta con dos ascensores, uno de uso común para funcionarios y personal que labora en el edificio además de visitantes, y otro para uso exclusivo del gobernador, su esquema de seguridad y funcionarios de despacho. El primero se conforma por una unidad de ascensor con motor PM con tecnología GEARLESS (máquina de tracción sin engranajes síncrona de imán permanente) con sistema de automatización de recorridos. El segundo se conforma por una unidad de ascensor con motor común que integra variador de frecuencia y sistema automatizado de recorrido.

Ambos realizan el mismo recorrido de las 7 plantas del edificio. Las mediciones se realizaron en el cuarto de máquinas del ascensor mediante pinzas amperimétricas conectadas al totalizador.

Mediante el proceso de mediciones de consumo realizado se logró estimar un consumo promedio por hora de trabajo, testeando tres días consecutivos con afluencia y uso normal por parte de los funcionarios. Las mediciones se realizaron en el cuarto de máquinas del ascensor mediante pinzas amperimétricas conectadas al totalizador de entrada al tablero como es explica en la figura 2 y la duración de cada una es 11,5 hora. La evidencia fotográfica de esta medición se muestra en la figura 5. Cabe resaltar que este sistema solo opera entre semana.



Figura 5. Conexión de medición de ascensores

6.6. Mediciones en categoría 6 – Sistema de bombeo

Este sistema se encuentra ubicado en el parqueadero principal del edificio y se compone de dos bombas monofásicas de 1 HP en conexión paralela para bombeo. Dicho sistema está controlado por conmutadores que las turnan al momento de estar operando.

Los sistemas de almacenamiento de agua se componen de varios tanques que contienen y distribuyen el fluido a todos los puntos de consumo presentes en el edificio. El tanque principal se encuentra ubicado en el parqueadero principal, junto al sistema de bombeo, tiene capacidad de 10.000 litros y se encuentra alimentado por la acometida común proveniente de la calle. Esta acometida registra consumo de agua mediante un contador (N° de medidor 12615501). El servicio es prestado por la empresa ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA S.A E.S.P (AMB) con número de cuenta 0398590. Un segundo tanque aéreo se encuentra ubicado en la azotea del edificio (Figura 6), con capacidad máxima de 9.183,84 litros y es abastecido por el tanque principal. El llenado se encuentra limitado por medio de un sensor de nivel que permite un volumen máximo de llenado de 5.896,992 litros. Dicho sensor es energizado desde el tablero de distribución y control del sistema de bombeo. Adicional a los tanques ya mencionados, sobre la entreplanta del séptimo piso se ubican 4 tanques (Figura 6) plásticos (2 tanques con capacidades de 2.000 litros y 2 tanques con capacidades de 1.000 litros respectivamente), que son abastecidos por el tanque aéreo.



Figura 6. Tanques plásticos + Tanque aéreo

Las pruebas realizadas en el sistema para determinar el consumo se realizaron en el tablero de distribución y control, se monitoreó mediante conexión de pinzas amperimétricas a la alimentación del tablero, como se muestra en la figura 7, para así tomar en consideración todos los consumos provenientes del sistema. Previamente a la prueba se dejó bajar el nivel de agua en el tanque aéreo para testear el consumo el mayor tiempo posible y tener un volumen controlado. Así mismo, se constató el volumen bombeado por medio de lecturas en el medidor de consumo de agua antes de dar marcha a la prueba que duró 1,31 horas.

Al momento de realizar las pruebas de consumo, solo se encuentra operativa una de las dos bombas. Se menciona por parte de personal de mantenimiento que se presenta una falla en el sistema de control.

El edificio también cuenta con un sistema de bombeo contra incendios conformado por una bomba trifásica de 9HP, el cual es alimentada por el tanque principal. El sistema contra incendios supe de agua en caso de incendios solo al sector nuevo del edificio. No se realizaron pruebas de consumo a este sistema dadas las condiciones de operación y repercusiones sobre las instalaciones. Además, se menciona por parte del personal de mantenimiento que dicho sistema no se encuentra operativo por fallas en el sistema de distribución del agua (pérdidas de presión).



Figura 7. Medición de consumo de energía de UMA

Por último, el edificio también cuenta con un sistema para la limpieza del tanque principal. Este sistema se encuentra constituido por una bomba monofásica de ½ HP y su función principal es el bombeo del tanque principal para operaciones de limpieza en el mismo.

No se realizaron pruebas de consumo a este sistema dadas sus condiciones de operación y que no es representativo el consumo de esta pues el personal de mantenimiento menciona que a dicho sistema se le da poco uso durante el año.

Según la medición realizada en el sistema de bombeo, la energía consumida 2,198 kWh

6.7. Mediciones en categoría 7 – Aires acondicionados

Los sistemas de aire acondicionado encontrados e inventariados corresponden a sistemas conformados por una unidad interior y una unidad exterior. La unidad exterior en todos los casos corresponde a una unidad condensadora que usualmente se encuentra ubicada en las azoteas o en el techo del edificio (Figura 8). Las unidades interiores se diferencian por tecnología, donde se identificaron 3 tipos: mini Split, cassette y unidad manejadora (UMA). Las tecnologías tipo mini Split y cassette presentan una asociación de una unidad interior con una exterior y las tecnologías tipo UMA pueden asociar 1 o 2 unidades condensadoras. Así mismo, para facilidad de este estudio, se diferenciaron las unidades inventariadas dependiendo de la tecnología de unidad interna, para asignar un indicador de consumo de energía dependiendo de este parámetro.

Tipo	Horas operativas	CAPACIDAD DE REFRIGERACIÓN [Ton Refrig]	CAPACIDAD DE REFRIGERACIÓN [Ton Refrig]
Mini Split	0	2,8	128,5
	2	1	
	3	13,7	
	5	10,9	
	9,5	95,0	
	24	4,9	
UMA	5	15	179,8
	6	13,5	

	9,5	101,3	
	24	50	
Casette	5	2,8	33,8
	6	6	
	9,5	25	
Ventana	0	0,75	0,75

Tabla 5. Inventario de aires acondicionados

Mediante el proceso de inventariado se identificaron 145 unidades exteriores de las cuales 9 no se encontraban operativas. La carga instalada en sistemas funcionales es de 342,946 toneladas de refrigeración. Así mismo, se identificaron 73 sistemas de acondicionamiento que poseen tecnología mini Split Inverter (102,97 TR), 19 con tecnología mini Split no inverter (26,40 TR), 23 tipo UMA sin tecnología Inverter (128 TR), 11 tipo UMA con tecnología Inverter (51,83 TR), 9 tipo cassette (33,84 TR) y 1 unidad acondicionadora de ventana (0,75 TR). Esta última unidad no es considerada en el cálculo de consumo ya que no se le da uso.

Se realizaron mediciones de consumo en sistemas accesibles dentro de la edificación. Estas pruebas se realizaron en el horario laboral y comprenden la extensión del mismo. Las mediciones se realizaron sobre el tablero de alimentación de dichos sistemas ya que considera el consumo de energía de la unidad exterior e interior. Estas pruebas se realizaron por medio de pinza amperimétrica conectadas individualmente a cada fase de alimentación testeando consumo y parámetros de potencia monofásicos.

En la tabla 5 se expone los tipos de tecnología interna disponibles en el edificio, a los cuales se les hizo medición según se muestra en la tabla 6. A las unidades tipo Casette se les realizó una sola prueba pues su cuantía no era significativa en comparación de la mini Split o UMA. Además, todas estas unidades, tipo Casette, incorporan tecnología inverter.

Tipo de tecnología	Cantidad de pruebas	Tiempo de prueba [h]	Unidad medida	Consumo de energía [kWh]
Mini Split	2	7,5	UC 29 – Of 603	1,1696
		9	UC 33 – Of 412	1,1357
UMA	2	7	UC 39 (UMA 23) – Of 213	3,5303
		8,5	UC 9 (UMA 2) - Of 614	5,6129
Casette	1	8	UC 55 – séptimo	3,1055

Tabla 6. Medición de A.A

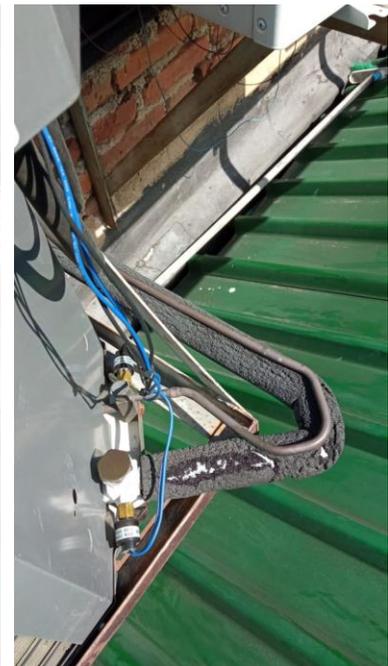
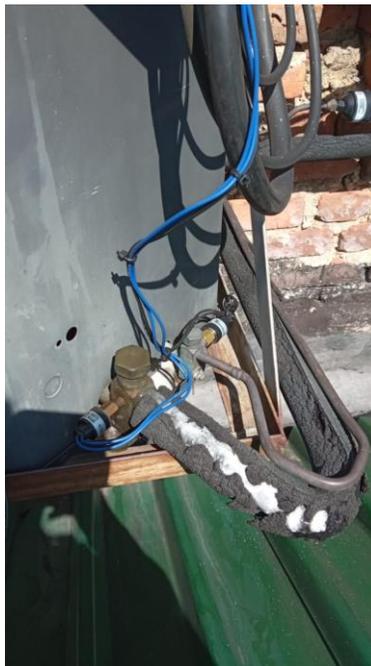
Estos aires se censaron durante el periodo que estuvieron funcionales, motivo por el cual los tiempos de prueba son diferente. Algunas oficinas, el día de la medición, terminaron jornada o apagaron los aires acondicionados alrededor de las 4 pm mientras que otros, en otras oficinas, aun después de las 6 pm seguían encendidos.



Figura 8. Ubicación de UC

6.8. Evidencia fotográfica

6.8.1. Aires acondicionados



6.8.2.Subestación interior



7. TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

7.1. CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

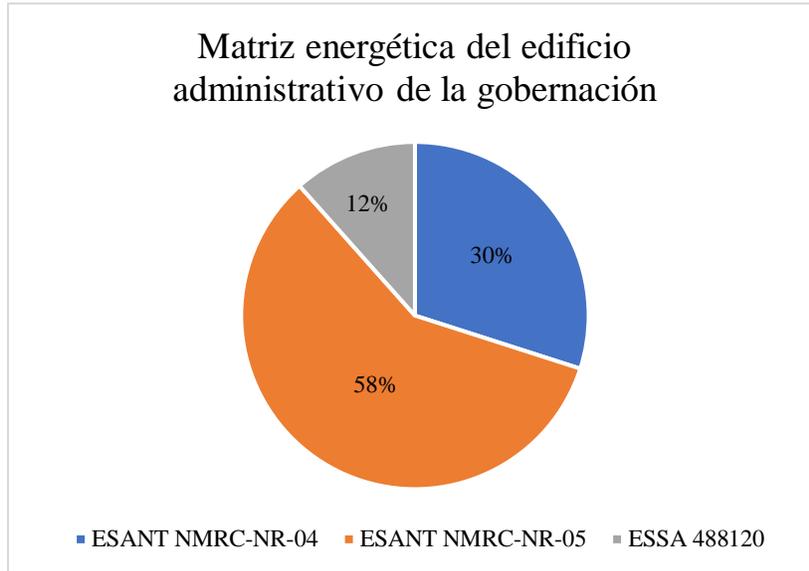


Figura 9. Consumo de energía por cuenta

Como se detalla en el ANEXO 4, el palacio amarillo de la gobernación tiene 3 cuentas para el suministro de energía eléctrica. Una de la ESSA y dos de la ESANT. En la figura 8 se expone que el consumo de energía eléctrica se concentra en la cuenta de la ESANT NMRC-NR-05, siendo de más de la mitad del consumo del palacio amarillo de la gobernación.

7.2. CONSUMOS HISTÓRICOS DE LA ENERGÍA

Realizar el análisis periódico del consumo de energía de una edificación permite tener conciencia de sus costos, además de plantear un consumo base del lugar de análisis y condiciones ajenas al funcionamiento de las instalaciones que influyen en el consumo.

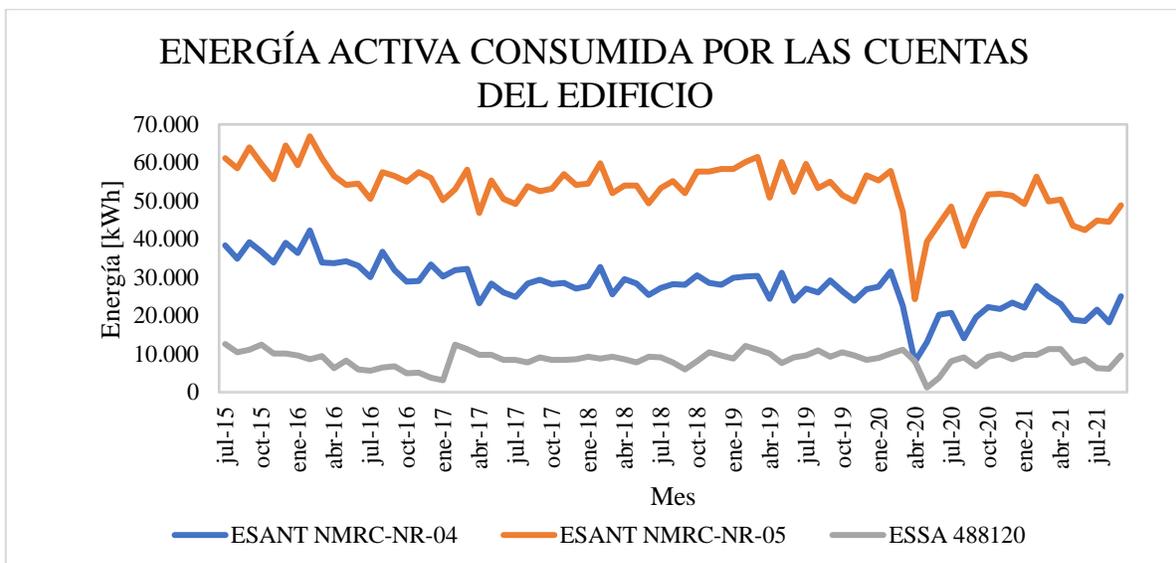


Figura 10. Comportamiento de la energía consumida por cuenta

Como se evidencia en la figura 10, la cuenta **ESANT NMRC-NR-05** es la que presenta el mayor consumo de energía. Más aun, se evidencia un comportamiento grafico similar en el consumo de la energía entre las diferentes cuentas del servicio.

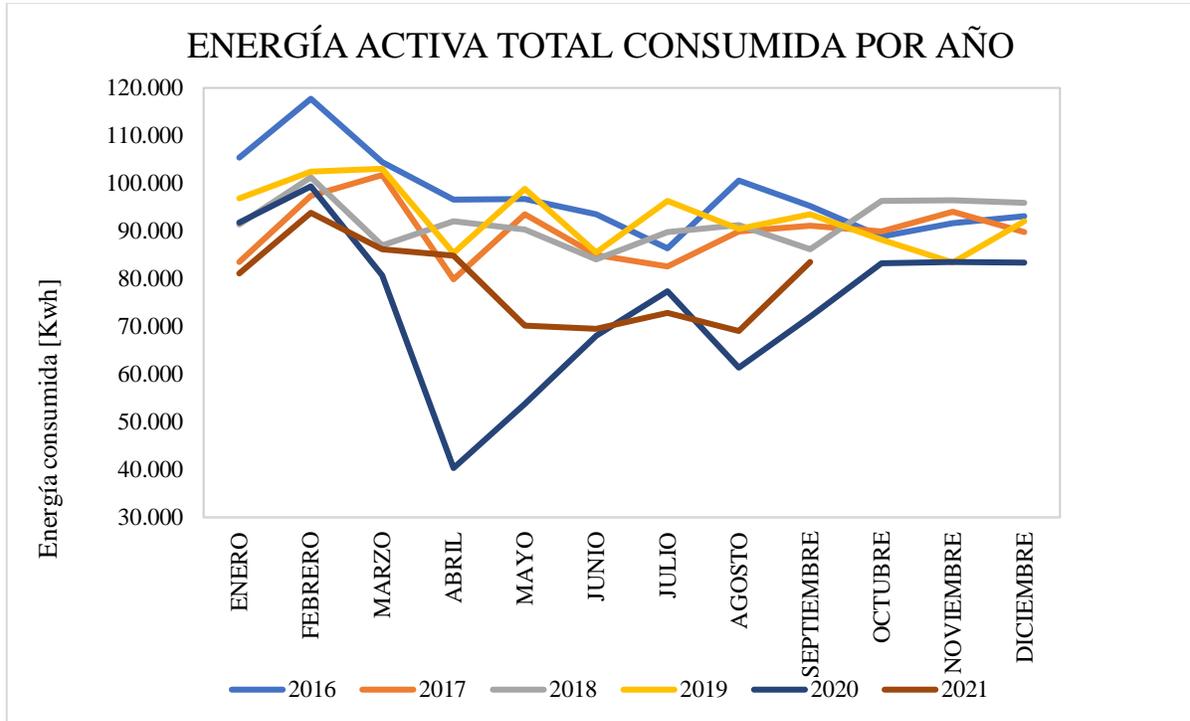


Figura 11. Comparativa del consumo de energía de la edificación.

En la Figura 11 se muestra el comportamiento del consumo conjunto de las 3 cuentas mes a mes en cada año. El comportamiento en los años 2016, 2017, 2018, y 2019 mantienen una similitud considerable. Un marcado cambio se evidencia en el año 2020, que se debió a la cuarentena obligatoria por la pandemia. En el 2021 se ve un consumo mayor y con menos picos, producto del retorno de los funcionarios a sus labores.

7.3. CURVAS TELEMEDIDAS

Mediante la gestión realizada ante la comercializadora ESANT, se obtuvieron las curvas telemedidas de las cuentas que dicha empresa sule en el edificio. La información proporcionada abarca desde el 1 de julio del 2015 hasta el 28 de febrero del 2021. Los datos de consumo de la cuenta perteneciente a la empresa ESSA, fueron tomados manualmente en el periodo comprendido entre el lunes 22 de febrero de 2021 al domingo 28 de febrero de 2021, evaluando así una semana.

Para realizar una comparación grafica del comportamiento del consumo de energía eléctrica diaria, se escogieron días al azar del mes de julio que comprenden los periodos o años proporcionados por la comercializadora. De igual manera, y dado lo evidenciado en graficas anteriores, el comportamiento en el consumo de las tres cuentas es proporcional, razón por la cual solo se muestran curvas de telemetida de una cuenta, específicamente de la **ESANT NMRC-NR-04**. Sin embargo, al final de este inciso se presenta una gráfica que muestra las curvas de consumo en las tres cuentas, así

como la totalización de las mismas, esto con el fin de evidenciar la magnitud del consumo diario debido al funcionamiento en las instalaciones y simetría entre las curvas de consumo.

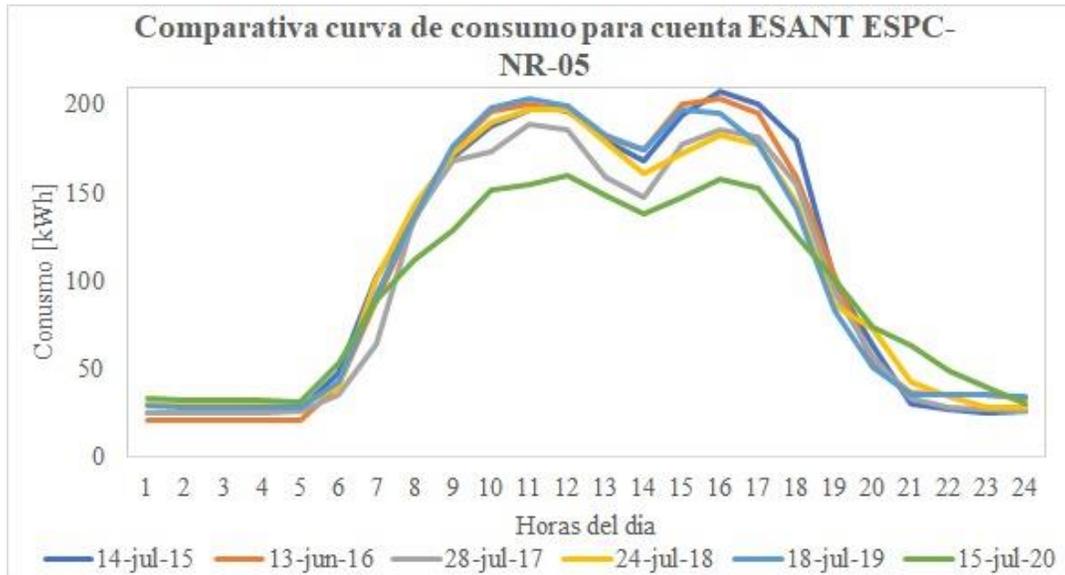


Figura 12. Comportamiento de consumo de la cuenta ESANT ESPC-NR-05

En la figura 12 se evidencia el comportamiento del consumo de energía diario en 6 años diferentes, con y sin limitaciones en el funcionamiento. Si bien los valores de consumo son menores en los últimos dos años (2020 y 2021), se evidencia un comportamiento similar. Las curvas observadas se rigen en función del inicio de operaciones y el cese debido al horario de almuerzo por parte de los funcionarios y el fin de la jornada laboral.

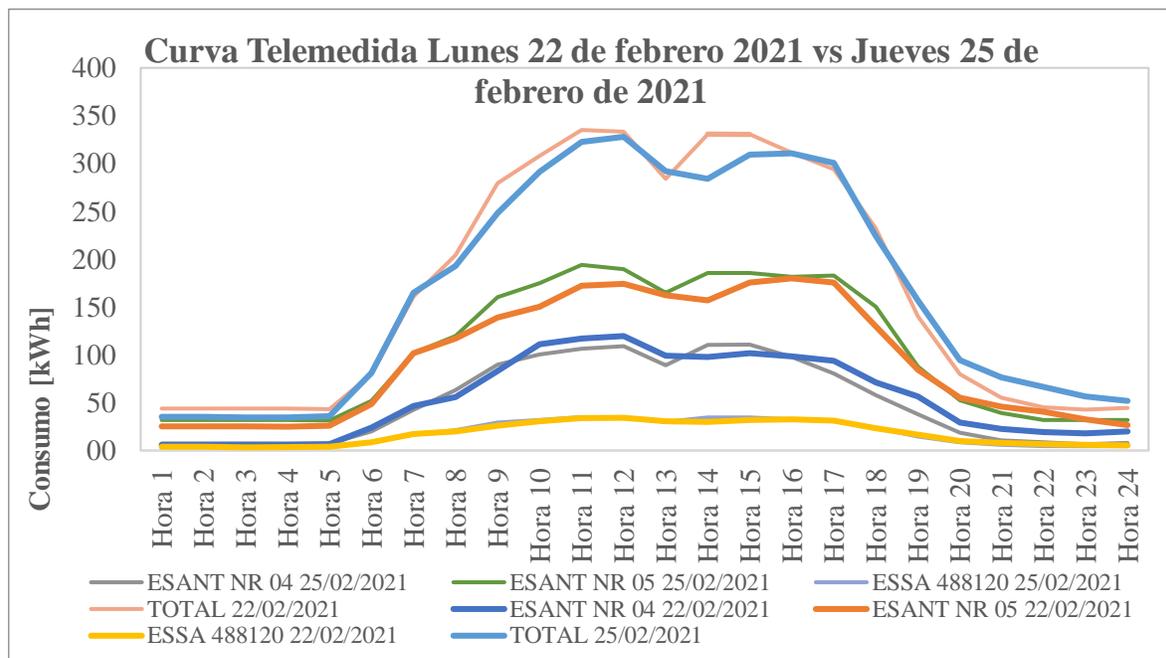


Figura 13. Comportamiento del consumo en dos días diferentes de las tres cuentas

La figura 13 presenta una comparativa entre dos días de la misma semana, con el fin de demostrar la proporcionalidad entre comportamientos de consumo de días diferentes. El lunes 22 de febrero de 2021 se consumieron en total 4026,8 kWh y el jueves 25 de febrero de 2021 se consumieron 4108,2 kWh, con un porcentaje de diferencia del 2,202%. La anterior comparativa permite al estudio afirmar un comportamiento simétrico entre días de activo consumo dado el bajo porcentaje de error, lo anterior se usará como consideración importante en los cálculos de consumo de energía eléctrica debido a las categorías que plantea y estudia este proyecto.

7.4. CÁLCULO DE COSTOS E INDICADORES DE CONSUMOS.

Para el cálculo del consumo de cada categoría de análisis se tomó un costo unitario de energía correspondiente al promedio de cobro de las tres cuentas que suplen la alimentación del edificio en el mes de febrero en que se ejecutó la recolección de datos expuestos en la tabla 7. De igual manera, la base de cálculo para los días mensuales laborados en las instalaciones es de 22 días, ya que corresponde al valor promedio mensual de días hábiles trabajados (entre semana) en los meses en que se realizó la recolección de datos.

Fechas	ESSA	ESANT 04	ESANT 05
feb-21	\$ 533,45	\$ 579,48	\$ 517,82
mar-21	\$ 533,45	\$ 527,48	\$ 473,13
Costo promedio	\$ 533,45	\$ 553,48	\$ 495,48
Total, promedio [\$/kWh]	\$ 527,47		

Tabla 7. Costos de energía facturada, febrero y marzo del 2021.

De la recolección de datos realizada, se calcula el consumo mensual de cada oficina del edificio administrativo de la gobernación de Santander. En la tabla 8 se resume los consumos por secretarías o entidades presentes en el edificio. Además, en la tabla 9 se expone el consumo de las zonas comunes. Ambas se realizaron con el inventariado realizado antes mencionado. El consumo expuesto se calculó con la siguiente ecuación:

$$\text{Consumo} \left[\frac{kWh}{mes} \right] = N * h * P_{real} * D_{labora}$$

Donde:

N : Cantidad de equipos

h : Horas de uso del dispositivo [h]

P_{real} : Potencia real [kW]

D_{labora} : Días laborales al mes, 22 días

Cabe resaltar que la potencia real se calcula con el consumo real diario medido dividido en las horas de duración de la prueba. En la tabla 8 no se menciona sobre los consumos mensuales de ascensores ni sistemas de bombeo. Lo anterior se da porque el consumo de estas no está asociado a una oficina.

ENTIDADES O SECRETARÍA ASOCIADA	CONSUMO MENSUAL [kWh]				
	Equipo computo	Iluminación	Impresoras Escáner	Otros	A. A
Contraloría General de Santander	655,5	950,6	99,1	304,8	6509,9

Despacho del gobernador	711,5	580,9	44,6	502,8	7298,6
Control interno-Jurídica- Control discipl.-SETIC	847,8	1209,6	65,6	261,4	3972,2
Secretaria de interior	509,4	259,2	42,0	62,6	2183,2
Secretaria general	1464,1	1467,2	195,6	325,0	5017,4
Secretaria de planeación	1240,6	822,0	70,8	94,3	4565,0
Secretaria de hacienda	1346,8	1668,3	134,0	377,1	3393,6
Secretaria de desarrollo	417,0	259,6	44,7	20,0	2108,9
Secretaria de educación	2348,7	2216,4	180,3	276,2	15131,4
Secretaria de infraestructura	980,9	867,4	66,7	65,3	6001,3
Secretaria de cultura y turismo	239,0	89,8	15,4	24,7	759,9
Secretaria de la mujer y equidad de genero	124,4	18,6	8,4	20,0	340,1
Asamblea General de Santander	90,6	280,9	23,7	156,8	1644,3
TOTALES	10976,3	10690,5	990,7	2490,8	58925,8

Tabla 8. Consumo mensual por secretaría y categoría

OTRAS ZONAS	CONSUMO MENSUAL [kWh]			
	CATEGORIA 1	CATEGORIA 2	CATEGORIA 3	CATEGORIA 4
PRIMER PISO	0	1197,7724	0	237,345
SEGUNDO PISO	66,308	207,2719	0	478,546484
SEGUNDO PISO E	0	116,226	0	161,52
TERCER PISO	0	7,92	0	0
CUARTO PISO	0	127,193	0	270,8
CUARTO PISO E	0	0	0	0
QUINTO PISO	0	26,29	0	165,03978
SEXTO PISO	0	58,531	0	165,03978
SEPTIMO PISO	0	83,072	0	161,52
SEPTIMO PISO E	0	6,732	0	296,666282
TOTAL	66,308	1831,0083	0	1936,477326

Tabla 9. Consumo de zonas comunes

- **Sistemas de cómputo y determinación de consumo de energía eléctrica.**

El cálculo de energía consumida mensual toma en consideración los tiempos de uso individuales de cada equipo inventariado. En la tabla 8 está el consumo de los equipos de cómputo de las oficinas y en la tabla 9 el consumo de las zonas comunes, siendo totalizado en la tabla 11. El valor del costo de la energía se especifica en la tabla 7.

$$\text{Consumo}_{\text{mesualComp}} = 11.042,6 \text{ kWh}_{\text{mes}}$$

$$\text{Costo}_{\text{mesualComp}} = \text{Consumo}_{\text{mesualComp}} * \text{Costo}_{\text{energia}}$$

$$\text{Costo}_{\text{mesualComp}} = 11.042,6 \text{ kWh}_{\text{mes}} * 527,47 \frac{\$}{\text{kWh}}$$

$$\text{Costo}_{\text{mesualComp}} = \$ 5.824.640$$

Los valores de consumo asignados a esta categoría de análisis fueron corregidos en un 6,3% respecto de los valores medidos, esto con base a pruebas y mediciones realizadas a 2 oficinas, donde se testeó el consumo total durante el periodo de operación y se comparó con los valores de estimación, dando así el porcentaje de corrección aplicado a los valores de consumo medidos en esta categoría, así como a la categoría 3.

- **Sistemas de iluminación y determinación de consumo de energía eléctrica.**

En la tabla 11 se totaliza el consumo de la iluminación, sumando el consumo debido a iluminación en oficinas (tabla 8) y en zonas comunes tales como pasillos y baños (tabla 9), que es de 12.521,52 kWh_{mes} y de igual forma, se trabaja con un costo de la energía de 527,47 $\frac{\$}{\text{kWh}}$

$$\text{Costo}_{\text{mesualIluminación}} = \text{Consumo}_{\text{mesualIluminación}} * \text{Costo}_{\text{energia}}$$

$$\text{Costo}_{\text{mesualIluminación}} = 12.521,52 \text{ kWh}_{\text{mes}} * 527,47 \frac{\$}{\text{kWh}}$$

$$\text{Costo}_{\text{mesualIluminación}} = \$ 6.604.726$$

- **Sistemas de impresión y escaneo y determinación de consumo de energía eléctrica.**

En la tabla 8 y 9 se encuentran los datos de consumo mensual y costo de la energía utilizados a continuación

$$\text{Consumo}_{\text{mesualImpyEsc}} = 990,75 \text{ kWh}_{\text{mes}}$$

$$\text{Costo}_{\text{mesualImpyEsc}} = \text{Consumo}_{\text{mesualImpyEsc}} * \text{Costo}_{\text{energia}}$$

$$\text{Costo}_{\text{mesualImpyEsc}} = 990,75 \text{ kWh}_{\text{mes}} * 527,47 \frac{\$}{\text{kWh}}$$

$$\text{Costo}_{\text{mesualImpyEsc}} = \$ 522.590$$

- **Electrodomésticos en general y otros aparatos de menor cuantía y determinación de consumo de energía eléctrica.**

Al igual que en los anteriores, en la tabla 8 y la tabla 9 se exponen los consumos de las oficinas y las tablas comunes debidos a equipos de menor cuantía, teniendo un consumo total de 4.427, 26 [kWh/mes]

$$\text{Costo}_{\text{mesualElecYOtros}} = \text{Consumo}_{\text{mesualElecYOtros}} * \text{Costo}_{\text{energia}}$$

$$\text{Costo}_{\text{mesualElecYOtros}} = 4.427,26 \text{ kWh}_{\text{mes}} * 527,47 \frac{\$}{\text{kWh}}$$

$$Costo_{mesualEleyOtros} = \$ 2.335.246$$

- **Ascensores y determinación de consumo de energía eléctrica.**

Ascensor para uso común (ascensor 1):

El promedio del consumo del ascensor se calculó con el consumo medido dividido en las horas que duró la prueba, que fueron 9,5 horas como se detalla en el inciso 6.5.

$$PromedioConsumido_{ascensor1} = 0,605734767 kWh$$

$$Consumo_{mensualporasc1} = PromedioConsumido_{ascensor1} * tiempo de uso * dias operativos$$

$$Consumo_{mensualporasc1} = 0,605734767 kWh * 11,5 \frac{h}{dia} * 22 \frac{dias}{mes}$$

$$Consumo_{mensualporasc1} = 153,2501 kWh_{mes}$$

Ascensor de uso privativo (ascensor 2):

El proceso de medición de consumo se realizó en igualdad de condiciones con el sistema anteriormente descrito, así mismo presenta horarios y tiempos de uso simétricos.

$$PromedioConsumido_{ascensor2} = 0,3808243728 kWh$$

$$Consumo_{mensualporasc2} = PromedioConsumido_{ascensor1} * tiempo de uso * dias operativos$$

$$Consumo_{mensualporasc2} = 0,3808243728 kWh * 11,5 \frac{h}{dia} * 22 \frac{dias}{mes}$$

$$Consumo_{mensualporasc2} = 96,34856631 kWh_{mes}$$

Consumo mensual debido a ascensores:

$$Consumo_{ascensoresmes} = Consumo_{mensualporasc1} + Consumo_{mensualporasc2}$$

$$Consumo_{ascensoresmes} = 153,2501 kWh_{mes} + 96,34856631 kWh_{mes}$$

$$Consumo_{ascensoresmes} = 249,59 kWh_{mes}$$

$$Costo_{mensualascensores} = Consumo_{ascensoresmes} * Costo_{energia}$$

$$Costo_{mensualascensores} = 249,59 kWh_{mes} * 527,47 \frac{\$}{kWh}$$

$$Costo_{mensualascensores} = \$ 131.651$$

Para los sistemas de ascensores no se pudo determinar una curva característica de consumo dadas las aceleradas fluctuaciones de potencia instantánea consumida, pero si se observó picos de consumo de energía en los horarios de ingreso, almuerzo y salida de las instalaciones por parte de los funcionarios.

- **Sistemas de bombeo y determinación de indicador de consumo de energía eléctrica.**

En el inciso 6.6 se menciona que el edificio administrativo de la gobernación cuenta con 3 sistemas de bombeo, el de uso común, contra incendio y el de limpieza de tanque y que solo se realizaron pruebas en el sistema de bombeo de uso común. Este sistema se compone de dos bombas monofásicas

de 1 HP en conexión paralela para bombeo el cual se encuentra ubicado en el parqueadero principal del edificio.

Energía consumida: 2,198 kWh

$$\text{Indicador de consumo: } \frac{2,198 \text{ kWh}}{4,35024 \text{ m}^3} = 0.50526 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3}$$

Cálculo de consumo de energía mensual de sistemas de bombeo

Para este cálculo se toma en consideración el consumo debido al funcionamiento del sistema de bombeo de agua de uso general, ya que es el sistema con uso mayor respecto de los demás anteriormente mencionados. El consumo de energía mensual se calcula con base al promedio mensual del último año, los datos son tomados de facturas generadas por el prestador de servicio. El consumo mensual promedio registrado en el último año corresponde a 323,9230769 m³.

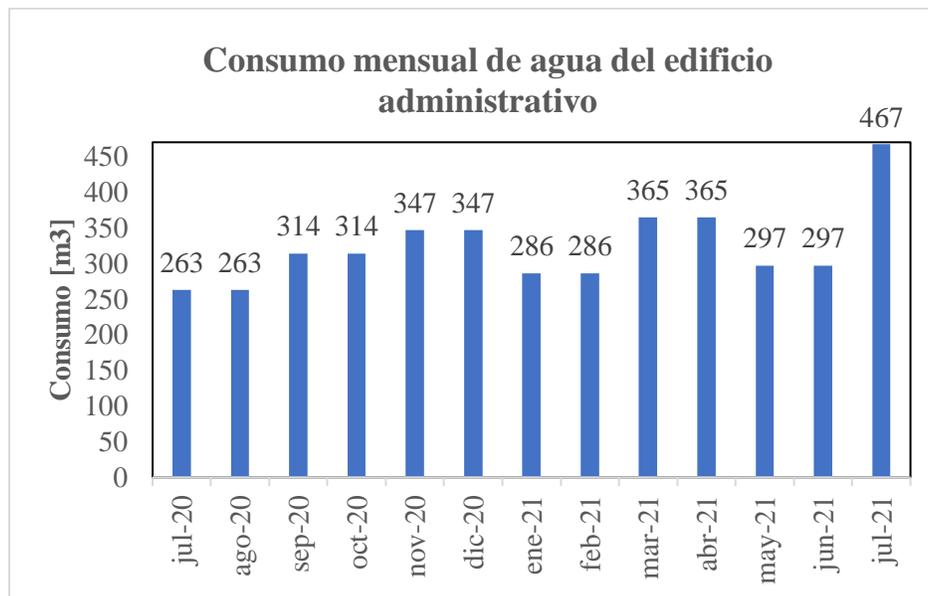


Figura 14. Consumo de agua - mes

$$\text{Consumo}_{\text{mensualBombas}} = \text{consumo promedio mensual} * \text{indicador de consumo}$$

$$\text{Consumo}_{\text{mensualBombas}} = 323,9230769 \text{ m}^3 * 0.50526 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Consumo}_{\text{mensualBombas}} = 163.66 \text{ kWh}_{\text{mes}}$$

$$\text{Costo}_{\text{mensualporbombeo}} = \text{Consumo}_{\text{mensualBombas}} * \text{Costo}_{\text{energia}}$$

$$\text{Costo}_{\text{mensualporbombeo}} = 163.66 \text{ kWh}_{\text{mes}} * 527,47 \frac{\$}{\text{kWh}}$$

$$\text{Costo}_{\text{mensualporbombeo}} = \$ 86.325$$

- **Sistemas de acondicionamiento de aire y determinación de indicador de consumo de energía eléctrica.**

Con el fin de determinar un indicador de consumo para cada tipo de tecnología, se realizaron mediciones de consumo en sistemas accesibles dentro de la edificación. Estas pruebas se realizaron en el horario laboral y comprenden la extensión de este. Las mediciones se realizaron sobre el tablero de alimentación de dichos sistemas ya que considera el consumo de energía de la unidad exterior e interior. Estas pruebas se realizaron por medio de pinza amperimétrica conectadas individualmente a cada fase de alimentación testeando consumo y parámetros de potencia monofásicos.

Características de consumo de aires acondicionados.

La energía consumida por un equipo de acondicionamiento de aire depende directamente de varias variables, tales como la tecnología que integre la unidad condensadora (con o sin tecnología inverter), la carga térmica asociada al espacio a acondicionar, el punto de control de temperatura del espacio a acondicionar, el modo de uso del equipo, entre otras.

Sin embargo, una de las variables más notorias en la forma en que el equipo consume energía está relacionada con la integración de tecnología inverter, ya que dichos equipos mantienen velocidades variables en el motor del compresor, manteniendo un consumo de energía con menores oscilaciones respecto de equipos que no poseen esta tecnología, ya que estos últimos operan a máxima capacidad hasta alcanzar el punto de control de temperatura indicado por el usuario y posteriormente apagan el motor del compresor, estos arranques continuos contribuyen a un mayor consumo de potencia.

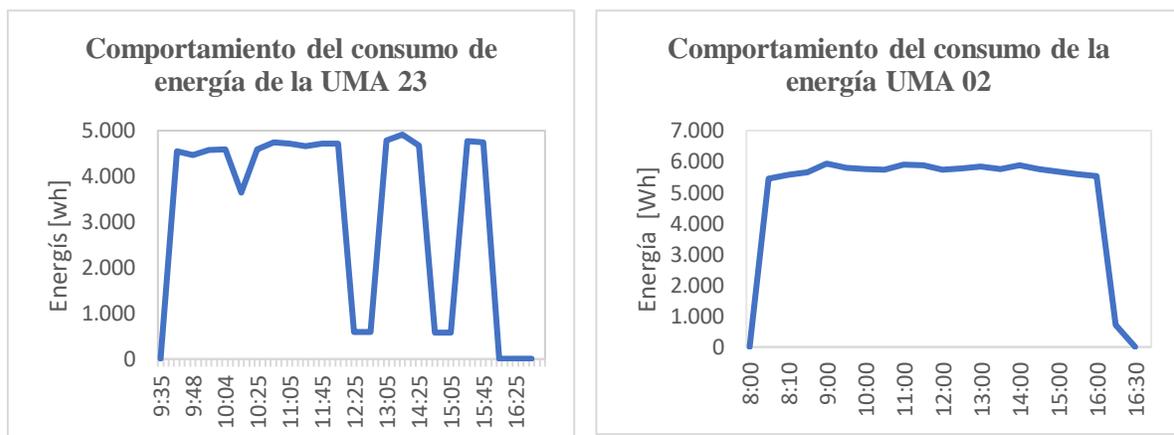


Figura 15. Comportamiento de aire acondicionado con y sin tecnología Inverter

En la figura 15, se observa el comportamiento descrito en el anterior párrafo, donde se presentan caídas notorias en la potencia en equipos sin tecnología inverter, sin embargo, mantienen un consumo mínimo correspondiente al funcionamiento de la manejadora, sistema de recirculación de aire, sistemas de control, entre otros. Cabe resaltar que no son equipos de capacidades nominales similares, esta situación de comparación respecto del consumo no se permitió dado las condiciones de accesibilidad a equipos de similares capacidades dentro del edificio.

En la tabla 5 se expone la capacidad de refrigeración, en toneladas de refrigeración, de cada tipo de aire acondicionado (Mini Split, UMA, Casette). Mas, como se menciona anteriormente, la tecnología inverter influye de gran manera en el consumo, así que se procedió a realizar una clasificación más detallada. Se identificaron 73 sistemas de acondicionamiento que poseen tecnología mini Split Inverter (102,97 TR), 19 con tecnología mini Split no inverter (26,40 TR), 23 tipo UMA sin

tecnología Inverter (128 TR), 11 tipo UMA con tecnología Inverter (51,83 TR), 9 tipo cassette (33,84 TR) y 1 unidad acondicionadora de ventana (0,75 TR). Esta última unidad no es considerada en el cálculo de consumo ya que no se le da uso.

Además de la tecnología, la carga térmica del recinto es un factor importante. Para realizar el cálculo de estas, lo primero es calcular las áreas y tener en consideración la data recopilada en el proceso de inventariado que generen ganancia de calor. Específicamente, se calcularon las cargas térmicas de las oficinas en que se realizaron las mediciones (tabla 6) de los aires acondicionados los resultados se exponen en la tabla 10. El proceso detallado del cálculo de las ganancias térmicas totales se muestra en el ANEXO 5. Con el consumo de los aires acondicionados y la carga térmica del recinto que cada aire refrigera, se calcula un indicador que relaciona estas dos variables (kWh/Ton. Refrig real.). Cabe resaltar que tanto en los mini Split como en las UMA se mide una unidad condensadora con tecnología invertir y otra sin ella. Por otro lado, todos los tipos cassette usan tecnología invertir así que solo tiene un indicador. Este indicador se calcula para cada tipo de tecnología como se expone a continuación.

$$IC \text{ tipo cassette} = 1,053 \text{ kWh/TR}$$

$$IC \text{ por minisplit sin inverter} = 1,0652 \text{ kWh/TR}$$

$$IC \text{ Tipo minisplit con inverter} = 1,014 \text{ kWh/TR}$$

$$IC \text{ Tipo uma sin inverter} = 1,2767 \text{ kWh/TR}$$

$$IC \text{ po uma con inverter} = 1,1205 \text{ kWh/TR}$$

TIPO	UNIDAD	CAPACIDAD DE REFRIGERACIÓN [Ton Refrig]	CARGA TERMICA [TR]
Casette	001	3,000	1,540
Casette	002	3,000	1,540
Split Inverter	003	1,500	0,960
Split Inverter	004	1,500	0,810
Split Inverter	005	1,000	0,611
UMA inverter	006	4,917	3,029
UMA inverter	007	4,917	3,029
Split no Inverter	008	2,917	1,976
UMA inverter	009	7,5	5,009
UMA sin inverter	010	7,5	3,357
UMA sin inverter	011	7,5	3,357
UMA sin inverter	012	5,000	2,432
UMA sin inverter	013	5,000	2,432
UMA sin inverter	014	5,000	3,149
UMA sin inverter	015	5,000	3,149
UMA sin inverter	016	5,000	2,653
UMA sin inverter	017	5,000	2,653
Split Inverter	018	0,750	0,400
Split Inverter	019	0,976	0,700

Split Inverter	020	1,000	0,611
UMA inverter	021	4,000	2,271
UMA inverter	022	4,000	2,271
UMA inverter	023	4,000	2,271
Split Inverter	024	2,000	1,222
Casette	025	3,000	1,150
Split Inverter	026	1,000	0,611
Split Inverter	027	1,466	0,895
Split no Inverter	028	0,750	0,340
Split no Inverter	029	1,466	0,450
Split Inverter	030	1,466	0,670
Split Inverter	031	1,466	0,765
Split no Inverter	032	1,000	0,749
Split Inverter	033	1,833	1,120
Split Inverter	034	1,000	0,611
Split Inverter	035	1,466	0,430
Split Inverter	036	1,500	0,910
UMA inverter	037	4,500	3,023
Split Inverter	038	1,466	0,760
UMA sin inverter	039	5,000	2,765
Split Inverter	040	1,500	0,250
UMA inverter	041	4,500	2,873
Split Inverter	042	0,750	0,458
UMA inverter	043	4,500	2,873
UMA sin inverter	045	7,500	3,979
UMA sin inverter	046	7,500	3,979
UMA sin inverter	047	7,500	3,979
UMA sin inverter	048	7,500	3,979
UMA sin inverter	049	5,000	2,974
Split Inverter	050	1,466	0,430
Split no Inverter	051	0,750	0,562
Split Inverter	052	1,466	0,825
UMA inverter	053	4,500	3,087
Split Inverter	054	1,000	0,611
Casette	055	4,500	2,949
Casette	056	4,500	2,949
Split no Inverter	058	1,833	1,373
UMA sin inverter	059	5,000	2,643
UMA sin inverter	060	5,000	2,643
UMA sin inverter	061	5,000	2,643
Split Inverter	062	2,000	1,107

Split no Inverter	064	1,500	0,655
Split no Inverter	065	0,767	0,574
Split no Inverter	066	1,500	0,960
Split Inverter	067	2,000	1,072
Split Inverter	068	1,000	0,611
Split Inverter	069	1,000	0,611
Split Inverter	070	2,000	1,340
Split Inverter	071	1,000	0,611
Split no Inverter	072	1,833	1,373
Split Inverter	073	1,000	0,611
Split Inverter	074	1,000	0,611
Casette	076	3,000	1,650
UMA sin inverter	078	4,000	2,165
UMA sin inverter	079	4,000	2,165
Casette	080	5,000	2,450
Split Inverter	081	1,000	0,611
Split Inverter	082	1,500	0,916
Split Inverter	083	0,370	0,250
Split no Inverter	084	1,500	1,124
Split Inverter	085	2,000	0,984
Split Inverter	086	1,000	0,611
Split Inverter	087	1,500	0,620
Split no Inverter	088	1,000	0,749
Casette	089	5,000	2,450
Split Inverter	090	1,500	0,300
Split Inverter	091	2,000	1,345
Split Inverter	092	1,466	0,895
Split Inverter	093	1,706	0,987
Split Inverter	094	0,370	0,340
Split Inverter	095	1,000	0,611
Split Inverter	096	1,500	1,110
Split Inverter	097	1,000	0,611
Split Inverter	098	1,000	0,611
Split Inverter	099	1,000	0,611
Split Inverter	100	1,500	0,750
Split Inverter	101	1,000	0,611
Split Inverter	102	1,500	0,916
Split no Inverter	103	1,000	0,749
Split Inverter	104	1,500	0,900
Split Inverter	105	1,500	0,900
Split Inverter	106	2,841	1,735

UMA inverter	107	4,500	2,873
UMA sin inverter	108	5,000	2,876
Split no Inverter	109	2,000	1,498
Split Inverter	110	1,000	0,611
Split no Inverter	111	0,750	0,530
Split Inverter	112	1,000	0,611
Split Inverter	113	1,500	0,750
Split Inverter	114	1,500	0,650
Split Inverter	115	1,500	0,916
Split Inverter	116	2,000	0,879
Split Inverter	118	2,000	1,205
Split Inverter	120	1,833	1,120
Split Inverter	121	1,000	0,611
UMA sin inverter	123	5,000	3,176
Split Inverter	124	1,000	0,611
Split Inverter	125	1,833	1,120
UMA sin inverter	126	5,000	2,765
Split Inverter	127	2,000	1,012
Split Inverter	128	1,833	1,120
Split Inverter	129	2,000	0,540
Split Inverter	130	2,000	0,620
Split no Inverter	131	1,000	0,749
Split no Inverter	132	2,000	0,367
Split Inverter	133	1,942	0,432
Split Inverter	135	1,500	0,750
UMA sin inverter	138	5,000	2,457
Split Inverter	139	1,833	1,120
Split no Inverter	140	1,000	0,749
Split Inverter	141	0,767	0,450
Split Inverter	142	0,767	0,420
Split Inverter	143	2,842	1,423
Casette	145	2,841	1,862

Tabla 10. Carga térmica de cada UC

Con lo anterior, se obtiene el consumo diario y al multiplicarlo por los días operativos, se obtiene el consumo mensual de lo aires acondicionados, siendo de 59.965,92081 [kWh].

$$Costo_{mensualporaires} = Consumo_{mensualaires} * Costo_{energia}$$

$$Costo_{mensualporbombeo} = 59.965,92 kWh_{mes} * 527,47 \frac{\$}{kWh}$$

$$Costo_{mensualporbombeo} = \$ 31.630.223$$

7.5. CONSUMOS TOTALES Y ERROR ASOCIADO.

En la siguiente tabla se relacionan los consumos y costos mensuales estimados en el inciso anterior, así mismo se plantea un escenario comparativo respecto del consumo promedio total de los meses en los cuales se realizó el proceso de inventariado.

CATEGORIAS DE ANALISIS	CONSUMO [kWh-mes]
CATEGORIA 1 - COMPUTADORES	11042,60
CATEGORIA 2 - ILUMINACIÓN	12521,52
CATEGORIA 3 - IMPRESORAS Y ESCANERES	990,75
CATEGORIA 4 - ELECTRODOMESTICOS	4427,26
CATEGORIA 5 - ASCENSORES	249,60
CATEGORIA 6 - SISTEMAS DE BOMBEO	163,67
CATEGORIA 7 - SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE	59965,92
TOTAL CONSUMIDO ESTIMACIÓN [kWh]	89361,31
CONSUMIDO REAL [kWh] (promedio historial)	90004,00
DIFERENCIA	642,69
PORCENTAJE DE DIFERENCIA	0,714%

Tabla 11. Relación de categorías, consumos, costos y error de estimación.

El error calculado en la tabla 11 corresponde a 642,69kWh, energía que es consumida por elementos o sistemas no catalogados durante la etapa 2, debido a la importancia del sistema y los problemas que acarrearía su intervención en el proceso de medición o que no pertenecen directamente a la Gobernación o a cualquiera de las entidades gubernamentales que allí también funcionan. Tal sea el caso de un cajero de la entidad bancaria BBVA ubicado en el segundo piso o los elementos pertenecientes al servicio de seguridad privada que labora en las instalaciones. Dentro de los elementos no testeados respecto al consumo se encuentran 3 dispositivos de detección por rayos x (2 detectores metálicos de arco y 1 detector metálico de túnel), utilizados en las correspondientes entradas del edificio y el sistema de cámaras que monitorea las instalaciones.

Así mismo, el sistema de telecomunicaciones no pudo ser catalogado y ejecutado dentro del cronograma de mediciones ya que es un servicio del cual dependen los sistemas y servidores de las entidades que laboran dentro del edificio. La estimación del consumo de este es complicada ya que es dependiente de la capacidad de los servidores, las conexiones del sistema, entre otros parámetros, que imposibilitaron dar resultados congruentes.

Otro parámetro importante que no es considerado en el estudio corresponde a las pérdidas de energía del sistema eléctrico, ya que la cuantificación de los mismos requiere de estudios especializados. Valores estimados de perdidas en el sistema eléctrico se puede plantear pero no serán viables y fundamentados, ya que solo toman en consideración escenarios teóricos brindados por el fabricante. Un ejemplo de lo mencionado se visualiza en los transformadores presentes en la edificación, los cuales ya presentan un desgaste o pérdida de eficiencia por el tiempo de uso, donde teóricamente se puede determinar la eficiencia actual del equipo por datos emitidos por el fabricante, pero los mismos

no toman en consideración eventos adversos que se evidencian en los antecedentes del proyecto, tal sea el caso de operación con sobre carga, escenario que afecta de manera directa el rendimiento. Adicionalmente, este parámetro no se plantea, ni es considerado en los objetivos o actividades de este estudio.

7.6. ESTIMACIÓN DE CONSUMO DE APARATOS Y SISTEMAS NO CONSIDERADOS EN CATEGORIAS.

1. *Cajero automático*: Según el artículo técnico “Sistemas de Alimentación Ininterrumpida en los Sectores Bancario y Financiero” [25] el consumo medio diario de un cajero automático oscila entre los 1~3 kWh, asimilándose para esta estimación el máximo consumo establecido en este artículo, dada la alta demanda del servicio observada durante el desarrollo del proyecto.

$$\text{Consumo}_{\text{mensualcajero}} = \text{Consumo}_{\text{diario}} * \text{dias}_{\text{operativos}}$$

$$\text{Consumo}_{\text{mensualcajero}} = 3 \text{ kWh}_{\text{dia}} * 22 \text{ dia}_{\text{mes}}$$

$$\text{Consumo}_{\text{mensualcajero}} = 66 \text{ kWh}_{\text{mes}}$$

$$\text{Costo}_{\text{mensualcajero}} = \text{Consumo}_{\text{cajero}} * \text{Costo}_{\text{energia}}$$

$$\text{Costo}_{\text{mensualcajero}} = 66 \text{ kWh}_{\text{mes}} * 527,47 \frac{\$}{\text{kWh}}$$

$$\text{Costo}_{\text{mensualcajero}} = \$ 34.813$$

2. *Equipos asociados al servicio de seguridad del edificio*: Se establece un consumo diario de 0,66 kWh para el detector de arco, este dato se sustenta en lo publicado por el fabricante Garrett [26]. Para el detector de túnel se establece un consumo diario de 7,8 kWh basado en el datasheet publicado por el fabricante [27]. Finalmente se establece un consumo diario por cámara de 2,5 Whora, tomando en consideración 29 cámaras identificadas en el proceso de recolección de datos y una operación continua.

$$\begin{aligned} & \text{Consumo}_{\text{mensualseguridad}} \\ &= \text{ConsumoArco}_{\text{diario}} * \text{dias}_{\text{operativos}} + \text{ConsumoTunel}_{\text{diario}} * \text{dias}_{\text{operativos}} \\ &+ \text{ConsumoCamaras}_{\text{diario}} * \text{dias}_{\text{operativos}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Consumo}_{\text{mensualseguridad}} \\ &= (0,66 \text{ kWh}_{\text{dia}} + 7,8 \text{ kWh}_{\text{dia}}) * 22 \text{ dias}_{\text{mes}} + (29 * 0,0025 \text{ kWh} \\ & * 720 \text{ horas}_{\text{mes}}) \end{aligned}$$

$$\text{Consumo}_{\text{mensualseguridad}} = 238,32 \text{ kWh}_{\text{mes}}$$

$$\text{Costo}_{\text{mensualSeguridad}} = \text{Consumo}_{\text{mensualseguridad}} * \text{Costo}_{\text{energia}}$$

$$\text{Costo}_{\text{mensualSeguridad}} = 238,32 \text{ kWh}_{\text{mes}} * 527,47 \frac{\$}{\text{kWh}}$$

$$\text{Costo}_{\text{mensualSeguridad}} = \$ 125.706$$

3. *Sistemas de Telecomunicaciones*: No se puede estimar un consumo de energía debido al sistema de telecomunicaciones pues no se le pudo hacer mediciones y la diferencia respecto a la estimada no permite un valor congruente.

8. CARACTERIZACIÓN DEL CONSUMO ENERGETICO

8.1. CONSUMO EN LA TOTALIDAD DEL EDIFICIO.

El primer análisis corresponde a la clasificación y distribución del consumo de energía eléctrica del edificio administrativo. Como se ha mencionado con anterioridad, en el edificio se ubican 13 secretarías o entidades y los consumos están clasificados en las 7 categorías descritas inicialmente: Equipos ofimáticos, iluminación, impresoras y escáneres, otros (televisores, neveras, cafeteras, ventiladores, microondas, video beam), ascensores, sistema de bombeo y aires acondicionados. La caracterización también toma en consideración la energía consumida por aparatos o sistemas no estimados y se cataloga como “NO MEDIDOS”.

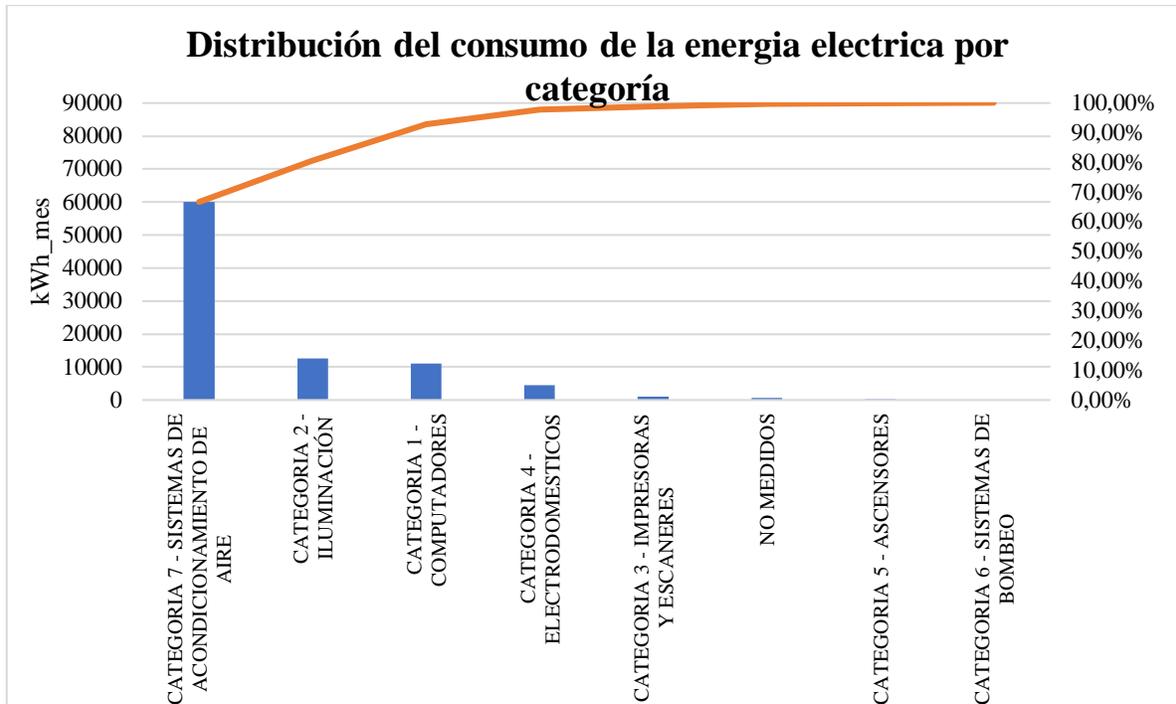


Figura 16. Diagrama de Pareto por categoría

En la figura 16 se observa un diagrama de Pareto a donde se expone la distribución del consumo de energía eléctrica por categoría. Aquí se puede observar que los usos significativos de la energía recaen en la categoría 7 y 2, donde los sistemas de acondicionamiento de aire contribuyen en un 66,63% del consumo total, seguido en segundo lugar por la categoría 2, que es la iluminación, con el 13,91%. Estos últimos son significativos en un 80,54% del consumo total.

Posterior a los ya mencionados, se ubica la categoría 1, con el 12,27% de participación; 4,92% la categoría 4; 1,10% la categoría 3 - Impresoras”; 0,71% categoría “No medidos”; 0,28% y 0,18% las categorías 5 y 6 respectivamente. Estos últimos son representativos en un 20,62%.

8.2. CONSUMO DIFERENCIADO EN ÁREAS.

De la totalidad de energía cuantificada en la edificación, se resaltan dos áreas de consumo diferenciadas en su uso, sea el caso de oficinas y otras zonas, las cuales involucran los cuartos de servicio y mantenimiento, cafeterías, zonas comunes y espacios destinados al control o vigilancia de las instalaciones.

Oficinas		Otras zonas	
CATEGORIA 1	10.976,3	CATEGORIA 1	66,3
CATEGORIA 2	10.690,5	CATEGORIA 2	1.831
CATEGORIA 3	990,7	CATEGORIA 3	0
CATEGORIA 4	2.490,7	CATEGORIA 4	1.936,5
CATEGORIA 5	0	CATEGORIA 5	249,6
CATEGORIA 6	0	CATEGORIA 6	163,7
CATEGORIA 7	59.965,9	CATEGORIA 7	0
No medidos	0	No medidos	642,7
TOTAL	85114,25729	TOTAL	4.889,7

Tabla 12. Relación de consumos por zonas de consumo

La anterior tabla relaciona los consumos estimados [kWh/mes] en categorías diferenciados por las zonas anteriormente mencionadas. Los consumos de la categoría 5 y 6 son asumidos en “Otras zonas” ya que se ubican en áreas comunes, además de ser de uso y acceso público.

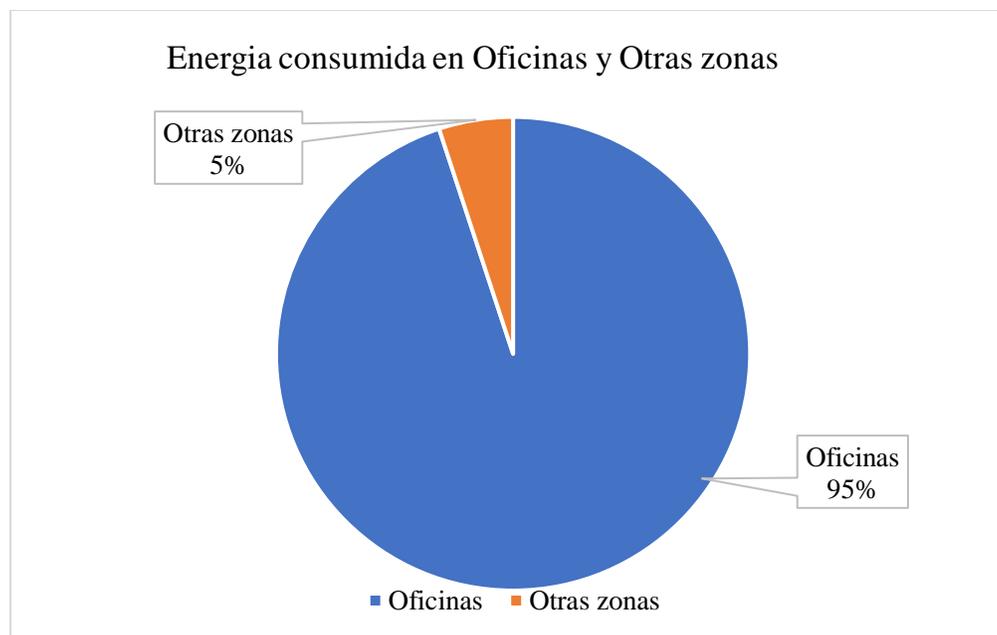


Figura 17. Consumo diferenciado por áreas

Basado en la figura 17, se muestra que el mayor consumo de energía en las instalaciones del edificio es debido al funcionamiento y operación de actividades en oficinas, con un 95% del consumo total mensual.

8.3. CONSUMO DIFERENCIADO POR ENTIDADES Y SECRETARIAS ASOCIADAS.

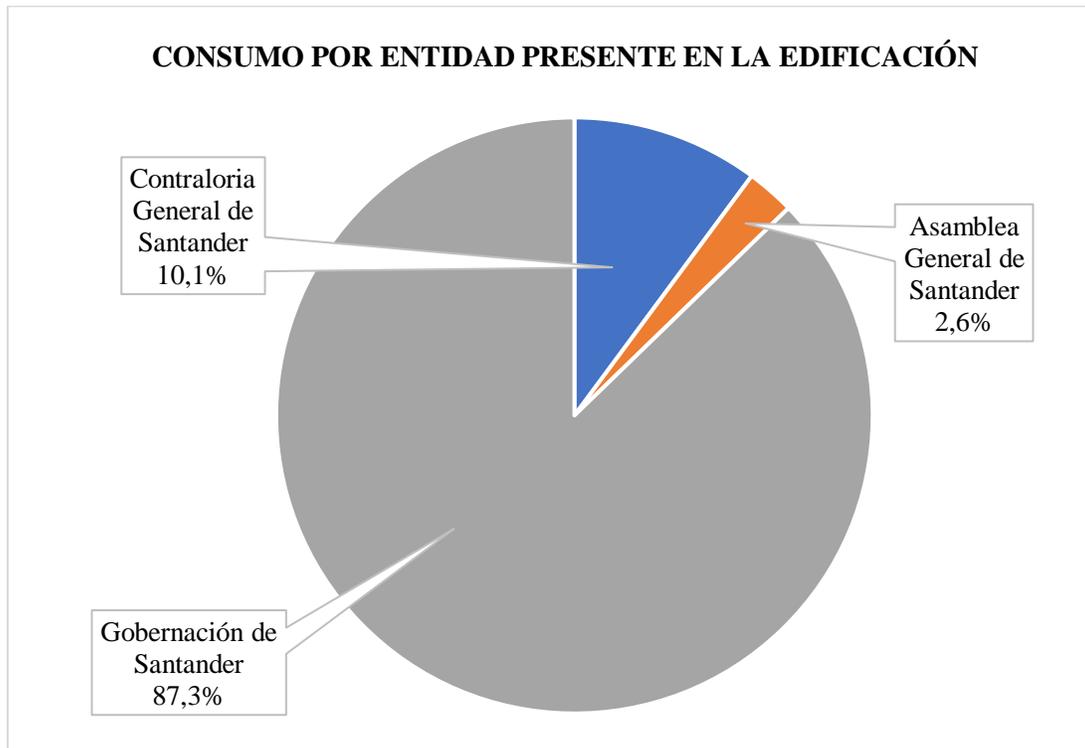


Figura 18. Participación en el consumo de energía por entidad.

Como ya se mencionó con anterioridad, en la edificación estudiada, se ubican 3 entidades diferentes, las cuales corresponden a: Gobernación de Santander, Contraloría General de Santander y la Asamblea Departamental de Santander. En la figura 18 se relaciona el porcentaje de participación en el consumo mensual de energía eléctrica por entidad.

Las categorías asignadas a cada entidad corresponden a la número 1,2,3,4 y 7. Esto dado a que son aparatos o servicios de los cuales se depende para la operación en las oficinas, o directamente brindan confort en las mismas. Este inciso no toma en consideración el servicio de telecomunicaciones, ya que, a pesar de ser un servicio compartido por todo el edificio, no se le pudo asignar un porcentaje de participación en el consumo para cada entidad correspondientemente.

De igual manera, se exige el consumo calculado en el anterior ítem, denominado como “Otras zonas”.

Para la realización del diagrama de Pareto se desglosa el consumo de la Gobernación de Santander, en sus correspondientes secretarías, esto dado a que esta entidad representa el 87,3% del consumo

total en oficinas, dando un contraste bastante notorio respecto a las otras entidades. De igual manera, se toman las mismas consideraciones para la elaboración del anterior gráfico.

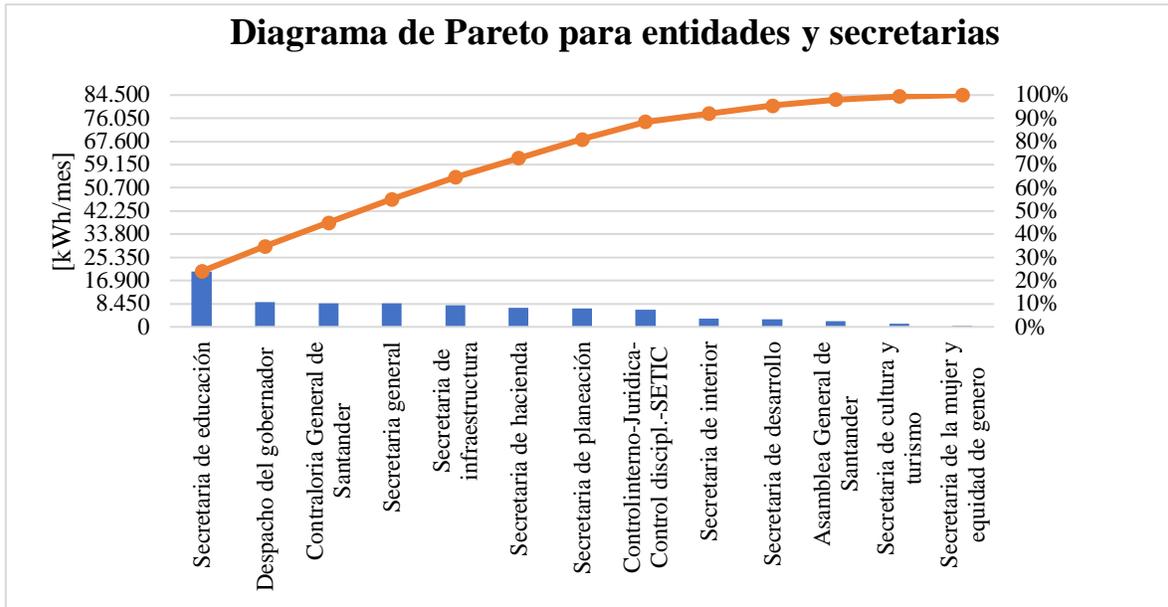


Figura 19. Diagrama de Pareto por secretaría o entidad

9. OPORTUNIDADES DE MEJORA CON MÍNIMA O NULA INVERSIÓN

9.1. CAPACITACIÓN DE FUNCIONARIOS Y PERSONAL DEL EDIFICIO

Lo primero a observar cuando se quiere disminuir costos debidos al consumo de energía eléctrica, es el uso que se le da. Si no se puede disminuir costos debido al uso, ahí sí se analizan las posibilidades respecto a cambio tecnológico o energías renovables. Sabiendo lo anterior, capacitar al personal y los funcionarios que en las instalaciones laboran, referente al uso eficiente de la energía eléctrica, con la finalidad de evitar sobrecostos de energía por la incorrecta manipulación de equipos o aparatos que consuman la misma es el principal paso hacia el consumo eficiente de la energía. Esto dado a que la totalidad del consumo de energía se relaciona al desarrollo de actividades en las instalaciones, ligado al uso de equipos ofimáticos, iluminación y sistemas de acondicionamiento de aire mayoritariamente.

En el inventariado y levantamiento de cargas se evidenció inadecuados usos de la energía, por ejemplo, con los aires acondicionados. Según la data obtenida de los consumos históricos del edificio administrativo de la gobernación de Santander, en un solo día del fin de semana, días no laborales, se consumen 1.092 kWh. Esto se determinó calculando el promedio de consumo de las tres cuentas del edificio (ANEXO 4) dadas en las curvas telemidas (Figura 20). Esto caso de consumo se entiende como un consumo constante, es decir que va a permanecer tanto los fines de semana como en días laborales.

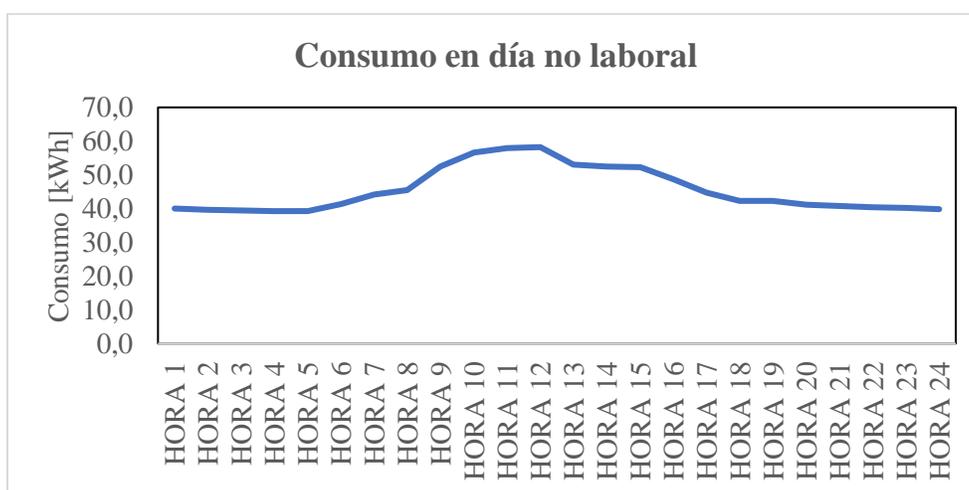


Figura 20. Curvas telemidas de las cuentas del edificio de los fines de semana

Del inventariado realizado, se sabe que algunos aires acondicionados permanecen encendidos las 24 h, como se evidencia en la tabla 5 y se detalla en la tabla 13. Alguna de las razones por las que esto ocurre, es que el cuarto técnico del aire se mantiene con llave, imposibilitando a los funcionarios apagar el aire acondicionado.

Tabla 13. Aires acondicionados encendidos las 24 horas

TIPO	UC	CAP REFRIG [Ton Refrig]	CARGA TERMIC A [TR]	CONSUMO DIARIO [kWh]	CONSUMO MENSUAL [kWh]
UMA sin inverter	045	7,500	3,979	121,92	3657,77
UMA sin inverter	046	7,500	3,979	121,92	3657,77
UMA sin inverter	047	7,500	3,979	121,92	3657,77

UMA sin inverter	048	7,500	3,979	121,92	3657,77
UMA sin inverter	049	5,000	2,974	91,13	2733,90
UMA sin inverter	059	5,000	2,643	80,98	2429,62
UMA sin inverter	060	5,000	2,643	80,98	2429,62
UMA sin inverter	061	5,000	2,643	80,98	2429,62
Split Inverter	090	1,500	0,300	7,30	219,029
Split Inverter	091	2,000	1,345	32,73	981,98
Split Inverter	092	1,466	0,895	21,79	653,73
				883,6212982	

Tabla 14. Aires acondicionados encendidos las 24 horas

Los aires acondicionados representan el 80,92% del consumo diario del fin de semana. El otro 19% o 208 kWh restantes deben ser ocasionados por iluminación o consumos parasitarios. El consumo de 883,62 kWh se da en un solo día no laboral, y por mes hay 8 días no laborales, lo que da un consumo mensual de 7.068,97 kWh. Es decir, si los aires acondicionados son apagados al menos los fines de semana, representaría un ahorro de \$ 3.842.574.

9.2. CAMBIO DE EQUIPOS DE COMPUTO

Mediante el proceso de inventariado realizado en las instalaciones de la edificación, se identificaron 913 equipos de cómputo repartidos en las diferentes entidades, dependencias y secretarías. Así mismo, se diferenciaron todos los equipos debido a marca y referencia, proceso que permitió consultar los datos nominales de estos y posteriormente mediante de medición de consumos se pudo determinar un indicador de consumo apegado a lo descrito en el inciso 7.4. Estas actividades permitieron identificar que los equipos con valores altos de potencia nominal [240W-365W], normalmente computadores de mesa presentarán indicadores de consumo mayores. Cabe resaltar, que los rangos de potencia nominal anteriormente mostrados no toman en consideración la potencia nominal de la pantalla [45W].

Adicionalmente, se constató que una cantidad significativa de equipos de cómputo presentan una antigüedad bastante notoria, donde cerca de 367 computadores o el 40,2% de la totalidad ya presentan las características descritas. La carga instalada en estos equipos es representativa a 124,72 kW, con un consumo mensual de 5.996,4312 kWh/mes.

Es difícil determinar cuál es la vida útil de un PC de forma genérica pues esta depende en gran medida del uso y mantenimiento que se le da. Entiéndase como vida útil promedio “la duración estimada que un objeto puede tener cumplimiento correctamente con la función por la cual ha sido creado”. La vida útil efectiva promedio para un equipo de cómputo CPU es de 6 años [66]. Mas, consultando en la web, el tiempo medio que puede transcurrir para que el usuario de un ordenador destinado a realizar actividades sencillas y tareas de baja carga como es ofimática, navegación o multimedia, decida que ha de cambiar de PC suele oscilar entre los 7 y los 10 años.

Ahora, como se mencionó en el inciso 6.1, en el edificio administrativo de la gobernación se encontraron equipos como HP Compaq dc7900 Convertible Minitower PC, modelo del 2008 [67]. Según lo anteriormente mencionado, estos equipos debieron ser cambiados alrededor del 2018, es decir, ya debe realizarse el cambio de tecnología.

Este escenario contempla el cambio de la cantidad ya mencionada de equipos de cómputo, reemplazándolos por equipos de tipo todo en uno [120 W] [29], ya que son los que menos consumo

de energía presentan con características de procesamiento acordes a las actividades que se realizan en las entidades. Sin mencionar que estos equipos no contemplan un consumo de energía extra, producto del uso de una pantalla ajena a la torre. Los costos debidos a este cambio corresponden a \$1.699.000 por unidad, con una inversión global de \$623.533.000. Este valor no se contempla para realizar el análisis económico de la reconversión tecnológica debido a que, según la antigüedad de los equipos, estos deben ser cambiados ejecútese o no las propuestas de mejora mencionadas en el presente proyecto.

Consumo de unidades a cambiar	5.996	kWh/mes
Consumo de unidades de reemplazo	2.224	kWh/mes
Ahorro por cambio de equipos	3.772	kWh/mes
Costo de kWh	527,47	\$
Dinero ahorrado por reconversión	1.989.643	\$/mes

Tabla 15. Ahorro por cambio de computadores

Realizándose este cambio de tecnológica, se reduciría el consumo de la categoría de análisis en 3.772,05 kWh/mes, representativo al 4,19% del consumo total mensual en la edificación.

9.3. MERCADO DE ENERGÍA

Según la CREG 131 de 1998, un usuario no regulado es una persona natural o jurídica con una demanda máxima superior a un valor en MW o a un consumo mensual mínimo de energía en MWh, definidos por la Comisión, por instalación legalizada, a partir de la cual no utiliza redes públicas de transporte de energía eléctrica y la utiliza en un mismo predio o en predios contiguos. Sus compras de electricidad se realizan a precios acordados libremente entre el comprador y el vendedor [34].

En la misma ley se establecen los siguientes límites de potencia o energía mensuales para que un usuario pueda realizar el cambio a no regulado: A partir del primero de enero del 2000 se debe tener una potencia instalada mayor a 0,1 MW o un consumo mensual mayor a 55 MWh. De igual manera, se establece que la figura de usuario regulado, que presenta características de consumo y carga instalada por debajo de los anteriormente definidos.

La Resolución CREG 119 de 2007 definió la fórmula tarifaria general que permite a los Comercializadores Minoristas de electricidad establecer los costos de prestación del servicio a usuarios regulados en el Sistema Interconectado Nacional y, entre ellos, establece la forma en que se traslada el costo de compras de energía al usuario final.

La fórmula tarifaria establece que los costos de las compras que los comercializadores realicen en la Bolsa de Energía se trasladen directamente a los usuarios regulados. [35]

Actualmente, el suministro de energía en el edificio administrativo de la gobernación de Santander es provisto por 3 cuentas diferentes, dos suplidas por la comercializadora de energía ESANT en el mercado no regulado y una cuenta restante que es suplida por la empresa ESSA en el mercado regulado. Escenarios de mejora para las cuentas de la ESANT no pueden ser planteados, ya que estas cuentan con tarifas especiales en el costo unitario de energía por pertenecer al mercado no regulado, así mismo, no presentan contribuciones de algún tipo. Por otro lado, la cuenta provista por la ESSA permite realizar el planteamiento de oportunidades de mejora, los mismos se presentan a continuación.

9.3.1. Cambio de usuario ante la ESSA

Como ya se mencionó, el servicio suplido por la empresa ESSA, con número de cuenta 488120 se factura bajo el mercado regulado, dado que las características de consumo y carga instalada no permiten que esta cuenta pueda pasar al mercado no regulado. Sin embargo, la empresa prestadora del servicio presenta diferentes tipos de tarifas dependiendo de si se es usuario residencial o no residencial (usuarios comerciales o industriales, acueductos y oficiales.) Actualmente la facturación de energía en el edificio administrativo se rige bajo usuario comercial.

Ahora bien, en las instalaciones operan organismos gubernamentales que pueden ser regidos como usuarios oficiales, ya que son organismos estatales pertenecientes al estado. Este escenario, se plantea como el cambio de usuario comercial a oficial ante la ESSA. Este cambio de usuario se realiza por medio de una solicitud presentada ante la empresa prestadora del servicio por parte de las entidades que en las instalaciones operan y no presenta costo alguno. El escenario permite la disminución de costos totales facturados, ya que se exime de contribución de activa y reactiva, así como aportes voluntarios [36]. Adicionalmente, los costos de alumbrado público disminuyen de igual manera, ya que usuarios comerciales y residenciales realizan aportes del 15%, por otro lado, usuarios oficiales realizan contribuciones del 10% [38] [39]. Los costos de alumbrado público son obligatorios y se calculan con una base gravable debidos a los costos de energía activa y reactiva consumidos [40]. Los costos de energía reactiva corresponden a consumos superiores al 50% respecto de la facturación de energía activa y son cobrados a costos de distribución.

Los beneficios económicos del presente escenario se relacionan en las tablas 16 y 17, los costos unitarios de energía se toman de la base de datos de tarifas ESSA en los meses en los cuales se ejecutó el proceso de inventariado [37]. Se toma en consideración que los costos se consultan bajo la premisa que la edificación es dueña de los activos (transformador) y la medida se realiza a nivel de tensión 1.

USUARIO COMERCIAL ESSA		
facturación marzo 2021	Cantidad	Valor
Costo unitario de energía [\$/kWh]	\$	533
Costo de distribución [\$/kWh]	\$	153
Consumo de activa	11.220	\$ 5.985.283
Consumo de reactiva	1.650	\$ 252.343
Contribución activa	11.220	\$ 1.197.056
Contribución reactiva	1.650	\$ 50.468
Impuesto Alum. Publico [15%]	0	\$ 935.644
Sobretasa ART 313	0	\$ -
AJ Sobretasa ART 313	0	\$ 39.360
Aporte volunt. DEC 517	0	\$ 8.000
TOTAL, FACTURADO		\$ 8.468.156
USUARIO OFICIAL ESSA		
facturación marzo 2021	Cantidad	Valor
Costo unitario de energía [\$/kWh]	\$	533
Costo de distribución [\$/kWh]	\$	153
Consumo de activa	11.220	\$ 5.985.283
Consumo de reactiva	1.650	\$ 252.343
Impuesto Alum. Publico [10%]	0	\$ 623.762

TOTAL, FACTURADO	\$ 6.861.389
Disminución de costos	\$ 1.606.766
% de disminución	18,97%

Tabla 16. Escenario de cambio de usuario para marzo de 2021

USUARIO COMERCIAL ESSA		
facturación febrero 2021	Cantidad	Valor
Costo unitario de energía [\$/kWh]	\$	533,4
Costo de distribución [\$/kWh]	\$	153
Consumo de activa	9.780	\$ 5.217.118
Consumo de reactiva	1.650	\$ 252.344
Contribución activa	9.780	\$ 1.043.424
Contribución reactiva	1.650	\$ 50.469
Impuesto Alum. Publico [15%]	0	\$ 820.419
Sobretasa ART 313	0	\$ -
AJ Sobretasa ART 313	0	\$ -
Aporte volunt. DEC 517	0	\$ 8.000
TOTAL, FACTURADO		\$ 7.391.774
USUARIO OFICIAL ESSA		
facturación febrero 2021	Cantidad	Valor
Costo unitario de energía [\$/kWh]	\$	533,4
Costo de distribución [\$/kWh]	\$	153
Consumo de activa	9.780	\$ 5.217.118
Consumo de reactiva	1.650	\$ 252.344
Impuesto Alum. Publico [10%]	0	\$ 546.946
TOTAL, FACTURADO		\$ 6.016.408
Disminución de costos		\$ 1.375.365
% de disminución		18,61%

Tabla 17. Escenario de cambio de usuario para febrero de 2021

El porcentaje de disminución de costos en la cuenta mencionada presenta un ahorro promedio del 18,79% después de la aplicación del escenario propuesto. La aplicación de este porcentaje de ahorro puede llegar a hacer representativo en una disminución promedio del 3,14% respecto del pago total por el uso del servicio en la edificación. A continuación, se muestran los costos totales de la cuenta y los costos totales de energía en la edificación, su comportamiento antes y después de aplicado el escenario en el mismo espacio de tiempo. Los rangos de tiempo mostrados corresponden al primer semestre del 2021.

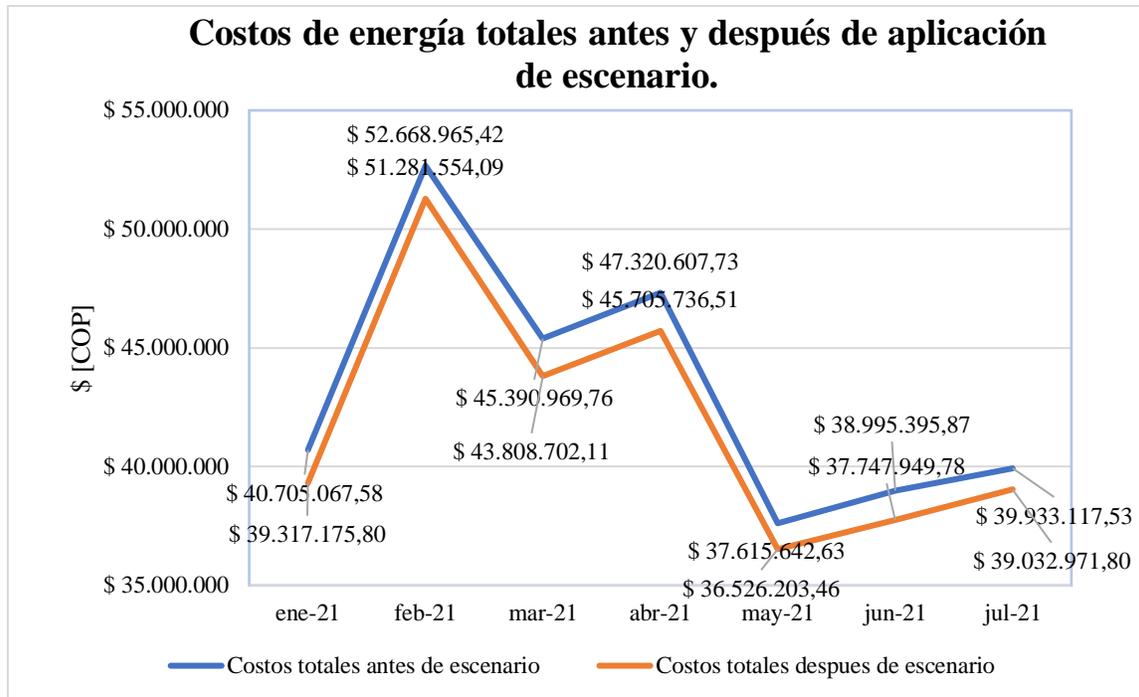


Figura 21. Costos totales de energía facturada antes y después de aplicación de escenario CAMBIO DE USUARIO ESSA.

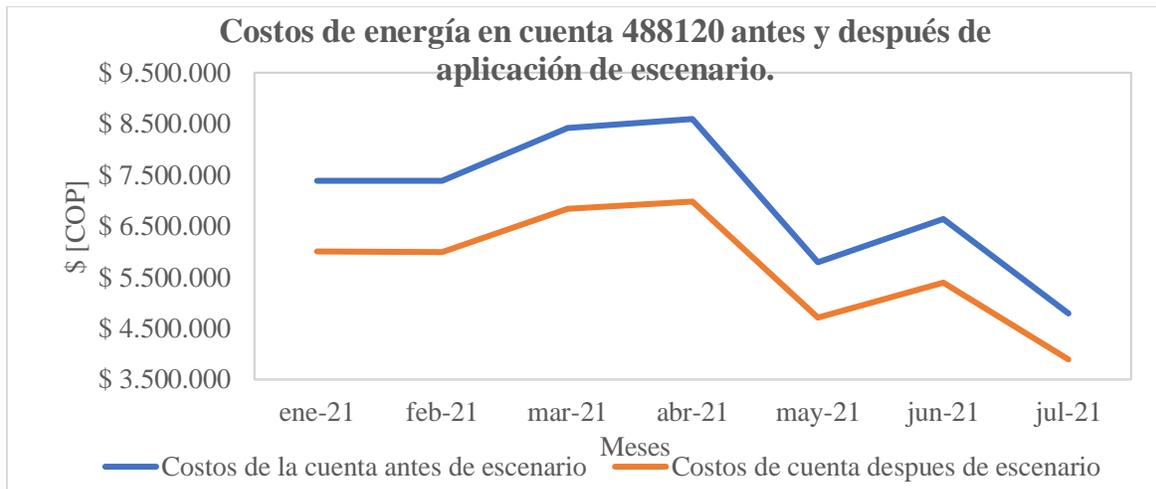


Figura 22. Costos de energía en cuenta 488120 facturada antes y después de aplicación de escenario CAMBIO DE USUARIO ESSA.

Mediante la aplicación del escenario se plantea un ahorro semestral por valor de \$9.209.472,96, donde el escenario se plantea como PROMETEDOR, ya que no requiere de costos asociados para la implementación del escenario y genera un ahorro considerable.

9.3.2. Cambio de comercializador en cuenta 488120.

En el presente escenario se desarrolla la propuesta de realizar un cambio de comercializador de energía para la actual cuenta 488120 suplida por la empresa ESSA. En este escenario se toma en

consideración que la cuenta seguirá estando en el mercado regulado y el operador de red seguirá siendo la empresa ESSA y la facturación se realizará como usuario oficial (inciso 9.3).

La elección correspondiente para el cambio de comercializador depende directamente de las entidades que se ubican en el edificio administrativo, sin embargo, para facilidad del estudio se propondrá una elección con base a históricos del costo unitario de energía y costes de energía facturado en un periodo de tiempo establecido para este escenario [agosto del 2020 a agosto del 2021], donde se planteará la contratación del servicio con la empresa comercializadora que presente menores costes. Los datos mostrados a continuación relacionan los costos unitarios de energía de 3 empresas diferentes (VATIA SA ESP [42], ENERMAS SAS ESP [41] y RUITOQUE ESP [43]) a la actual prestadora del servicio (ESSA [45]), todos los cálculos se extienden en el mismo periodo de tiempo. Los datos mostrados relacionan usuario oficial, nivel de tensión 1 y activos propiedad del usuario, con el fin de obtener una base de comparación igual entre comercializadoras.

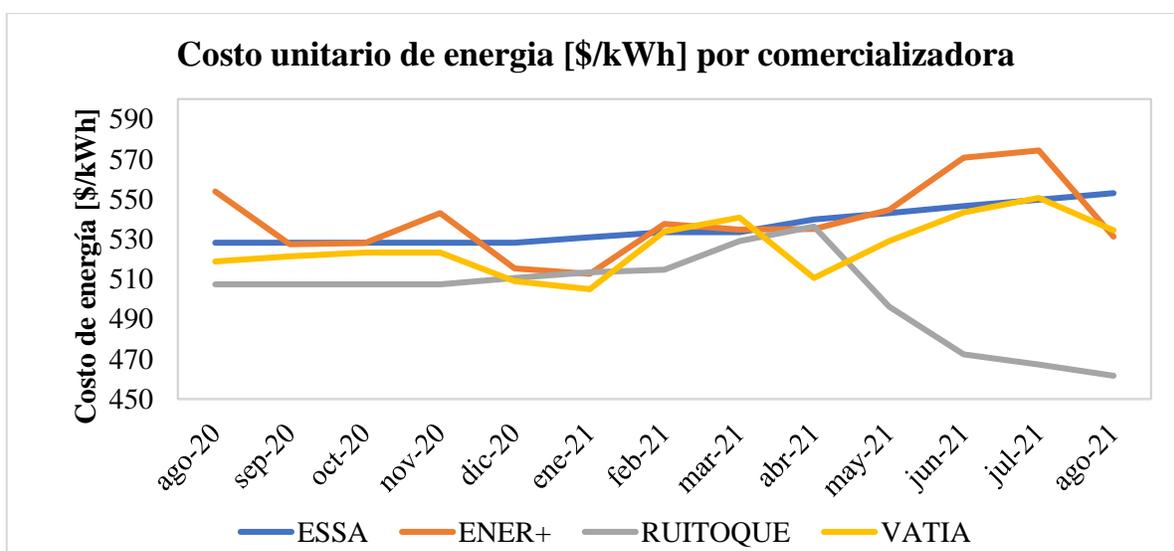


Figura 23. Costo unitario de energía por comercializador en el mercado regulado

Meses evaluados	Comercializadora			
	ESSA	ENERMAS	RUITOQUE	VATIA
ago-20	\$ 5.617.785,09	\$ 5.873.417,88	\$ 5.408.234,04	\$ 5.521.756,45
sep-20	\$ 4.142.021,03	\$ 5.495.129,97	\$ 5.294.489,97	\$ 5.434.656,99
oct-20	\$ 5.662.846,95	\$ 5.544.262,02	\$ 5.336.699,94	\$ 5.495.424,82
nov-20	\$ 6.050.861,72	\$ 5.743.376,43	\$ 5.387.641,71	\$ 5.546.814,81
dic-20	\$ 5.230.179,32	\$ 5.414.803,68	\$ 5.367.352,32	\$ 5.353.508,72
ene-21	\$ 6.018.492,19	\$ 5.404.848,24	\$ 5.413.576,08	\$ 5.327.668,53
feb-21	\$ 6.016.409,01	\$ 5.689.787,40	\$ 5.460.957,48	\$ 5.652.095,67
mar-21	\$ 6.881.407,23	\$ 5.664.734,46	\$ 5.608.053,66	\$ 5.727.490,36
abr-21	\$ 7.002.773,35	\$ 5.622.622,14	\$ 5.636.986,71	\$ 5.390.988,46
may-21	\$ 4.724.280,85	\$ 5.603.740,77	\$ 5.119.395,81	\$ 5.449.043,81
jun-21	\$ 5.409.467,89	\$ 5.956.492,42	\$ 4.971.249,70	\$ 5.684.217,86
jul-21	\$ 3.903.418,88	\$ 5.817.712,72	\$ 4.744.790,32	\$ 5.579.753,54

ago-21	\$ 3.854.843,19	\$ 5.420.692,17	\$ 4.722.565,29	\$ 5.452.595,55
Total	\$ 70.514.786,69	\$ 73.251.620,29	\$ 68.471.993,02	\$ 71.616.015,60
% diferencia	0%	-4%	3%	-2%

Tabla 18. Costos de energía para cambio de comercializador escenario 10.2.2

De los anteriores datos mostrados, si bien las comercializadoras presentan menores costes en el valor unitario de la energía, al simular los costos totales debido al consumo de la cuenta en los periodos de tiempo establecido, solo la comercializadora RUITOQUE presenta un ahorro de dinero en el pago de energía, donde las demás comercializadoras llegan a presentar costos mayores respecto de la actual prestadora del servicio. Cabe resaltar que la base de comparación se presenta respecto de un usuario oficial ante la ESSA, contrario al estado actual de la cuenta. Los ahorros totales de un usuario oficial suplido por la empresa RUITOQUE, respecto de la condición actual se muestran a continuación.

Meses evaluados	Comercializador y usuarios diferente	
	RUITOQUE usuario oficial	ESSA usuario comercial
ago-20	\$ 5.408.234,04	\$ 6.894.553,95
sep-20	\$ 5.294.489,97	\$ 5.083.389,90
oct-20	\$ 5.336.699,94	\$ 6.947.518,50
nov-20	\$ 5.387.641,71	\$ 7.426.057,05
dic-20	\$ 5.367.352,32	\$ 6.447.451,50
ene-21	\$ 5.413.576,08	\$ 7.386.331,95
feb-21	\$ 5.460.957,48	\$ 7.383.775,05
mar-21	\$ 5.608.053,66	\$ 8.420.796,45
abr-21	\$ 5.636.986,71	\$ 8.594.311,95
may-21	\$ 5.119.395,81	\$ 5.797.973,25
jun-21	\$ 4.971.249,70	\$ 6.638.882,85
jul-21	\$ 4.744.790,32	\$ 4.790.557,35
ago-21	\$ 4.722.565,29	\$ 4.730.937,30
Total	\$ 68.471.993,02	\$ 86.542.537,05
% diferencia	\$ 18.070.544,03	20,88%

Tabla 19. Comparativa de consumo entre comercializadores.

El escenario anteriormente expuesto en la tabla 20 se presenta como PROMETEDOR, ya que en el espacio de tiempo evaluado (1 año), presenta un ahorro total de \$ 18.070.544,03 o lo equivalente a un 20,88% de diferencia respecto a los costos de energía facturados en ese mismo periodo de tiempo. Sin embargo, este escenario presenta costos de inversión debidos al cambio de elementos de medición o tele medición y la contratación con la empresa comercializadora, siendo este de \$ 6.000.000, que corresponde a una cotización realizada ante la comercializadora RUITOQUE ESP.

10. OPORTUNIDADES DE MEJORA CON INVERSIÓN MEDIA O ALTA

10.1. SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

Los sistemas solares fotovoltaicos (FV) se presentan como un escenario de mejora ya que brindan una fuente de energía eléctrica por medio del aprovechamiento de fuentes de energía no convencionales. Estos sistemas son dependientes de la irradiación solar, de áreas para la instalación de la infraestructura relacionada al sistema, capacidades del transformador asociado a la acometida de conexión del sistema FV, así como de determinadas condiciones ambientales y de diseño para su operación eficiente.

Para el planteamiento de este escenario, se estudia la capacidad máxima de generación, usando el área disponible en los techos sin sombras, así como la disponibilidad de carga, y dependiendo de los resultados y la carga instalada en paneles solares, se definirán las opciones de comercialización conforme a lo descrito en la CREG 030 de 2018 [53].

El área total de tejado disponible en las instalaciones del edificio administrativo de la Gobernación de Santander corresponde a $3226,05 m^2$, sin embargo, no todas las áreas de tejado se presentan como viables para la instalación de sistemas FV debido a sombras, según lo observado en las visitas realizadas. La arquitectura propia del edificio y la posición del mismo respecto del sol generan sombras a lo largo del día. En la siguiente figura se muestra una imagen aérea de las instalaciones y su relación respecto del eje de coordenadas.

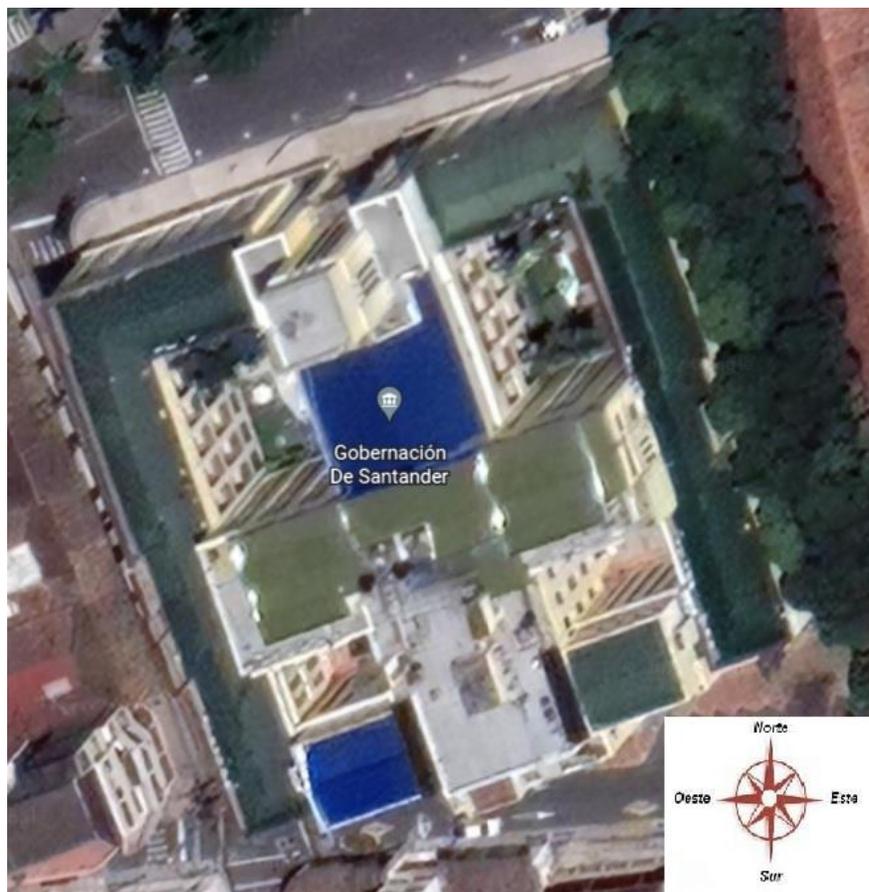


Figura 24. Imagen aérea de las instalaciones.

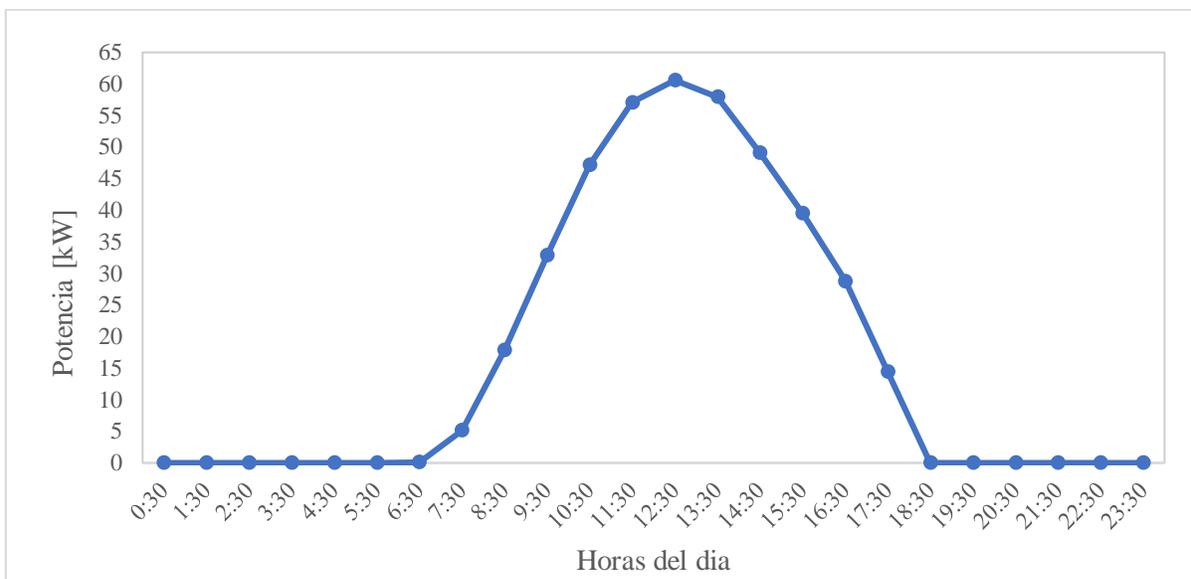
De la figura 24 se destacan las sombras generadas en los techos laterales de la edificación, así como las generadas por las torres durante determinadas horas del día. Se identificó que sobre los techos centrales no se generan sombras y se plantean como las áreas de interés para la implementación del sistema FV, el área total de este tejado corresponde a $747,05 m^2$.

- Paneles solares y generación FV.

El presente caso de estudio toma en consideración paneles de potencia nominal de 450 W, de tipo monocristalinos, pertenecientes a la marca HELIOS PLUS [46], la elección del elemento corresponde a la mayor potencia posible por unidad y su relación costo/beneficio.

Basado en la potencia nominal de los paneles solares escogidos para el desarrollo del caso de estudio se podrían instalar 256 paneles [115,2 kWpico]. Para este cálculo se toma en consideración un factor de servicio del 25% (espacio sin ocupación de paneles solares usado en actividades de servicio). En la figura 25 se relaciona la generación de energía por parte del sistema ya descrito con condiciones de irradiación promedio anual. Los datos de cálculo son tomadas de la página web de SOLARGIS, mediante su aplicativo SOLARGIS PROSPECT [47], de igual manera los datos de irradiación son tomados de la base de datos de PVgis 5.2 [48] para la ciudad de Bucaramanga.

Figura 25. Generación FV.



El presente sistema tendría una generación de energía de $410,77 kWh_{día}$ con las condiciones de irradiación ya mencionadas, y una generación mensual de $12323,1 kWh_{mes}$ respectivamente para un mes de 30 días.

- Frontera comercial relacionada al sistema FV y escenario de comercialización.

Para la determinación de la frontera comercial a la cual estará conectado el sistema solar fotovoltaico, se realiza una comparativa de la generación que tendría el sistema para los meses de febrero y marzo del 2021 respecto del consumo presentado, con el fin de constatar la energía suplida por la red, así como su repercusión respecto del consumo de energía reactiva posterior a la instalación.

MES	Cons. Activa [kWh-mes]	Cons. Reactiva [kVAR-mes]	Generación FV [kWh-mes]	Cons. de activa después de instalación FV [kWh-mes]	% de reactiva después de instalación FV
feb-21	27.710	4.102	11.502	16.208	25,3%
mar-21	25.150	3.580	12.734	12.416	28,8%

Tabla 20. Reducción en el consumo de energía con aplicación de caso de estudio a cuenta NMRC-NR-04

ESANT NMRC-NR-05					
MES	Cons. Activa [kWh-mes]	Cons. Reactiva [kVAR-mes]	Generación FV [kWh-mes]	Cons. de activa después de instalación FV [kWh-mes]	% de reactiva después de instalación FV
feb-21	56.345	19.526	11.502	44.843	43,5%
mar-21	49.805	17.448	12.734	37.071	47,1%

Tabla 21. Reducción en el consumo de energía con aplicación de caso de estudio a cuenta NMRC-NR-05.

ESSA 488120					
MES	Cons. Activa [kWh]	Cons. Reactiva [kVAR]	Generación FV [kWh]	Entrega a la red de activa después de instalación FV [kWh]	% de reactiva después de instalación FV
feb-21	9.780	6.540	11.502	1.722	100%
mar-21	11.220	7.260	12.734	1.514	100%

Tabla 22. Reducción en el consumo de energía con aplicación de caso de estudio a cuenta ESSA 488120.

De las tablas 20 y 21, se puede constatar que se puede suplir parte del consumo de energía activa en las cuentas evaluadas y aun así no superar el porcentaje de consumo de energía reactiva penalizado según lo establecido por la resolución CREG 015 de 2018 [52]. Sin embargo, *para el desarrollo de este caso se considera suplir el consumo de las cargas alimentadas normalmente por la cuenta NMRC-NR-04*, ya que al instalar el sistema solar fotovoltaico mantiene porcentajes de consumo de reactiva considerablemente menores respecto de los evidenciados en la cuenta NMRC-NR-05 y la ESSA 488120.

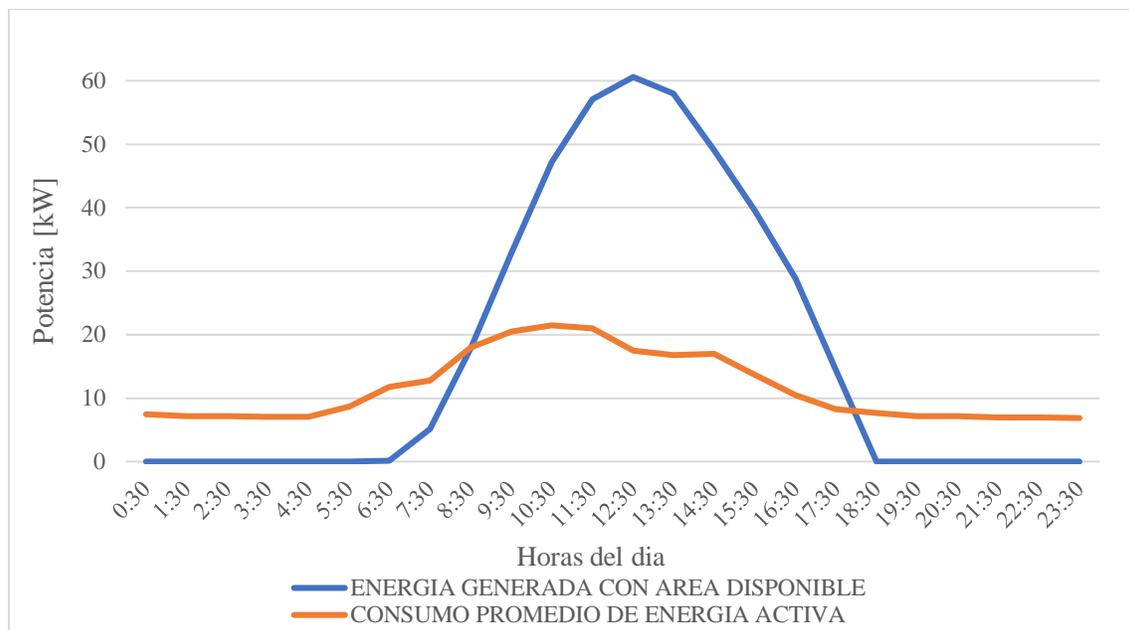
Esta última cuenta (tabla 22), no se considera como un escenario viable para suplir su consumo con el sistema propuesto, ya que a pesar de que estaría entregando energía a la red, el consumo de energía reactiva debe ser suplida por la red en su totalidad, lo cual acarrearía sobrecostos a futuro tomando en consideración la resolución CREG 195 de 2020 [51] donde se establece una variable de incremento en el costo de reactiva penalizada por renuencia mensual en el consumo de esta energía. La normativa establece que "...A partir del décimo tercer mes de transporte de energía reactiva con la misma condición, esta variable se incrementará mensualmente en una unidad hasta alcanzar el valor de 6. Si el transporte de energía reactiva en exceso sobre el límite desaparece durante más de tres meses consecutivos, la variable reiniciará a partir de 1. Cuando el valor de M=6 se haya mantenido durante

12 meses, en caso de persistir el consumo de energía reactiva en exceso sobre el límite, a partir del mes siguiente la variable continuará incrementándose mensualmente en una unidad hasta alcanzar el valor de 12". Lo anterior da pie al aumento del costo de reactiva facturada a largo plazo presentando repercusiones en el costo unitario liquidado, el cual puede llegar a escalar si no se presenta la corrección en el escenario.

De igual manera, se toma en consideración los consumos presentes los fines de semana, días en los cuales no hay funcionamiento en las instalaciones, más sin embargo se presenta un consumo promedio de 276,38 kWh_{dia} para la cuenta asociada, estos se identifican en el inciso 9.1. La energía entregada por el sistema FV supera el consumo presente en la cuenta, esta relación se muestra en la figura 26. La energía intercambiada en un día de fin de semana corresponde a 241,1 kWh_{dia}, cerca del 58,7% respecto de la generación diaria. Así mismo, se estarían auto consumiendo 169,67 kWh_{dia}, donde la red tendría que suministrar 106,71 kWh_{dia}.

Figura 26. Generación FV vs. Curva característica de consumo de potencia activa en fin de semana.

Figura 27. Generación FV vs. Curva característica de consumo de potencia activa en fin de semana.



La generación de energía en días operativos se relaciona gráficamente a continuación, donde la figura 27 muestra la comparación entre la energía activa consumida por la cuenta y la energía generada por el sistema FV. Así mismo, la figura 28, relaciona gráficamente la energía activa y reactiva suplida por la red, después de la aplicación del sistema descrito en este inciso.

Figura 28. Generación FV vs. Curva característica de consumo de potencia activa diaria (entre semana).

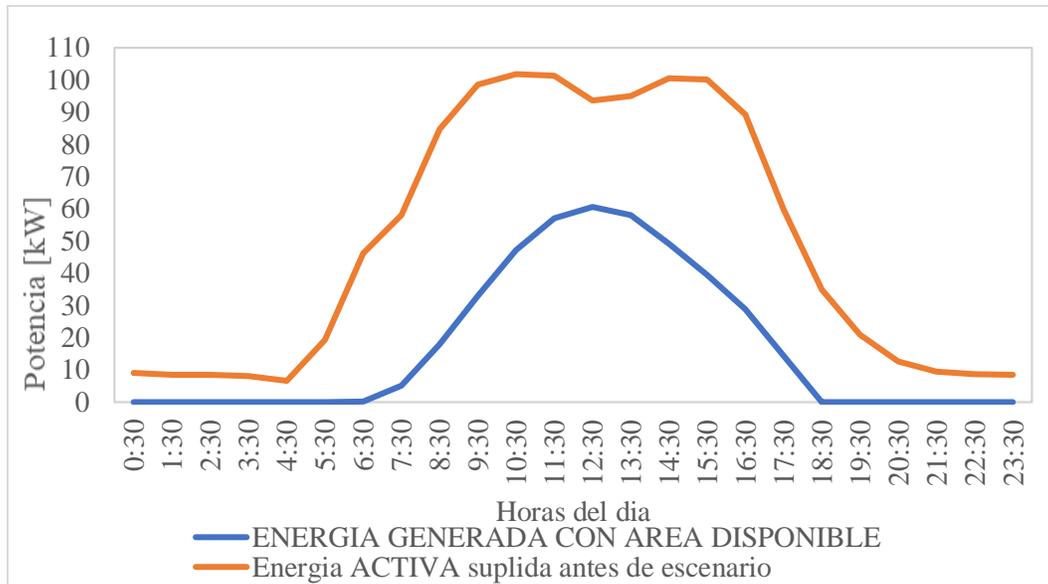
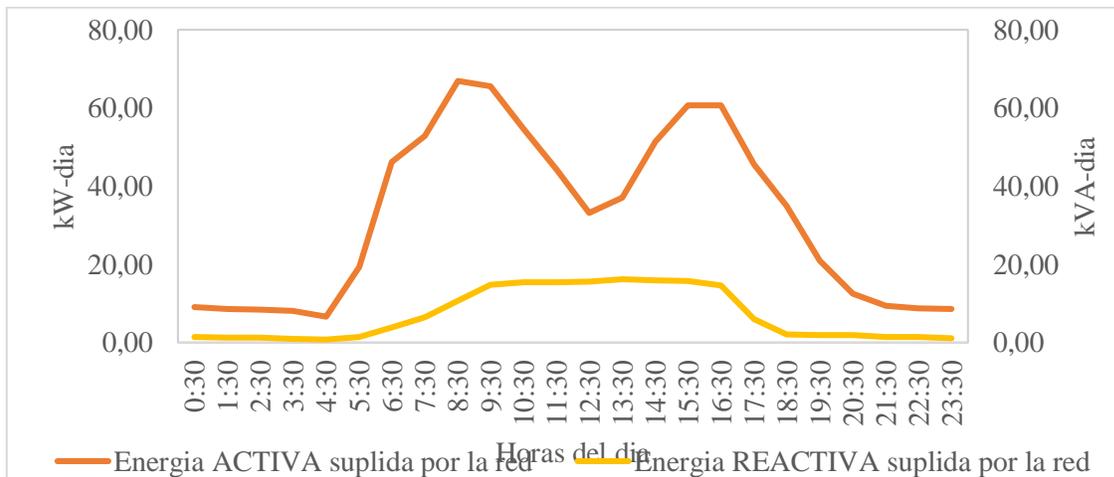


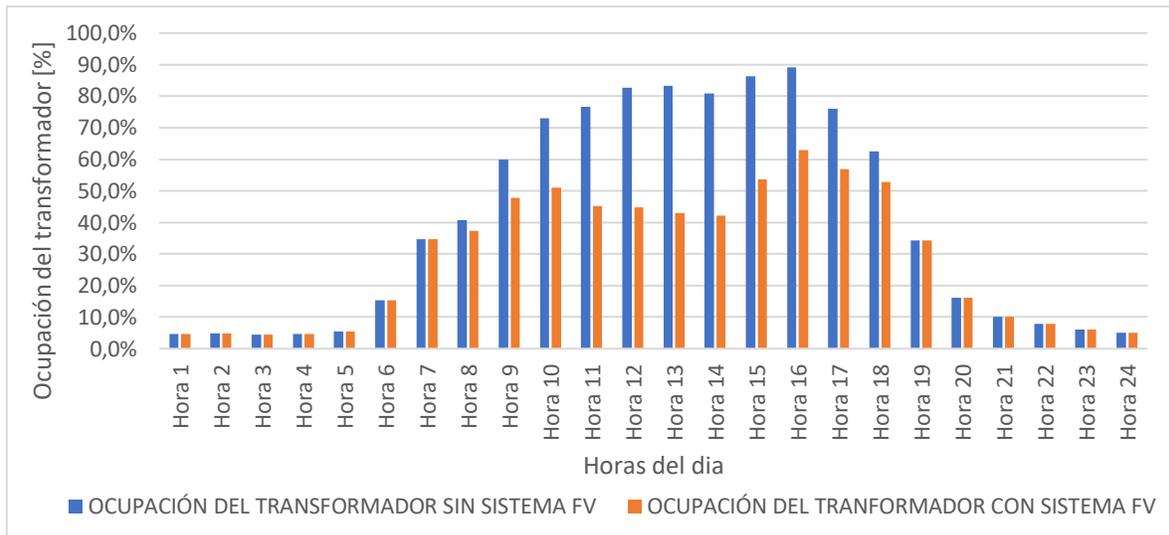
Figura 29. Energía suplida por la red después de aplicación de caso (entre semana).



Con los datos anteriormente mostrados, se establece un escenario de autoconsumo con intercambio de energía con la red. Dado que en días operativos, la energía generada es consumida en su totalidad por la carga asociada a la frontera comercial, y los excedentes de energía entregados a la red en los días de fin de semana no son representativos, bajo la premisa de que no se pueden generar ingresos a favor del usuario, ya que este presenta limitaciones por ser de tipo gubernamental.

Así mismo, la instalación de este sistema asociado a la frontera comercial ya establecida, presenta beneficios para la instalación misma, relacionado al nivel de cargabilidad del transformador (ANEXO 4). Con los datos obtenidos con el comercializador de esta frontera comercial, se pudo establecer que para el día de mayor consumo para el 2021, el transformador estaría ocupado a un 90% de su capacidad nominal en horas pico de consumo, si bien se implementará el sistema solar propuesto, la demanda del transformador bajaría a un 63% en horas de mayor consumo. Los porcentajes de ocupación del transformador se relacionan en la figura 29.

Figura 30. Porcentaje de ocupación del transformador asociado a la frontera comercial con y sin sistema FV.



- ELECCIÓN DE INVERSORES, DESCRIPCIÓN DE CONEXIÓN, CONSIDERACIONES Y COSTOS ASOCIADOS.

La elección de inversor para el desarrollo de este caso se realizó con base a la potencia instalada en paneles. Se plantea el uso del inversor solar FIMER PVS-50/60-TL [58], con potencia nominal de 60kW. El equipo cuenta con 3 entradas de MPPT y se usarían 2 inversores para cubrir la potencia instalada (ambos inversores con igual capacidad conectada en paneles fotovoltaicos, 57,6 kWp o 128 paneles). De igual manera, se distribuyen 42 paneles en un MPPT y 43 paneles en cada MPPT sobrante. La implementación de este equipo también toma en consideración la inclusión de un transformador, ya que el voltaje de salida en AC es de 480 V, y el nivel de tensión para el barraje de distribución es de 220 V. Adicionalmente, se instalará transformadores de corriente o CT a la entrada del barraje principal y en la salida del inversor con la finalidad de censar los niveles de corriente de la carga.

Como se mencionó anteriormente, para este caso de estudio se entregará toda la energía generada por el sistema solar fotovoltaico, para suplir parte del consumo de energía activa en la cuenta relacionada. El porcentaje de disminución en los costes se asumen respecto del ahorro monetario debido a los primeros 9 meses del 2021, esto limitado a los datos solicitados al prestador del servicio y la fluctuación del costo unitario de energía en el mercado no regulado. Los costes de energía posterior a la implementación del sistema consideran el reajuste producto del intercambio de energía con la red los fines de semana, la base de cálculo se establece en la normativa CREG 030 [53].

MESES FACT.	Consumo Total Activa [kWh_mes]	Cuv [Activa]	Generación FV auto consumida [kWh_mes]	Generación FV intercambiada [kWh_mes]	FACTURACIÓN ANTES DE APLICACIÓN DE CASO [\$]	FACTURACIÓN DESPUES DE APLICACIÓN DE CASO [\$]	% DISMINUCIÓN DE COSTOS
ene-21	22.060	\$ 502,97	10.323	2.411	\$ 11.095.522	\$ 4.706.015	58%
feb-21	27.710	\$ 579,48	9.573	1.929	\$ 16.057.421	\$ 9.404.680	41%
mar-21	25.150	\$ 527,48	10.805	1.929	\$ 13.266.122	\$ 6.561.443	51%
abr-21	23.119	\$ 558,69	10.394	1.929	\$ 12.916.354	\$ 6.043.743	53%
may-21	19.001	\$ 544,74	10.323	2.411	\$ 10.350.605	\$ 3.429.199	67%
jun-21	18.521	\$ 569,96	10.394	1.929	\$ 10.556.229	\$ 3.544.735	66%
jul-21	21.520	\$ 563,03	10.564	2.170	\$ 12.116.406	\$ 4.960.564	59%
ago-21	18.259	\$ 551,25	10.564	2.170	\$ 10.065.274	\$ 3.059.439	70%
sep-21	25.009	\$ 548,67	10.394	1.929	\$ 13.721.469	\$ 6.972.336	49%

Tabla 23. Reducción en los costes de energía con implementación de escenario solar fotovoltaico.

- INVERSIÓN Y RETORNO DE LA INVERSIÓN CASO 2.

La evaluación de costos del escenario se abarca en la tabla 23, se considera un porcentaje de reducción en costos de energía promedio del 55,8% anual.

Así mismo los costos de inversión debido a la aplicación del escenario son tomados de la web o fueron suministrados por consultoría a una empresa nacional que realiza implementación de sistemas fotovoltaicos.

Dentro de la estructura de costos de inversión se plantea un elemento asimilado como “OTROS”, la cual asimila los costes de transporte, cables, transformadores de corriente o CTs, mano de obra, protecciones en corriente alterna y continua, gabinetes y tableros de distribución, así como estudios de conexión simplificada, estudios estructural y certificación RETIE. Este valor es representativo al 30% de los costos totales de inversión.

De igual manera, se asimilan costos de operación y mantenimiento correspondientes al 3,39% anual [56], tomando en consideración una vida útil del sistema de 20 años.

ELEMENTO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
PANELES SOLARES	256	\$ 730.226	\$ 186.937.856
INVERSORES	2	\$ 24.748.188	\$ 49.496.376
Transformador baja tensión seco clase H 140KVA 480/220-127V	1	\$ 18.476.000	\$ 18.476.000
ESTRUCTURA EN ALUMINIO	115,2	\$ 200.000	\$ 23.040.000
OTROS	1	\$ 119.121.528	\$ 119.121.528
TOTAL, DE INVERSIÓN			\$ 397.071.760

Tabla 24. Costos de inversión sistema solar fotovoltaico.

RETORNO DE LA INVERSIÓN		
Costos de inversión	\$ 397.071.760	[\$]
Costos de mantenimiento (durante la vida útil del proyecto)	\$ 269.214.653	[\$]
Total inversión + mantenimiento	\$ 666.286.413	[\$]
Ahorro anual por implementación	\$ 81.950.996	[\$]
Tiempo de retorno de inversión	8,13	Años

Tabla 25. Retorno de la inversión sistema solar fotovoltaico.

El caso presenta una tasa interna de retorno TIR del 24% y un valor presente neto VPN de \$475.352.030, presentándose, así como un escenario o propuesta de mejora VIABLE.

10.2. SISTEMA DE ILUMINACIÓN PARA INTERIORES

Teniendo en cuenta que uno de los objetivos del desarrollo del presente proyecto es lograr niveles de consumo energético eficientes, se espera que, al utilizar luminarias a unas de bajo consumo y alta eficiencia, se logre disminuir los consumos eléctricos de la instalación. Este escenario plantea el cambio de tecnología y la unificación del sistema de iluminación. Como se mencionó en el inciso 6.2, en el edificio administrativo de la gobernación se encontraron 10 tipos de iluminación, ya sea que varíen por tamaño o tecnología. Se propone realizar el cambio de luminarias con tecnologías de alto consumo energético como lo son las luminarias tipo fluorescente y las incandescentes por luminarias LED.

La principal ventaja de los tubos LED es el ahorro que genera en la factura de la luz. Puesto que está demostrado que puede llegar a reducir hasta un 50% el consumo energético. Aunque la principal ventaja sea la reducción del consumo energético cabe destacar que tiene una vida útil muy superior a las fluorescentes (10.000 horas fluorescente y 50.000 horas LED), resistencia a temperaturas extremas, protección del medio ambiente pues los tubos fluorescentes e incandescentes están hechos de materiales nocivos como el mercurio o el vapor de mercurio. La lámpara propuesta para este estudio es el tubo LED de 1,2 m. Estos tubos LED propuestos utilizan el mismo cuerpo de luminaria que los fluorescentes, por lo que resultan en una ventaja económica al mejorar las instalaciones existentes. No es necesario cambiar la luminaria completa, y hay un ahorro en materiales y mano de obra. [68]

Para poder diseñar una instalación de iluminación, se siguió los lineamientos de la normativa colombiana actual para iluminación, RETILAP (Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público) [69]. Este reglamento es una herramienta de cálculo que nos ayuda a determinar el número de lámparas a usarse en un espacio arquitectónico. Hay varios métodos para realizar este cálculo, pero el que se siguió en este estudio es conocido como sistema general o método del factor de utilización, este método es sencillo y práctico para calcular el nivel medio de iluminación en una instalación de alumbrado; y se usa en todos aquellos espacios arquitectónicos donde se deba utilizar una iluminación general y uniforme, principalmente en vestíbulos, salones de clase, áreas de trabajo secretarial, bibliotecas y, entre otras.

Lo primero es establecer las dimensiones y características del lugar de estudio.

- Las longitudes a tener en cuenta (Figura 31) se muestran en la siguiente imagen, las cuales se obtuvieron para la elaboración de los planos del edificio (ANEXO 6).
- El nivel de iluminación media E_m depende de la actividad que se realiza en el lugar, valor que se encuentra tabulado en la tabla 410.1 de la norma [69]. El valor recomendado para oficinas es 500 lúmenes, como se muestra en la figura 32.
- El tipo de lámpara es tubo LED T8 Essential de 18 [W] y su flujo luminoso es de 1850 lúmenes (Ficha técnica en referencia [70])
- La altura de suspensión de las lámparas para oficinas es lo más altas posibles, siendo en este caso lámparas empotradas en techo.
- Los coeficientes de reflexión de techos, paredes y suelos dependen de sus materiales y superficies. Para techos claros, 0.5; para paredes medias, 0.3; para suelos oscuros, 0.1.
- Por último, el factor de mantenimiento depende del grado de suciedad del ambiente y la frecuencia de la limpieza. Para ambientes de trabajo en despacho, oficinas comerciales e informáticas se puede usar 0.85.

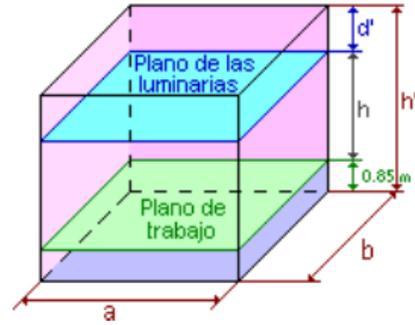


Figura 31. Longitudes para cálculo de luminarias

maquinado de madera					
Terminado e inspección final	19	0,9	500	750	1000
Oficinas					
Oficinas de tipo general, mecanografía y computación	19	0,8	300	500	750
Oficinas abiertas	19	0,8	500	750	1000
Oficinas de dibujo	16	0,9	500	750	1000
Salas de conferencia	19	0,8	300	500	750
Centros de atención médica					
Salas	22	0,8	50	100	150

Figura 32. Niveles de iluminación según RETILAP para oficinas

Con todo lo anterior, se calcula el índice de local con la ecuación $k = \frac{a*b}{h(a+b)}$. Lo que significa que el índice K varía según las longitudes del edificio. Ahora, conociendo k y los índices de reflexión, se establece el coeficiente de utilización (CU). El valor de CU se encuentra tabulado y lo suministran los fabricantes de las luminarias. Para la luminaria contemplada, el CU se expone en la figura 33

Índice habitación k	Reflectancias (%) para el techo, paredes y plano de trabajo (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00
0.60	0.40	0.38	0.38	0.37	0.36	0.29	0.27	0.22	0.25	0.21	0.17
0.80	0.50	0.47	0.47	0.46	0.44	0.37	0.34	0.29	0.31	0.27	0.22
1.00	0.58	0.53	0.54	0.53	0.51	0.43	0.40	0.35	0.36	0.32	0.27
1.25	0.65	0.60	0.62	0.59	0.57	0.50	0.46	0.41	0.42	0.38	0.31
1.50	0.72	0.65	0.67	0.65	0.62	0.55	0.50	0.45	0.46	0.42	0.35
2.00	0.81	0.72	0.76	0.72	0.69	0.63	0.57	0.53	0.52	0.49	0.41
2.50	0.87	0.77	0.82	0.78	0.74	0.68	0.62	0.58	0.57	0.54	0.46
3.00	0.92	0.81	0.86	0.81	0.77	0.72	0.66	0.62	0.60	0.57	0.49
4.00	0.98	0.85	0.92	0.86	0.81	0.77	0.71	0.67	0.65	0.62	0.53
5.00	1.02	0.88	0.96	0.90	0.84	0.80	0.74	0.71	0.68	0.65	0.56

Montaie en techo

Figura 33. Coeficiente de Utilización de tubo LED 18W de 120cm

El flujo necesario total de cada oficina es dado por $\Phi_T = \frac{E_m * b * a}{CU * F_m}$ y el número de lámparas está dado por $N = \frac{\Phi_T}{n * \Phi_L}$ donde n es las lámparas por luminaria y Φ_L es el flujo luminoso de una sola lampara.

Según el cálculo anterior, se necesitan 1.145 luminarias 3x18W LED de 120 cm para satisfacer la iluminación de oficinas. Por último, se realizó una evaluación sobre la validez de los resultados de la iluminación obtenida. Para esto, se calculó la iluminación promedio de las oficinas con las características propuestas, la cual debe ser igual o mayor de 500 lúmenes. En el ANEXO 8 se muestra este cálculo, donde se evidencia que algunas oficinas tienen un valor inferior (mayores a 450 lúmenes) al recomendado mas aun así los costos de se hacen con 1.145 luminarias, ya que según la norma la iluminación mínima es de 300 lúmenes.

Ahora, según lo consultado, el precio de esta luminaria es de alrededor de \$172.000 [71]. El consumo actual del edificio respecto a oficinas es de 10.690 kWh y con el sistema unificado de iluminación propuesto seria de 11.018 kWh. Como se puede ver, se da un aumento en el consumo de 192 kWh. Este aumento nos da a entender que la iluminación en el plano de trabajo no era la indicada, según lo que especifica la norma RETILAP.

Potencia de la luminaria [w]	54
Total de luminaria del sistema	1.145
Precio de la luminaria [C/U] [71] [\$]	171.930
Costo de inversión [\$]	196.860.354
Carga instalada actual en oficinas [kW]	59,9
Carga instalada propuesta en oficinas [kWh]	61,8
Consumo actual [kWh]	10.691
Consumo estimado por cambio [kWh]	11.018
Aumento por cambio [kWh]	328

CU [\$/kWh]	527
Aumento por cambio [\$/mes]	101.044

Tabla 26. Ahorro por cambio del sistema de iluminación

10.3. MODERNIZACIÓN DE SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE.

Este escenario se plantea como una alternativa para la disminución en los costes de energía eléctrica producto de la reconversión tecnológica en equipos de acondicionamiento de aire. De la caracterización energética (inciso 8) se permitió determinar que estos sistemas son representativos al 66,63% del consumo total en las instalaciones.

Los equipos relacionados al edificio se encuentran compuestos de una unidad exterior o unidad condensadora y una unidad interior o unidad manejadora, si bien se presentan equipos tipo Split, cassette y UMA, todos presentan las características de conformación ya mencionadas. Sin embargo y como se evidencio en el inciso 7.4, los indicadores de consumo para cada tipo dependen de la incorporación de tecnologías en las unidades, donde, por ejemplo, equipos UMA sin tecnología inverter o que no incorporen variadores de frecuencia, presentan un 12,23% más de consumo respecto de unidades que si incorporan dicha tecnología. Estos equipos presentan relevancia, ya que aportan significativamente al consumo de energía de esta categoría. Otras variables de influencia radican en la antigüedad del equipo, donde unidades con una antigüedad superior a los 10 años presentan caídas en la eficiencia significativas al 60% [55]. De igual manera, equipos sin un mantenimiento regular pierden cerca del 5% de su eficiencia original por cada año de operación [55]. Se realiza énfasis en esta variable, ya que en las instalaciones se evidenciaron equipos con una antigüedad superior a la mencionada, y fundamentalmente apuntan a un mayor índice en el consumo energético. Adicionalmente se presenta en las instalaciones un sobredimensionamiento en la carga instalada de refrigeración del 56% respecto de la carga térmica a suplir.

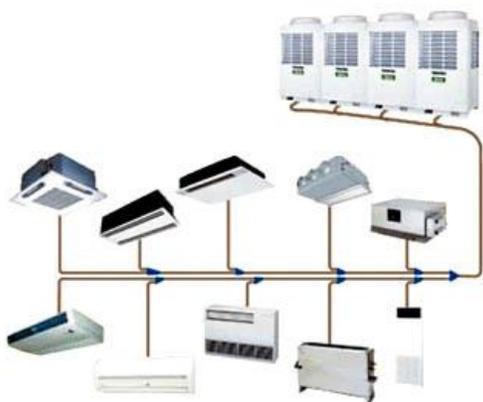


Figura 34. Sistema de aire VRF

De lo anterior se formula el cambio en la conformación de las unidades preexistentes, aprovechando la constitución de estos, por medio de la incorporación de sistemas de aire acondicionado de refrigerante variable o VRF (Variable Refrigerant Flow). Estos sistemas permiten regular el caudal de flujo de refrigerante que se envía desde una misma unidad exterior a distintas unidades interiores utilizando la tecnología Inverter de los compresores y las válvulas de expansión electrónicas adaptándose a la demanda de cada unidad interior como se muestra en la figura 34. Se trataría de un tipo de sistema multi-split de expansión directa en el que cada unidad interior opera individualmente según demanda de temperatura, aunque con un principio de funcionamiento diferente y más complejo. [64]

Estos sistemas, se conforman principalmente por unidades condensadoras de tipo central que conectan múltiples unidades interiores, distribuyendo el refrigerante a cada unidad dependiendo de la demanda de carga térmica del sitio a acondicionar. De esta manera y para el actual caso de estudio, se considera solo la adquisición de unidades condensadoras VRF, con la finalidad de mantener las unidades manejadoras o interiores existentes y no incurrir en mayores gastos de inversión. Se

considera el cambio de los conductos que distribuyen el líquido refrigerante de unidad interior a exterior y viceversa.

De los datos obtenidos, por medio del cálculo de la carga térmica de los lugares que presentan acondicionamiento de aire (190,476 TR), se sobredimensiona en un 26% el sistema propuesto con la finalidad de suplir un aumento en las cargas térmicas a futuro, producto del aumento de funcionarios o equipos en las instalaciones y conforme a la capacidad nominal térmica de los equipos de reemplazo. Las unidades condensadoras VRF de cambio pertenecen a la marca SAMSUNG referencia AM192HXVAFR/AA con capacidad nominal de 16 TR, donde se instalarían cerca de 15 unidades condensadoras (240 TR). Así mismo, se asimilan costos de operación y mantenimiento correspondientes al 4,345% del costo de inversión en un año. El consumo promedio de estos equipos es de 0,85 [kW/TR]. En la siguiente tabla se relacionan los costos de inversión para el presente escenario. El elemento asimilado como “OTROS” corresponde al costo debido a conductos, instalación y mano de obra, este se asimila como el 10% del costo de inversión. Se establece un ciclo de vida útil de 10 años para la base de cálculo.

ELEMENTO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
UNIDADES CONDENSADORAS	15	\$ 30.799.360,00	\$ 461.990.400,00
OTROS	1	\$ 46.199.040,00	\$ 46.199.040,00
TOTAL DE INVERSIÓN			\$ 508.189.440,00

Tabla 27. Costo de inversión para modernización de A.A

RETORNO DE LA INVERSIÓN		
Costos de inversión	\$ 508.189.440,00	[\$]
Costos de mantenimiento (durante la vida útil del proyecto)	\$ 220.808.311,68	[\$]
Total inversión + mantenimiento	\$ 728.997.751,68	[\$]
Ahorro anual por implementación	\$ 138.842.543,14	[\$]
Tiempo de retorno de inversión	5,25053586	Años

Tabla 28. Retorno de la inversión de modernización de A.A

El ahorro mensual producido por la aplicación del escenario corresponde a 21.285,07 kWh-mes, los ahorros anuales se relacionan en la tabla 28, se toma en consideración que la base de cálculo de consumo para los aires mantiene el tiempo de uso y la carga térmica del lugar igual para la comparación.

El caso presenta una tasa interna de retorno TIR del 29% y un valor presente neto VPN de \$524.561.692, presentándose, así como un escenario o propuesta de mejora VIABLE.

11. OPORTUNIDADES DE MEJORA CUALITATIVAS – COMPENSACIÓN DE REACTIVA

Los escenarios y oportunidades de mejora presentados en este inciso están sustentados en datos recolectados durante el proceso de inventariado o fueron solicitados directamente a las entidades relacionadas a los mismos. Sin embargo, presentan limitaciones para la correcta estructuración de la propuesta aplicable y los costos asociados. Estos escenarios se presentan como alternativas de aplicación para la disminución en los consumos de energía eléctrica, sin embargo, no cuantifican el beneficio recibido por la aplicación del mismo.

Como ya se mencionó con anterioridad, existen 3 cuentas o fronteras comerciales que suplen de energía eléctrica a las instalaciones del edificio estudiado. Los consumos son diferenciales, sin embargo, energizan mayoritariamente el consumo de equipos o sistemas relacionados a oficinas. De las cuentas valoradas, solo una de ellas (ESSA 488120) presenta un consumo de energía reactiva que infiere en penalización. En promedio, para esta cuenta, el consumo de reactiva es representativa al 59,5% respecto de la energía activa facturada, los comportamientos se relacionan en la figura 35.

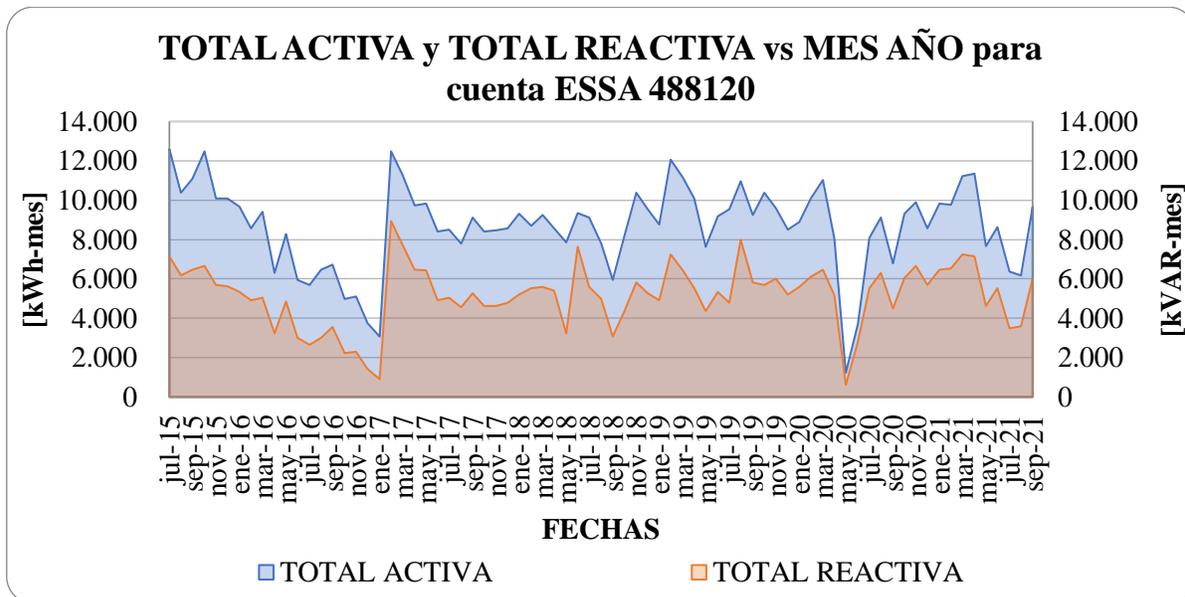


Figura 35. TOTAL ACTIVA y TOTAL REACTIVA vs MES AÑO para cuenta ESSA 488120.

Si bien los costos promedio facturados por la penalización de reactiva corresponden a \$ 182.745,29 mensuales, representativos en un 0,43% del costo global facturado por el servicio en las instalaciones. Mas debido a la implementación de la normativa CREG 199 de 2019 [28], se aumenta la penalización de energía reactiva inductiva con la inclusión de una variable de incremento “M”, donde también se toma en consideración el costo de energía reactiva capacitiva, componente que anteriormente no era facturado. El cálculo de se mantiene igual al de la reactiva inductiva.

La compensación de potencia reactiva se realiza normalmente mediante la inclusión de bancos de condensadores o dispositivos de estáticos de compensación fija, que almacenan energía en forma de campo eléctrico y una vez cumplen su ciclo de carga, entregan esta energía como corriente capacitiva que compensa las cargas inductivas. Ahora bien, estos sistemas no compensan energía reactiva capacitiva y así mismo se ven afectados por los armónicos generados por las cargas. Adicionalmente, estos equipos solo compensan cargas constantes, donde su implementación incurriría en una sobrecompensación por la entrada y salida de cargas conectadas al sistema, inyectando reactiva

capacitiva a la red. Las variables nombradas, no son consideradas, ya que se requieren de estudios de calidad de la potencia para su medición. Estas consideraciones limitan el dimensionamiento de los equipos y consecuentemente sus costos, sin embargo, en este inciso, se mencionan otras tecnologías que pueden servir para el desarrollo futuro del escenario.

- **Dispositivos dinámicos de compensación de reactiva.**

Son equipos, con normalidad motores síncronos, que realizan simultáneamente las funciones de accionamiento a una carga activa continua y la producción de potencia reactiva de compensación para el sistema. No obstante, exige para su selección de un riguroso análisis técnico-económico, dada la carga instalada a suplir, ya que la corrección se realiza mediante la corriente de excitación del motor síncrono, y dependiendo del escenario se puede incurrir en altos costes de inversión dado el dimensionamiento. [59]

- **Dispositivos estáticos de compensación escalonada.**

Son los más difundidos en aplicaciones industriales, debido a que posibilitan el mejoramiento del factor de potencia al valor deseado con poca variación en el comportamiento de este, a pesar de la variabilidad del comportamiento de la carga. La compensación del factor de potencia se realiza por medio de baterías individuales de capacitores, no necesariamente todas ellas de la misma potencia, que son conectadas y desconectadas automáticamente mediante dispositivos de conmutación.

La mayor desventaja de este tipo de dispositivos radica en sistemas con gran variabilidad de la carga, con pequeños saltos de potencia, el diseño del dispositivo se encarece, debido a la necesidad de incremento de unidades de compensación. Por otra parte, la selección de este tipo de dispositivos responde a una aplicación concreta, por lo que deben ser fabricados con carácter exclusivo. [59]

- **Dispositivos estáticos de compensación continua (SVC).**

La regulación se logra de las más disímiles formas empleando bobinas y(o) capacitores estacionarios, combinados con convertidores electrónicos de potencia, que regulan la potencia reactiva en las ramas del circuito de compensación. Estos sistemas integran algoritmos de control para garantizar la variación de la potencia reactiva inductiva y capacitiva en cada instante de tal forma que el factor de potencia del conjunto tenga siempre el mismo valor prefijado. Estos dispositivos son idóneos para una gran variabilidad de la carga. Son equipos robustos y de bajo nivel de mantenimiento, sin embargo, los costos de inversión para su adquisición son relativamente altos respecto de otros sistemas de compensación.

El principal inconveniente consiste en el empleo de la electrónica introduce no linealidades al sistema y, por ende, incrementa los efectos nocivos de la presencia de armónicos en este, a la vez que afecta el propio funcionamiento del equipo. Actualmente se diseñan teniendo en cuenta este inconveniente, incorporándoles filtros de armónicos lo que encarece aún más su valor comercial. [59]

- **Dispositivos convertidores de compensación o generadores VAR (SVG).**

Son equipos que operan sin la presencia de bobinas y(o) capacitores estacionarios, logran a través de una estrategia de control censar la demanda de potencia reactiva en la carga y proporcionarle a la misma una corriente reactiva equivalente. Operan como una fuente de energía reactiva dinámica, que puede proporcionar potencia reactiva capacitiva o absorber potencia reactiva inductiva redundante de la red eléctrica de acuerdo con el sistema eléctrico. Adicionalmente, estos equipos no se ven afectados por los armónicos, fluctuaciones de tensión y presentan mínimos costos de mantenimiento. Sin

embargo, estos equipos presentan altos costos de inversión respecto de otras tecnologías de compensación. [59] [61]

De acuerdo con las tecnologías presentadas, los equipos que presentan mejores características corresponden a las SVG y SVC, ya que permiten una compensación con mayores fluctuaciones de carga. Sin embargo, el uso de sistemas SVC requiere de la instalación de filtros de armónicos conforme a lo ya explicado. Esta consideración influye en el aumento de costos de adquisición de los sistemas, repercutiendo en el análisis para implementación del sistema de compensación en el escenario.

CONCLUSIONES

A partir de la realización de este proyecto se pueden inferir las siguientes conclusiones:

- La implementación de las propuestas de mejora presentadas en este documento representaría un ahorro total anual de entre \$ \$307.041.485,84 y \$ \$308.850.687,17 dependiendo del escenario de mercado de energía que se desee adoptar. Los costos de energía facturados anualmente en la edificación corresponden a \$518.278.572,12, donde se presentarían porcentajes de reducción en la facturación del 59,2% al 59,6%, finalmente, los costes de energía anual suplida por la red bajarían a valores cercanos a los \$210.000.000. Los costos totales de inversión para las propuestas presentadas corresponden a un aproximado de \$1.598.144.518; Este valor toma en consideración los costes de mantenimiento de los equipos a cambiar o a instalar durante su vida útil.
- Se identificaron 7 categorías de consumo de energía eléctrica que se pueden dividir en dos, las oficinas y otras zonas, las cuales involucran los cuartos de servicio y mantenimiento, cafeterías, zonas comunes y espacios destinados al control o vigilancia de las instalaciones. En las oficinas se da el 95% del consumo total de la edificación y el 5% restante es debido a Otras zonas. Por medio del diagrama de Pareto se pudo identificar los 2 principales USEn (usos significativos de la energía), correspondientes a aires acondicionados e iluminación, con porcentajes de participación del 66,63% y 13,91%, ambos son representativos a un 80,54% de la energía consumida, presentándose como los principales sistemas que hay que intervenir con el fin de disminuir circunstancialmente los costes de energía.
- De acuerdo con el estudio, se puede concluir que el edificio administrativo de la gobernación presenta importantes oportunidades de ahorro sin la necesidad de altas inversiones o incluso nulos costos. Apagar los aires acondicionados en días no laborales significa un ahorro de \$ 3'842.500 al mes, por el cambio de los computadores hay un ahorro de \$1'989.600 y por el cambio de mercado un ahorro de \$1'534.000. En total, un ahorro de alrededor de \$7'366.200 mensuales o \$88'394.400 anualmente.
- Aunque la inversión para un sistema solar fotovoltaico es significativa, se debe contemplar que el sistema cubre sus costos de inversión y mantenimiento en 8 años, permitiendo un tiempo de usufructo de 12 años. Adicionalmente, presenta la reducción en costos de energía producto de la generación con fuentes no convencionales y la omisión en emisiones de gases de efecto de invernadero con un valor cercano a 60 [Ton CO_{2eq}].
- La eficiencia energética de la iluminación con LEDs es la mejor que existe actualmente, pero los costos de esta tecnología están por encima de la fluorescente; sin embargo, en la propuesta de mejora presentada se evidencia un aumento en la carga instalada producto del correcto dimensionado del sistema de iluminación, conforme a lo establecido en la normativa vigente – RETILAP.
- Producto de la comparación del estado actual de la cuenta suplida por la empresa ESSA, numero 488120, respecto de un usuario oficial suplido por la comercializadora RUITOQUE E.S.P, se presenta una reducción en costos anuales del 20,88% o \$18'070.455
- La correcta aplicación de un escenario de mejora relacionada a los aires acondicionados lograría una reducción significativa en los consumos de energía, ya que actualmente son sistemas que presentan falencias tecnológicas y de mantenimiento que repercuten directamente en el consumo del equipo. Adicionalmente, el sistema se encuentra sobredimensionado en un 56%, donde los equipos más acrecentados se relacionan a unidades tipo UMA, que se encuentran operando a cargas relativamente bajas, ya que suplen el servicio conjuntamente con otras unidades de similares tamaños.
- No se puede establecer una ecuación que estime el consumo mensual de energía, ya los sistemas de acondicionamiento de aire son dependientes directamente de la carga térmica del sitio a

refrigerar, y esto conlleva a un cálculo riguroso de estimación, que es dependiente de las condiciones propias de cada oficina y su conformación, imposibilitando la determinación de un indicador global para su posterior asignación a una ecuación general.

RECOMENDACIONES

- Implementar un estudio de sistemas de reemplazo para el actual sistema de aire acondicionado y su correspondiente análisis económico con la finalidad de buscar otras soluciones viables para este consumo significativo de energía, tal sea el caso de distritos térmicos.
- Se recomienda implementar un plan de mantenimiento preventivo para las luminarias, en el cual se lleve un registro del cambio de las fuentes lumínicas y las modificaciones que se le hagan a la instalación, ya que debido a la suciedad que se va depositando en ellas se puede ocasionar un inadecuado nivel de iluminación requerido para el área de trabajo.
- Es fundamental para conocer el estado eléctrico del edificio la implementación de estudios de calidad de la potencia, con la finalidad de aplicar acciones correctivas que garanticen el pleno funcionamiento de los equipos, así como alargar la vida útil de los mismos. Estos estudios a su vez permiten conocer parámetros de importancia, tal sea el caso de energía reactiva inductiva y capacitiva en el sistema, así como los armónicos generados en el mismo, esto para evitar sobrecostos en la energía por penalizaciones. También es de importancia la implementación de equipos de teled medida con la finalidad de censar parámetros de interés, perfiles de carga, entre otros, que conlleven al control o monitoreo del consumo y finalmente a la disminución de costos producto de tomar medidas correctivas.
- Un estado precario de mantenimiento conlleva a un mayor consumo de energía eléctrica por parte de estos equipos, siendo un tema de prioridad dado el elevado consumo de energía. Adicionalmente, una correcta manipulación del sistema contribuye a la disminución de costos.
- La implementación de sistemas de control conlleva a una disminución circunstancial en el consumo de energía, esto aplicado principalmente a unidades manejadoras de aire (UMA) donde las cargas térmicas instaladas son relativamente altas respecto de los demás sistemas de acondicionamiento de aire encontrados.
- Realizar una correcta distribución de las cargas instaladas en barrajes de alimentación y circuitos ramales, constatar la regulación de tensión y el desbalance de corrientes es fundamental para evitar futuros daños en el sistema eléctrico del edificio, así como a los equipos que se alimentan. De igual manera, una correcta distribución de las cargas eléctricas instaladas puede solucionar la problemática referente a la penalización del consumo de energía reactiva en la cuenta ESSA 488120, esto dependiente de las disponibilidades de cargas en los transformadores.
- El reglamento técnico de instalaciones eléctricas – RETIE, indica que los cuartos de las subestaciones deben ser de uso exclusivo para la ubicación de los equipos eléctricos y no deberá ser empleado como cuarto de aseo, almacenamiento o depósito de materiales, esto con la finalidad de evitar posibles daños en las instalaciones, así como garantizar las condiciones de seguridad mínimas para las personas que laboran en las instalaciones.
- Realizar un estudio de aceite en los transformadores para constatar el estado eléctrico y térmico del equipo. Esto con la finalidad de determinar pérdidas y deterioro de estos equipos.

REFERENCIAS

- [1] Lucía Soto Rincón. (2021). Ley 2099 de 2021 “Por medio de la cual se dictan disposiciones para la transición energética, la dinamización del mercado energético, la reactivación económica del país y se dictan otras disposiciones”. 2021, de UNIVERSIDAD EXTERNADO DE COLOMBIA “Sitio web: <https://medioambiente.uexternado.edu.co/ley-2099-de-2021-por-medio-de-la-cual-se-dictan-disposiciones-para-la-transicion-energetica-la-dinamizacion-del-mercado-energetico-la-reactivacion-econom/>”
- [2] LEAL SOLANO, A. (1987). El diagrama de Pareto. *Revista Facultad De Administración De Empresas; Volumen 04,* (Número 06), 34-36. Obtenido de https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/15243/1987_Revista_Administracion_13.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [3] Borroto Nordelo Anibal, Lapido Rodrigez Margarita, Monteagudo Yanes Jose, Armas Teyra Marcos, Montesino Perez Milagros, Delgado Castillo Joel, Padron Arturo, Viego Felipe Percy. (2005). “La gestión energética: una alternativa eficaz para mejorar la competitividad empresarial” *Energética* 33.
- [4] Omar Fredy Prias Caicedo, Juan Carlos Campos Avella, David Bernardo Rojas Rodríguez. (2019). “Implementación de un sistema de Gestión de la Energía Guía con base en la norma ISO 50001” *RED COLOMBIANA DE CONOCIMIENTO EN EFICIENCIA ENERGETICA – RECIEE*.
- [5] A. C. Pe and J. M. Garc, “Gestión de la eficiencia energética: cálculo del consumo, indicadores y mejora.”
- [6] J. R. Salcedo, O. P. Caicedo, N. P. Velasco, J. L. I. Valverde, and M. I. G. López. (2014). “Guía para la identificación de áreas, proceso y equipos críticos energéticamente e implementación de indicadores de desempeño energético”, *Energética* 33, p. 68.
- [7] GESTOR. (2021). Diferencia entre ahorro y eficiencia energéticos. 2021, de Greening-e “Sitio web: <https://greening-e.com/diferencia-entre-ahorro-energetico-y-eficiencia-energetica/>”
- [8] Teresa Andrés Blanco. (2021). ¿Qué es y cómo calcular la potencia eléctrica? *electrodomesticos-hogar-sostenibilidad-ahorro-energia*. 2021, de BBVA “Sitio web: <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-y-como-calcular-la-potencia-electrica/>”
- [9] Fernando Castañeda . (2020). ¿QUÉ ES EL RETIE?, Y PORQUE ES OBLIGATORIA LA NTC 2050. 2021, de RIG “Sitio web: <https://www.retieingenieriaygestion.com/que-es-el-retie/>”
- [10] HUMBERTO CARLOS DAVILA POSADA, MAURICIO VILLA CASTAÑO. (2008). MANUAL DEL CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO (NTC 2050) METODOS Y MATERIALES DE LAS INSTALACIONES SECCIONES (300-324) . TESIS, 2021, De Base de datos.
- [11] CONGRESO DE COLOMBIA. (2001). LEY 697 DE 2001. 2021, de FUNCIÓN PUBLICA “Sitio web: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=4449>”
- [12] MINENERGÍA. (2003). Comisión Intersectorial para el Uso Racional y Eficiente de la Energía y Fuentes No Convencionales de Energía, CIURE. 2021, de MINENERGÍA “Sitio web: <https://www.minenergia.gov.co/estructura-institucional>”
- [13] NormasISO. (.). ISO 50001 GESTIÓN DE LA ENERGÍA. 2021, de NormasISO “Sitio web: <https://www.normas-iso.com/iso-50001/>”

- [14] SETIC. (2017). GOBERNACIÓN DE SANTANDER. 2021, de GOBERNACIÓN DE SANTANDER “Sitio web: <https://www.santander.gov.co/index.php/gobernacion/informacion-institucional/objetivo-general>”
- [15] José Ramón Moreno Caballero. (.). Historia de la Contraloría General de Santander y Antecedentes del Control Fiscal en Colombia. 2021, de CONTRALORIA GENERAL DE SANTANDER “Sitio web: <https://contraloriasantander.gov.co/institucional/informacion-general/historia/>”
- [16] ASAMBLEA DE SANTANDER. (.). ASAMBLEA DE SANTANDER, MISIÓN Y VISIÓN. 2021, de ASAMBLEA DE SANTANDER “Sitio web: <https://asambleadesantander.gov.co/acerca-de-nosotros/>”
- [17] UPME. (2018). Guía para la formulación e implementación de Planes de Gestión Eficiente de la Energía en Entidades Públicas, PGEE - EP. UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGETICA, 72. 2021, De Base de datos.
- [18] D. Sheet, “ACD-45PQ 600A Power Quality Clamp.” [Online]. Available: <https://femto.es/pub/media/pdf/ACD-45PQ.pdf>.
- [19]UNI-T. (.). UT230B-US Power Socket . 2021, de UNI-T “Sitio web: <https://www.unitrend.com/meters/html/product/tyyq/Power/UT230B/UT230B-US.html>”
- [20] AGUILAR R., C., & URIBE C., W. (2008). *REVISIÓN, DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIONES A LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS, VOZ Y DATOS Y CÁMARAS EN EL EDIFICIO DE LA GOBERNACIÓN DE SANTANDER* [Ebook] (pp. 6-216). BUCARAMANGA: CHAR INGENIERÍA LTDA.
- [21] AGUILAR R., C. (2014). ANÁLISIS DE CALIDAD DE ENERGÍA DE LOS TRANSFORMADORES DEL EDIFICIO DE LA GOBERNACIÓN DE SANTANDER [Ebook] (pp. 1-133). BUCARAMANGA: IE GRUPO - ELECTROTELEFÓNICO.
- [22] ANONIMO. (2017). *Informe visita de inspección preliminar sistema eléctrico Del edificio de la Gobernación de Santander 2017* [Ebook] (pp. 1-17). BUCARAMANGA.
- [23] Instituto Nacional de Salud. (2021). *Coronavirus-Colombia: Fallecidos diarios* [Image]. Retrieved from <https://economia.uniandes.edu.co/noticia/2021/covid-19-en-colombia-una-mirada-los-datos-15>
- [24] Microsoft. (2021). *Microsoft Excel* [Windows].
- [25] Artículo Técnico - Sistemas de Alimentación Ininterrumpida en los Sectores Bancario y Financiero. (2022). Retrieved 2021, from <https://www.deltapowersolutions.com/es-co/mcis/white-paper-uninterruptible-power-supplies-in-banking-and-finance-sectors.php>
- [26] Garrett. (2022). *Garrett PD 6500i DATASHEET* [Ebook]. BARCELONA. Retrieved from <https://www.orcromseguridad.com/>
- [27] SPECTRUM 7560. Retrieved 2022, from <https://www.orcromseguridad.com/wp-content/uploads/2018/09/SPECTRUM-7560.pdf>
- [28] CREG 199 de 2019
- [29] Computador All In One LENOVO 21,5" Pulgadas AIO 3 - Intel | Alkomprar. (2022). Retrieved 9 May 2022, from <https://www.alkomprar.com/computador-all-in-one-lenovo-215-pulgadas->

[aio-3-intel-core-i3-ram-4gb-disco-hdd-1tb-negro/p/195348433198?gclid=CjwKCAjw9-KTBhBcEiwAr19ig6mR_ec2PNE318HY3PTW2h163bTVld4EFS_bOqSmWrSBqQcQkfqEcxoC5PAQAvD_BwE](https://www.profesionalreview.com/2021/10/09/vida-util-de-un-pc/)

- [30] Aller, A. (2022). Vida útil de un PC: duración, mantenimiento y consejos. Retrieved 2022, from <https://www.profesionalreview.com/2021/10/09/vida-util-de-un-pc/>
- [31] El ciclo de vida útil de un PC. (2022). Retrieved 2022, from <https://www.idc.com/>
- [32] Tubo Led 1600 Lúmenes 18w T8 Luz Blanca Vidrio - Homecenter.com.co. (2022). Retrieved 2022, from https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/357075/tubo-led-1600-lumenes-18w-t8-luz-blanca-vidrio/357075/?kid=bnnext1031769&shop=googleShopping&gclid=CjwKCAjw9-KTBhBcEiwAr19ig2ROLFFiFHoLqWGmHarmvSY3y06zqqpbBDYcTc56W1-hWAAfoYpfBoCvnoQAvD_BwE
- [33] Tubo LED 9w T8 60 cm Luz Fría - Homecenter.com.co. (2022). Retrieved 2022, from https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/290615/tubo-led-9w-t8-60-cm-luz-fria/290615/?kid=bnnext1031769&shop=googleShopping&gclid=CjwKCAjw9-KTBhBcEiwAr19igw1E5Q2-QNY7kSbx9LfcDF1KNsvldNg__lbV7EVZS8zRmjXoXY3mkRoCbfcQAvD_BwE
- [34] Ministerio_de_minas_y_energia and D. E. R. D. E. Energia, “Resolución Numero 131 De 1998,” Minist. Minas y Energía, 1998, [Online]. Available: <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1aed427ff782911965256751001e9e55/c2d01cc1ae3da04a0525785a007a5fa5?OpenDocument>.
- [35] Resolución CREG 119 de 2007. (2022). Retrieved 2022, from <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1aed427ff782911965256751001e9e55/c63f06a9114e1a150525785a007a6fa2>
- [36] Ley 142 de 1994 - Gestor Normativo - Función Pública. (2022). Retrieved 2022, from <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=2752>
- [37] Consultar tarifas ESSA. (2022). Retrieved 2022, from <https://www.essa.com.co/site/mi-factura/formula-tarifaria-y-tarifas/consultar-tarifas>
- [38] CREG 039 DE 2014. (2022). Retrieved 2022, from <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/0131f0642192a5a205257cd800728c5e>
- [39] SELECCIÓN Y CONEXIÓN DE EQUIPOS DEL SISTEMA DE MEDIDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA. (2021). Retrieved May 2022, from https://cu.epm.com.co/Portals/proveedores_y_contratistas/proveedores-y-contratistas/normas-tecnicas/documentos/DOCUMENTOS-ENERGIA/NORMAS-TECNICAS-PARA-REDES-AEREAS/NORMAS-TECNICAS/RA8_030-R4-2021.pdf?ver=lasf0xiK5EOWWAim2Fa8Bw%3D%3D
- [40] Acuerdo N° 044 de 2008, Estatuto tributario del municipio de Bucaramanga. (2022). Retrieved 2022, from https://www.imct.gov.co/IMCT2/wp-content/uploads/2017/07/Acuerdo_044_2008.pdf
- [41] Enermas SAS ESP | Historico Tarifas. (2022). Retrieved 2022, from <https://enermas.com.co/historico-tarifas.html>

- [42] Tarifas Costo Unitario Mercado Regulado. (2022). Retrieved from <https://vatia.com.co/VATIA/Transparencia-y-acceso-a-la-informaci%C3%B3n-p%C3%BAblica/Tarifas-Costo-Unitario-Mercado-Regulado>
- [43] Tarifas de Energía – Ruitoque Empresa de Servicios Públicos. (2022). Retrieved 2022, from <https://www.ruitoqueesp.com/nuevo/servicios/energia/>
- [44] Consultar tarifas ESSA. (2022). Retrieved from <https://www.essa.com.co/site/mi-factura/formula-tarifaria-y-tarifas/consultar-tarifas>
- [45] Autogeneración. (2022). Retrieved 2022, from <https://www.essa.com.co/site/clientes/hogar/tramites-y-servicios-hogar/autogeneracion#>
- [46] HELIOS PLUS 425-450 W / 144 Cells / 9 Bus Bars Monocrystalline Module. (2022). Retrieved 2022, from <https://autosolar.co/pdf/HELIOS-PLUS-425-450M.pdf>
- [47] SOLARGIS PROPECT. (2022). Retrieved 2022, from <https://solargis.com/es/products/prospect/overview>
- [48] JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) - European Commission. (2022). Retrieved 2022, from https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/
- [49] CREG 174 DE 2021
- [50] Inversor solar PVS-20/30/33-TL. (2022). Retrieved 2022, from https://www.solartex.co/tienda/wp-content/uploads/2021/11/FIMER_PVS-20-30-33-TL-ES-RevB.pdf
- [51] RESOLUCIÓN CREG 195 DE 2020. (2020). Retrieved May 2022, from [http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/aca3a1823706552605258609006ebfe5/\\$FILE/Creg195-2020.pdf](http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/aca3a1823706552605258609006ebfe5/$FILE/Creg195-2020.pdf)
- [52] RESOLUCIÓN CREG 015 DE 2018. (2018). Retrieved 2022, from <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/65f1aaf1d57726a90525822900064dac?OpenDocument>
- [53] RESOLUCIÓN CREG 030 DE 2018. (2018). Retrieved 2022, from [http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/83b41035c2c4474f05258243005a1191/\\$FILE/Creg030-2018.pdf](http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/83b41035c2c4474f05258243005a1191/$FILE/Creg030-2018.pdf)
- [54] QUADRI, N. (2001). Sistemas de aire acondicionado. Retrieved 22 April 2022, from <https://books.google.com.co/books?id=J-iWDwAAQBAJ&pg=PA13&dq=vida+util+de+los+aires+acondicionados&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwi84fjCuuf3AhUuRDABHWUjDI4Q6AF6BAgJEA#v=onepage&q=vida%20util%20de%20los%20aires%20acondicionados&f=false>
- [55] Martínez García, A., Valero Delgado, A., Aranda Usón, A., Zabalsa Bribián, I., & Scarpellini, S. (2006). Disminución de costes energéticos en la empresa. Recuperado el 22 de abril de 2022, de <https://books.google.com.co/books?id=5Wd483Zt6CcC&pg=PA73&dq=vida+util+de+los+aires+acondicionados&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwi84fjCuuf3AhUuRDABHWUjDI4Q6AF6BAgLEAI#v=onepage&q=vida>
- [56] MINISTERIO DE ENERGÍAS. (2018). *Estudio de determinación de Costos de Operación, Mantenimiento y Administración Fijos de Generación con base en Energías Alternativas* [Ebook]

(1st ed., p. 42). LA PAZ BOLIVIA. Retrieved from https://energypedia.info/images/e/e2/Estudio_Costos_Fijos_OMA-Generacion_SOLAR_FV.pdf

[57] Mekler, M. (2019). Avances tecnológicos en los aires acondicionados para uso industrial. Recuperado el 23 de abril de 2022, de <https://revistaconstruir.com/avances-tecnologicos-los-aires-acondicionados-uso-industrial/>

[58] FIMER PVS-50/60-TL. (2022). Retrieved 2022, from https://www.fimer.com/sites/default/files/FIMER_PVS-50-60-TL_EN_Rev_C%20%281%29.pdf

[59] Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría", Cujae. (2005). *Evolución y desarrollo de los dispositivos compensadores de potencia reactiva* [Ebook] (16th ed., pp. 49-51). La Habana, Cuba. Retrieved from <https://rie.cujae.edu.cu/index.php/RIE/article/download/138/137>

[60] Tecnológico nacional de México. (2016). *Informe Técnico de Residencia Profesional Estudio de eficiencia y adaptación de aires acondicionados convencionales a tipo inverter* [Ebook] (pp. 1-30). México. Retrieved from https://dspace.itcolima.edu.mx/jspui/bitstream/123456789/289/1/Marc_Claes_Informe%20T%C3%A9cnico_v3.pdf

[61] Power quality - Sinexcel. (2022). Retrieved 2022, from <https://en.sinexcel.com/power/svg.php>

[62] Salazar Albán, J. (1981). El contador de energía: usos y aplicaciones. Recuperado el 12 de marzo de 2022, de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/8912>

[63] Universidad Industrial de Santander. (2014). Estudio Técnico y de inversión para montaje del sistema de aire acondicionado del centro de reuniones de la iglesia cristiana cuadrangular central, del municipio de Barrancabermeja, Santander [Ebook]. Bucaramanga. Retrieved from <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2014/151172.pdf>

[64] Sistemas VRF, la climatización eficiente para edificios y locales - Infografía - caloryfrio.com. (2016). Retrieved May 2022, from <https://www.caloryfrio.com/aire-acondicionado/aire-acondicionado-comercial/sistemas-vrf-climatizacion-eficiente-edificios-locales-comerciales-infografia.html>

[65] FORERO MORENO, A. (2014). Estudio de eficiencia energética en iluminación y uso racional de energía, mediante la implementación de estrategias de sistemas de control en áreas de oficina [Ebook]. BOGOTÁ. Retrieved from <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/820?show=full>

[66] GALVIS SARRIA, W. (2012). GUÍA PARA EL CIERRE DE CICLOS DE VIDA DE COMPUTADORES Y/O PERIFÉRICOS MEDIANTE PRODUCCION MAS LIMPIA EN INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN BÁSICA EN EL MUNICIPIO DE POPAYÁN [Ebook] (p. 83). CALI. Obtenido de https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/68153/1/guia_cierre_ciclos.pdf

[67] Guía de referencia del hardware – dc7900 minitorre convertible. (2008). Recuperado el 10 de junio de 2022, de <http://h10032.www1.hp.com/ctg/Manual/c01538435>

[68] CHAVES OSORIO, JOSÉ ANDRÉS , CANO GARZÓN, HUGO BALDOMIRO , FILLIPO RUGELES, VICTOR HUGO APLICACIONES DE ILUMINACIÓN CON LEDs. Scientia Et

Technica [en línea]. 2010, XVI(45), 13-18[fecha de Consulta 11 de Junio de 2022]. ISSN: 0122-1701. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84917249003>

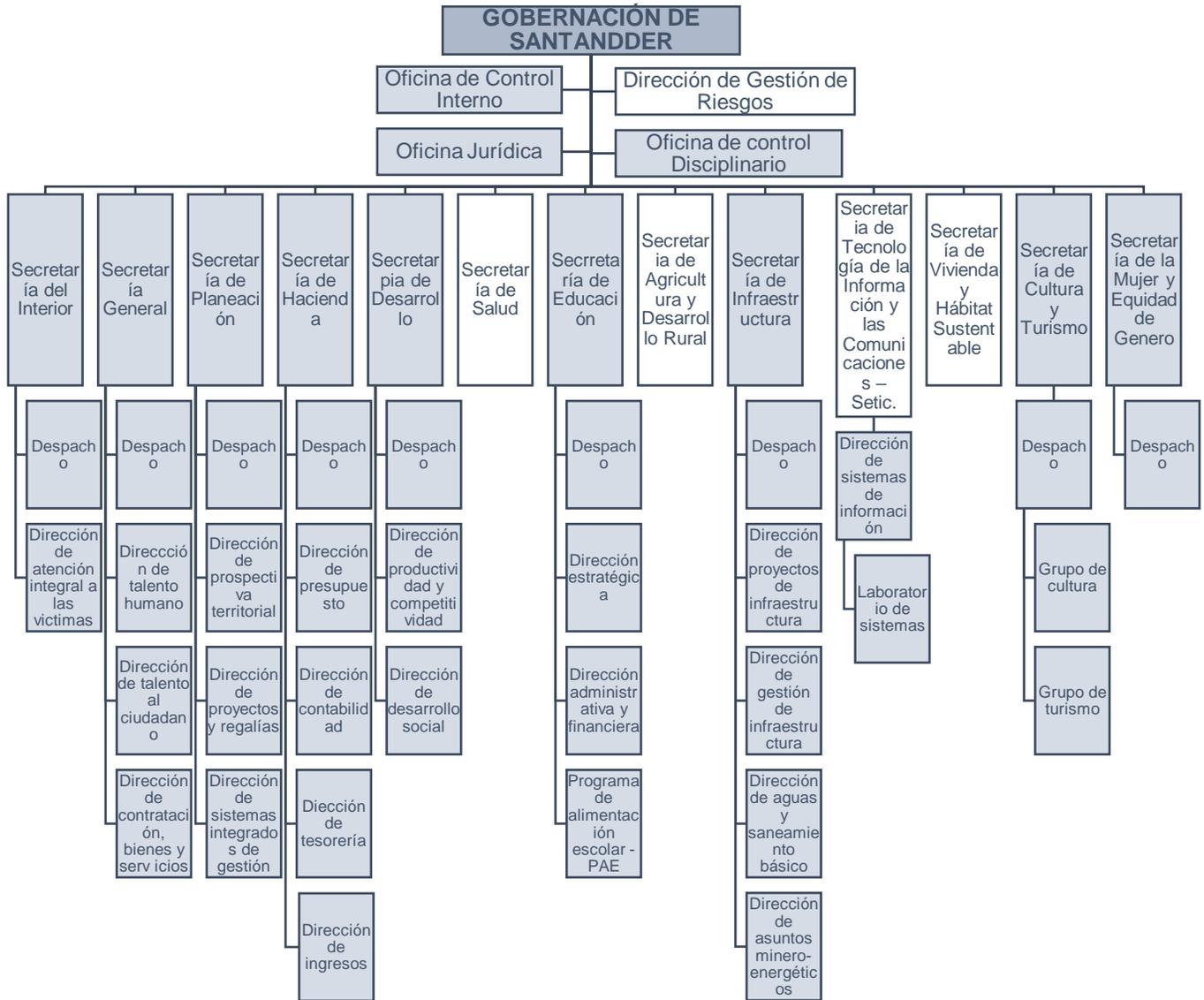
[69] MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. (2017). ANEXO REGLAMENTO GENERAL TÉCNICO DE ILUMINACIÓN Y ALUMBRADO PÚBLICO. RETILAP - (Capítulo 4). Colombia.

[70] Ficha Técnica Essential LEDtube T8. (2017). Retrieved 10 June 2022, from https://www.assets.signify.com/is/content/PhilipsConsumer/PDFDownloads/Colombia/technical-sheets/ODLI20180227_001-UPD-es_CO-Ficha_Tecnica_Tubo_LED_T8_Essential_100-240V_Vidrio.pdf

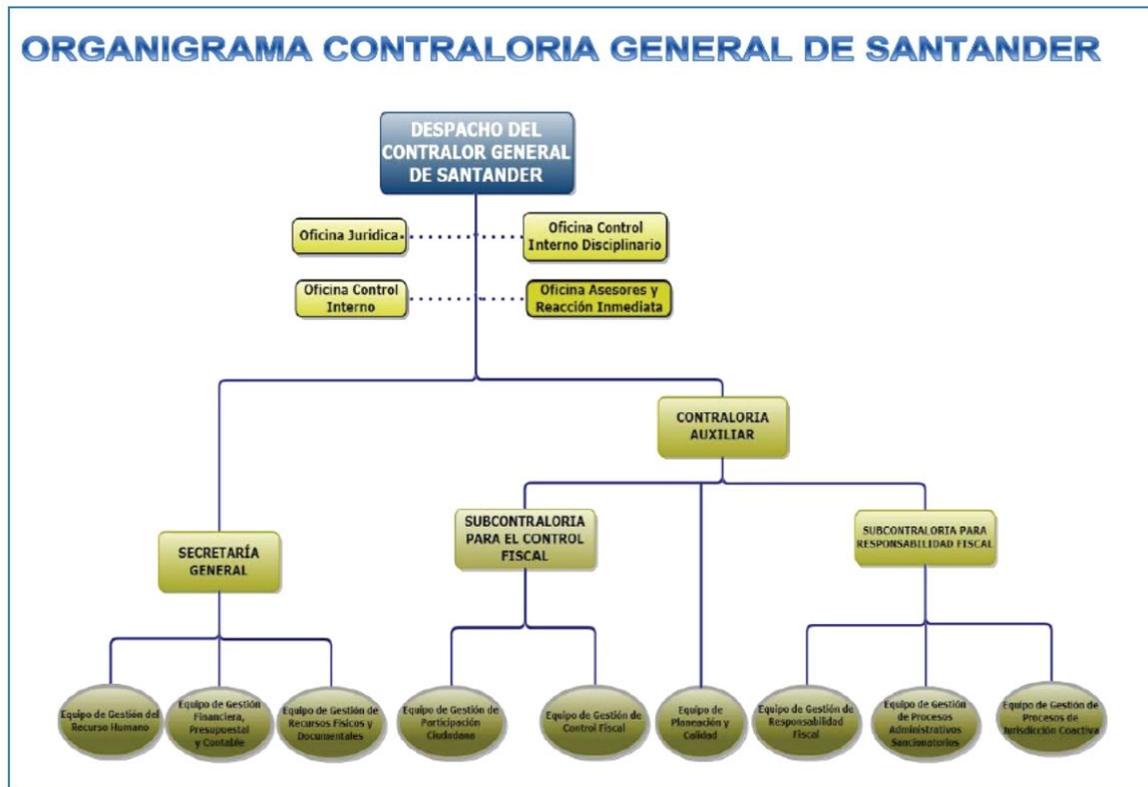
[71] Lampara Especular 3x18w Led Embutir 120x60cm 110-220v - U\$S 44. (2022). Retrieved 12 June 2022, from https://articulo.mercadolibre.com.ve/MLV-501309356-lampara-especular-3x18w-led-embutir-120x60cm-110-220v-_JM

ANEXO 1. ORGANIGRAMA

- Organigrama de la gobernación de Santander

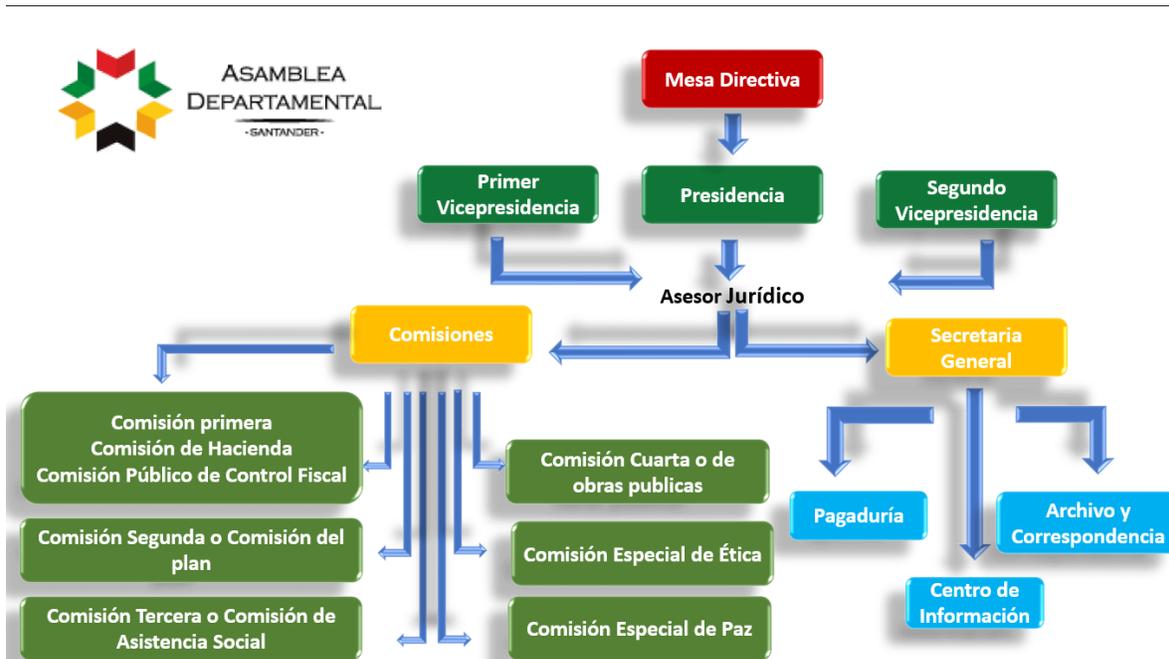


- Organigrama de la contraloría general de Santander



Fuente: contraloriasantander.gov.co

- Organigrama de la Asamblea de Santander



Fuente: asambleadesantander.gov.co

ANEXO 2. FORMATOS DE INVENTARIADO

- Formato de inventario y encuesta (oficinas)

FORMATO DE INVENTARIO Y ENCUESTA (OFICINAS)					
NOMBRE DE DEPENDENCIA O SECRETARIA ASOCIADO A LA OFICINA: _____.					
DIRECCIÓN O DESPACHO ASOCIADO A LA OFICINA: _____.					
GRUPO ASOCIADO A LA OFICINA: _____.					
NUMERO DE OFICINA: _____.					
UBICACIÓN DE LA OFICINA DENTRO DE LA GOBERNACIÓN: _____.					
INFORMACIÓN ASOCIADA A LA OFICINA					
NUMERO DE CUBICULOS TOTALES: _____.					
NUMERO DE CUBICULOS EN USO: _____.					
1. ILUMINARIAS ASOCIADAS A LA OFICINA:					
Tipo	Marca	Tiempo de uso (horas)	N° funcionales	N° no funcionales	
2. IMPRESORAS ASOCIADAS A LA OFICINA:					
Marca de la impresora		Desconexión nocturna (SI/NO)	Tiempo de uso en impresión (horas) y numero de hojas.		
3. INFORMACIÓN ASOCIADA A CUBICULOS (computadores, telecomunicaciones y tomas):					
N° de cubículo	Tiempo de uso (horas)	Marca del computador en cubículo.	Teléfono fijo (SI/NO)	N° tomacorriente V. regulado.	N° tomacorriente V. no regulado.
4. ESCANERES, TELEVISORES Y NEVERAS ASOCIADAS A LA OFICINA:					
TIPO (escáner, televisor o nevera, aire acondicionado)	Marca		Tiempo total (horas)	Tiempo de uso (horas)	

- Formato de inventariado y encuestas (Zonas comunes)

FORMATO DE INVENTARIO Y ENCUESTA (AREAS RESTANTES) PISO: _____

BAÑOS Cantidad:				
N° cuarto	LUMINARIA TIPO	TIEMPO DE USO (horas)	N° funcionales	N° no funcionales
CUARTOS DE SERVICIO (cuartos de cafetería, aseo y bodega asociada) Cantidad:				
N° cuarto y nombre	LUMINARIA TIPO	TIEMPO DE USO (horas)	N° funcionales	N° no funcionales
N° cuarto y nombre	Elementos de consumo o tomaconiente	TIEMPO DE USO (horas)	N° funcionales	N° no funcionales
BODEGAS Y CUARTOS DE ARCHIVO ASOCIADO A DEPENDENCIA Cantidad:				
NOMBRE	LUMINARIA TIPO	TIEMPO DE USO (horas)	N° funcionales	N° no funcionales
NOMBRE	Elementos de consumo	TIEMPO DE USO (horas)	N° funcionales	N° no funcionales
AREAS COMUNES Cantidad:				
N°	LUMINARIA TIPO	TIEMPO DE USO (horas)	N° funcionales	N° no funcionales
N° cuarto	Elementos de consumo	TIEMPO DE USO (horas)	N° funcionales	N° no funcionales

ANEXO 3. EQUIPOS DE MEDICIÓN

Pinza amperimétrica ACD-45PQ

El ACD-45PQ es una pinza amperimétrica compacta capaz de medir potencia, energía y factor de potencia en sistemas monofásicos y trifásicos (balanceados y no balanceados). El diseño de mandíbula ultradelgada permite al usuario sujetar conductores en lugares confinados y de difícil acceso. [18]

Especificaciones:

- Pinza amperimétrica digital (medidas Voltaje de corriente alterna (AC) a 600 Amp, voltaje de corriente directa (DC) y corriente alterna a 600 V (V), resistencia a 1.000 ohmios, y frecuencia a 500 Hz (Hz)
- Capacidad de interfaz PC opcional (RS-232 Kit2)
- Sensor de True RMS (media Cuadrática) ofrece lecturas precisas mediciones de lineales o cargas no lineales, cuando el voltaje de corriente o tiene un sinusoidal o sinusoidal.
- Transformador Corriente de la abrazadera con 1" (medidas 26 mm) de mandíbula apertura sin tocar o interrumpir el circuito
- Medidas potencia, la potencia reactiva real, Potencia aparente, factor de potencia, y las fuentes de energía Kilovatio Hora (kwhr) de tres etapas único o equilibrada de uso o desequilibrada
- Cumple con la Comisión (IEC) estándar de seguridad 61010 electrotécnica internacional y está certificado para instalaciones de categoría III de hasta 600 V
- Medidas: Voltaje AC/DC hasta 600 V, AC corriente de hasta 600 A, resistencia, frecuencia de potencia
- Auto va – selección de CC V, CA V AC o a
- Ultra Slim mandíbulas para conductores de hasta 26 mm (1,02) de diámetro



Figura 36. Pinza amperimétrica ACD-45PQ

Power meter UNI-T UT230B-US

Es un medidor de potencia para uso doméstico. Permite medir potencia, consumo de energía, voltaje, corriente. La serie UT230B son herramientas ideales para mantener el consumo de energía de los equipos y una buena herramienta para administrar el ahorro de energía en hogares, oficinas, escuelas y otros lugares. [19]

Especificaciones

- Medidor de voltaje: 100 V AC - 260 V AC
- Medidor de corriente: 15 A
- Frecuencia de operación: 60 Hz.
- Potencia de 0 a 1800 Watts +/- 1%
- Factor de potencia: 0 – 1
- Consumo de energía: 0 – 9999 KWh



Figura 37. Power meter UNI-T UT230B-US

- Tiempo acumulativo: 0 minutos – 9999 días
- Indicador de emisión de CO2: 0 – 9999 kg
- Alimentación: Batería tipo botón 3 V
- Dimensiones: 130mm×65mm×59 mm
- Peso: 140 g

ANEXO 4. SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA A LA EDIFICACIÓN Y SUBESTACIONES.

El suministro de energía eléctrica a las instalaciones del Palacio Amarillo de la Gobernación de Santander se debe a tres acometidas o cuentas diferentes, de las cuales son responsables del suministro la ESSA (Electrificadora de Santander S.A.) con número de cuenta 488120 y la ESANT (EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE SANTANDER ESANT S.A.), con números de cuenta ESANT NMRC-NR-05 y ESANT NMRC-NR-04, estas últimas cuentas respectivamente se facturan bajo la figura de mercado de usuario no regulado y el operador de servicio es la ESSA.

El suministro de la ESSA se realiza desde un transformador aéreo (N° transformador 0102810) hasta el medidor de energía que se ubica en el primer piso de la edificación. Los suministros por parte de la ESANT se realizan por medio de acometida con nivel de tensión 2 a subestaciones pertenecientes a las instalaciones del Palacio Amarillo de la Gobernación de Santander. Estas subestaciones están conformadas por transformadores de 200 [KVA] marca GAMS y 2x150 [KVA] marca SIEMENS y FBM respectivamente, estas unidades son testeadas por medio de equipo de telemedida.

DISTRIBUCIÓN FÍSICA DEL SISTEMA ELÉCTRICO.

La distribución de energía del edificio en general se realiza desde subestaciones de Energía no Regulada (EN) y un Sistema de Alimentación Ininterrumpida (UPS sigla en inglés Uninterruptable Power Supply) que sule de Energía Regulada (ER). Se cuentan con dos subestaciones EN de capacidades nominales de 200 [KVA] y 2x150 [KVA] respectivamente, ambas ubicadas en el sótano del edificio, denominada para facilidades del estudio PISO 1. De la segunda subestación mencionada se alimenta la UPS, está de igual manera se ubica en el PISO 1, cerca de la subestación que la alimenta. Las subestaciones y UPS energizan tableros de distribución principales de la cual se energizan tableros de distribución secundarios que suplen las cargas en los diferentes pisos del edificio. Cabe resaltar que los tableros de distribución secundarios se diferencian referente al tipo de energía que suministran. La subestación de 200 [KVA] sule de energía las cargas de la sección antigua de la edificación y la subestación de 2x150 [KVA] sule de energía la sección nueva.

Una tercera acometida es energizada desde un transformador aéreo perteneciente a la ESSA ubicado sobre la carrera 10, está energiza el primer piso y parte de los sistemas de acondicionamiento de aire ubicados en la azotea del edificio.

Conforme a la división anteriormente mencionada, los tableros de distribución ER suplen por medio de circuitos ramales a tomas corrientes para la conexión de equipos ofimáticos. De igual manera es suministrada la Energía no Regulada a salidas de conexión común para la alimentación de otros sistemas (iluminación, ventiladores, neveras, escáneres, impresoras, pantallas, y demás afines con electrodomésticos.) Cabe resaltar que los tableros de distribución EN comunes también alimentan sistemas de acondicionamiento de aire cercanos al mismo.

DISPONIBILIDAD DE CARGA EN TRANSFORMADORES:

En las instalaciones del edificio se han realizado estudios con el fin de determinar el estado de los equipos relacionados al sistema eléctrico, específicamente a los transformadores relacionados a las fronteras comerciales. El último informe obtenido denominado “ANÁLISIS DE CALIDAD DE ENERGÍA DE LOS TRANSFORMADORES DEL EDIFICIO DE LA GOBERNACIÓN DE SANTANDER” realizado en el año 2014, describe los transformadores internos, donde el transformador de 200 KVA marca GAMS tenía una disponibilidad del 30% de su capacidad, el transformador de 150KVA marca SIEMENS operaba al 90% de su capacidad y en horas del día

laboral su capacidad llegaba al 102%. Finalmente, para este informe el transformador de 150 KVA marca FBM que disponía de 7,5% de su capacidad.

Adicional a los sistemas ya descritos, se cuenta con un último equipo propiedad del usuario ubicado a fuera de las instalaciones, tipo poste con capacidad nominal de 112,5 KVA. La disponibilidad de carga de este transformador corresponde al 50% (56,250 kW), basado en lo consultado en la página web autogeneración de la ESSA [45], actual operadora de red asociada al transformador.

De igual manera se puede determinar el nivel de ocupación de dos de los transformadores ubicados en la edificación con el día de mayor consumo energético registrado en los primeros meses del 2021, los comportamientos se relacionan en las graficas 35 y 36, donde el transformador SIEMENS, presenta una ocupación máxima cercana al 90% y el transformador marca GAMS, presenta una ocupación máxima del 106%.

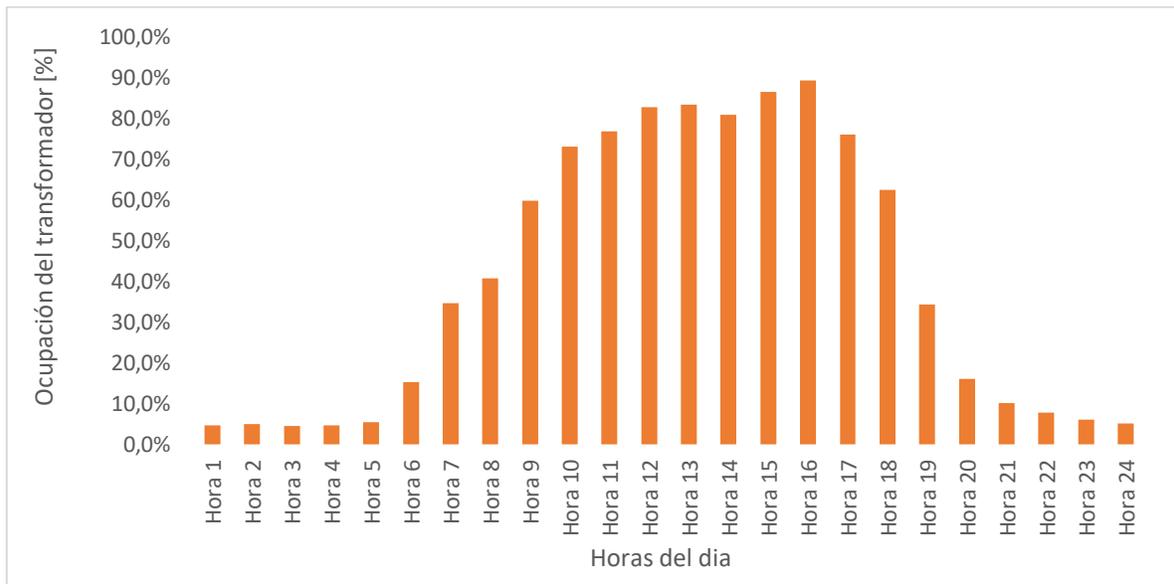


Figura 38. Ocupación del transformador marca SIEMENS 150kVA.

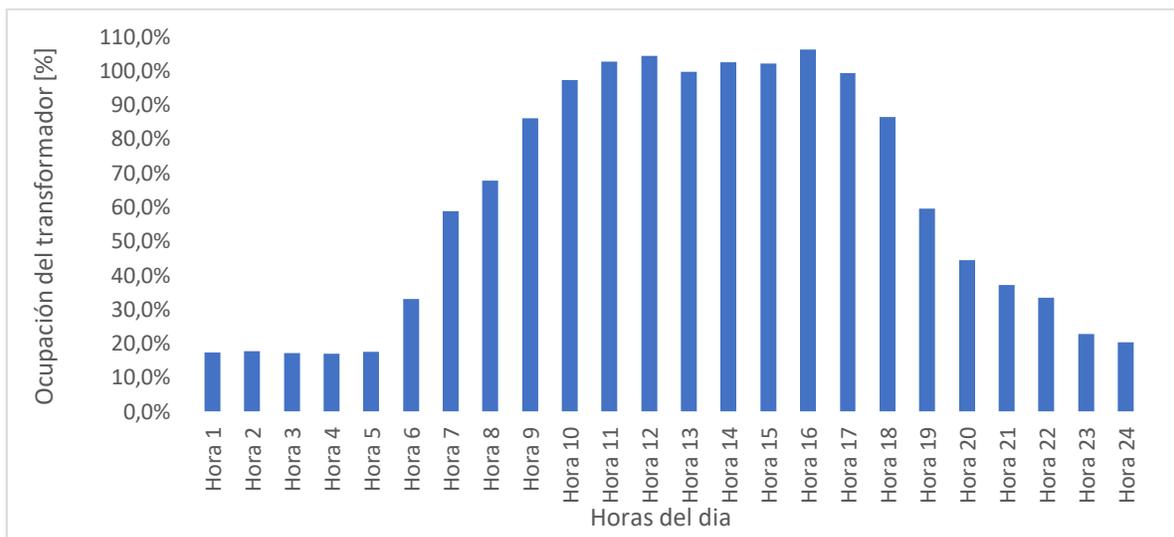


Figura 39. Ocupación del transformador marca GAMS 200kVA.

COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL CONSUMO

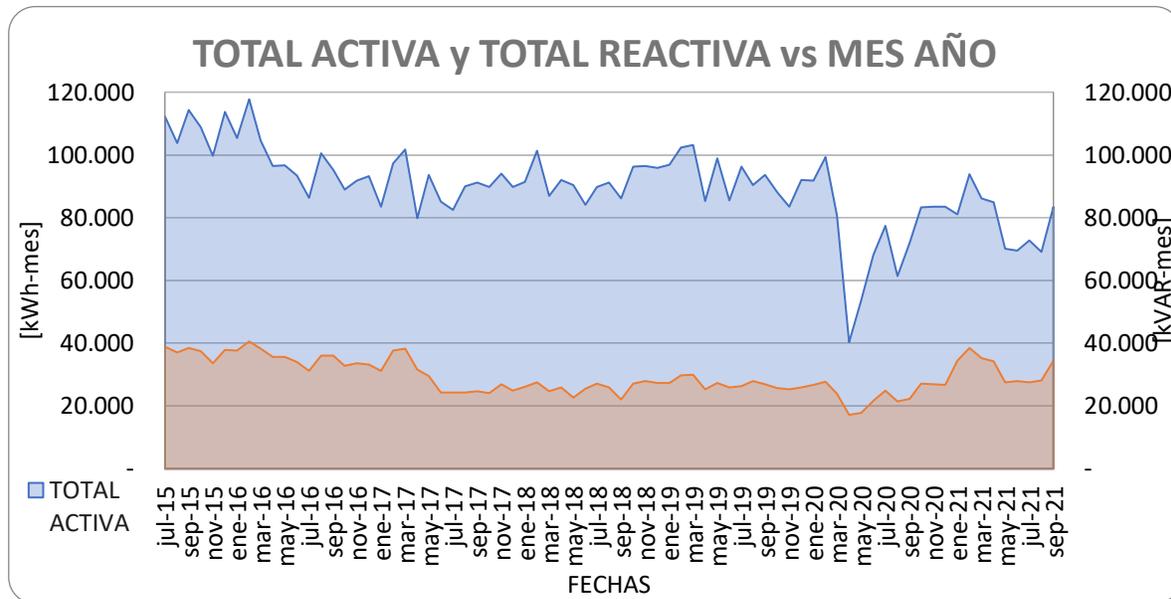


Figura 40. Consumo de activa y reactiva vs mes

La anterior grafica muestra el consumo total de energía eléctrica en las instalaciones del Palacio Amarillo de la Gobernación de Santander desde julio de 2015 hasta la actualidad. Los valores relacionados en la ilustración fueron brindados por los prestadores de servicio.

Se evidencia un comportamiento similar desde principios de 2016 hasta principios de 2020, donde por consecuencia de la pandemia mundial por “SARS-CoV-2 o Covid 19” se observa una disminución considerable en el consumo de energía producto de la inasistencia de los funcionarios por el aislamiento preventivo incentivado por el Gobierno Colombiano para la prevención del contagio. Sin embargo y debido a la reactivación económica que se viene ejecutando en el país, el consumo se viene normalizando hasta la actualidad.

El consumo promedio de energía activa en el periodo de tiempo mencionado es de 89.674 kWh mes y el de reactiva es de 29.271 kVAR mes. La base de estimación para este estudio se ubica en el promedio de consumo de los meses febrero y marzo (90.004 kWh-mes), tiempo en el que se realizó el proceso de inventario.

ANEXO 5. CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS

Para la realización del cálculo de las cargas térmicas se utilizó el método descrito por la ashrae. Este método se utilizó para calcularlas en cada una de las oficinas refrigeradas. Es importante resaltar que la pared al lado NE no tiene exposición directa al sol en el piso 2 y 4 debido a una capa de árboles, como se aprecia en la siguiente imagen.

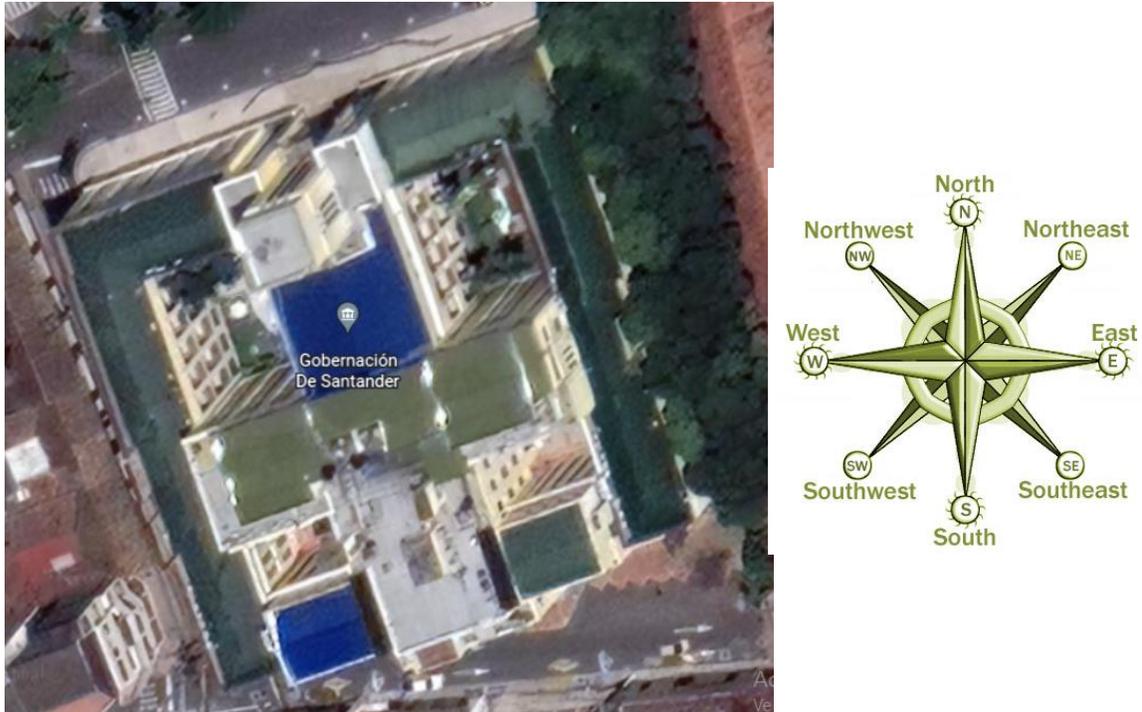


Figura 41. Edificio administrativo de la gobernación de Santander

- **Ganancia de calor por conducción a través de la estructura exterior**

Esta se debe al calor que se trasmite por conducción a través de paredes, techos y vidrios que dan al exterior del recinto. Se calculó la cantidad de calor de las áreas expuestas al sol con la siguiente ecuación y de las que no tienen contacto solar con la de interiores.

Para calcular la cantidad de calor sobre superficies expuestas al sol se usó la fórmula:

$$Q_e = U * A * DTCE$$

Donde:

Q_e : Ganancia de calor del recinto por conducción a través de las paredes externas [W].

U : Coeficiente global de transferencia de calor para paredes externas [W/(m² *°C)]. Tabla 29 para pared y Tabla 30 para techos.

A : Área de la pared externa [m²]

$DTCE_c$: Diferencia de temperatura para la carga de enfriamiento [°C]

El valor de DTCE debe ser corregido ($DTCE_c$) dependiendo de las características arquitectónicas del recinto, por medio de la siguiente ecuación:

$$DTCE_c = \frac{(DTCE + LM) * K + (78 - TR) + (T_o - 85) * f}{1,8}$$

$DTCE_c$: Valor corregido del $DTCE$ [°C].

$DTCE$: Diferencia de temperatura para la carga de enfriamiento [°C] Tabla 31

LM : Corrección para latitud al mes. Tabla 32

K : Corrección debido al color de la superficie. Tabla 33

TR : Temperatura del recinto [°C]

T_o : Temperatura de diseño exterior promedio [°C]

f : Factor de corrección para ventilación (Solo para techos)

- **Ganancias de calor por conducción a través de la estructura interior**

Esta carga térmica se debe a la conducción entre espacios interiores sin acondicionar y los espacios acondicionados. Para calcular la cantidad de calor sobre superficies sin contacto solar se usó la fórmula:

$$Q = U * A * \Delta T$$

Donde:

Q : Ganancia de calor del recinto por conducción en superficies sin contacto solar.

U : Coeficiente global de transferencia de calor para paredes externas [W/(m² *°C)]. Tabla 29.

A : Área de la pared externa [m²]

ΔT : Diferencia entre los espacios acondicionados y sin acondicionar [°C]

- **Ganancias de calor por radiación a través de las ventanas o vidrios**

La energía radiante del sol pasa a través de materiales transparentes como el vidrio y se transforma en ganancia de calor al recinto. La ganancia neta de calor se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$Q_r = I * A * CS$$

Donde:

Q : Ganancia de calor del recinto por radiación a través del vidrio

I : Magnitud de ganancia máxima de calor solar (irradiancia solar), para Bucaramanga es de 384 [W/m²].

A : Área del vidrio [m²]

CS : Coeficiente de sombreado. Tabla 34

- **Ganancias de calor generadas internamente: equipos, iluminación y ocupación de personas**

La ganancia de calor debida a las personas se compone de dos partes: el calor sensible y el calor latente que resulta de la transpiración. La velocidad de ganancia de calor debida a la gente depende de su actividad física. La tabla 35 da una lista de valores para algunas actividades típicas. El factor FCE_p , del efecto de almacenamiento de calor, se aplica a la ganancia de calor debida a las personas. Si el sistema de acondicionamiento de aire se apaga durante la noche, no se debe incluir almacenamiento de calor y el $FCE = 1.0$.

La ganancia de calor debida al equipo se puede calcular en ocasiones en forma directa consultando al fabricante o a los datos de placa.

El término W es la capacidad nominal de las luces en uso, expresada en watts. En muchas aplicaciones todo el alumbrado está encendido siempre, pero si no lo está, se debe emplear la cantidad real. El factor F_b toma en cuenta las pérdidas de calor en la balastra de las unidades fluorescentes, u otras pérdidas especiales. Un valor típico de F_b es 1.25 para el alumbrado fluorescente, pero se debe verificar si hay dudas. Para el alumbrado incandescente no hay pérdidas adicionales y el $F_b = 1.0$.

$$Q_{interno} = (W * N_e) + (W_A * N_L * F_b * FCE_i) + ((Q_s * N_p * FCE_p) + (Q_L * N_p))$$

Donde:

$Q_{interno}$: Ganancia de calor del recinto por uso de los equipos, iluminarias y ocupación de personas [W].

W : Capacidad nominal del equipo [W]. Literal 8.3

N_e : Cantidad de equipos. Literal 8.3

W_A : Capacidad nominal de la luminaria [W]. Literal 8.3

N_L : Cantidad de luminarias. Literal 8.3

F_b : Factor de balasto (Led y halógenos = 1 y fluorescentes = 1,25)

FCE_i : Factor de carga de enfriamiento para iluminación

Q_s : Ganancia calor del recinto por calor sensible que disipan las personas [W]. Tabla 35

N_p : Cantidad de personas. Literal 8.3

FCE_p : Factor de carga de enfriamiento para las personas

Q_L : Ganancia de calor del recinto por calor latente que disipan las personas [W]. Tabla 35

- **Ganancias de calor por infiltraciones de aire en las aperturas de puertas y ventanas**

Las infiltraciones de aire del exterior o de otros recintos cercanos al área climatizada, generan cargas térmicas latentes y sensibles, las cuales representan un factor clave en la magnitud de las ganancias de calor. La expresión del cálculo es la siguiente:

$$Q_{infiltración} = Q_i * A_i * \rho * C_p * \Delta T$$

Donde:

$Q_{infiltración}$: Ganancia de calor del recinto por infiltraciones de aire [W]

Q_i : Velocidad promedio de 0,5 [m/s] para el interior de la clínica.

A_i : Área de infiltraciones [m²]

ρ : Densidad del aire a temperatura interna [kg/m³]

C_p : Calor específico del aire a temperatura interna [J/(kg*K)]

ΔT : Diferencia de temperatura entre el recinto y el ambiente [K]

Tabla 29. DESCRIPCIÓN DE GRUPOS DE CONSTRUCCIÓN DE PAREDES (fragmento)

Grupo No.	Descripción de la construcción	Peso, lb/ft ²	Valor de U, BTU/(h-ft ² -°F)	Capacidad calorífica, BTU/(ft ² -°F)
Ladrillo de vista de 4 in + (Ladrillo)				
	C Espacio de aire + ladrillo de vista de 3 in	83	0.358	18.3
	D Ladrillo común de 4 in.	90	0.415	18.4
	C Aislamiento de 1 in o espacio de aire + ladrillo común de 4 in	90	0.174-0.301	18.4
	B Aislamiento de 2 in + ladrillo común de 4 in	88	0.111	18.5
	B Ladrillo común de 8 in	130	0.302	26.4
	A Aislamiento o espacio de aire + ladrillo común de 8 in	130	0.154-0.243	26.4
Ladrillo de vista de 4 in + (Concreto pesado)				
	C Espacio de aire + concreto de 2 in	94	0.350	19.7
	B Aislamiento de 2 in + concreto de 4 in	97	0.116	19.8
	A Espacio de aire o aislamiento + concreto de 8 in o más	143-190	0.110-0.112	29.1-38.4
Ladrillo de vista de 4 in + (bloque de concreto ligero o pesado)				
	E Bloque de 4 in	62	0.319	12.9
	D Espacio de aire o aislamiento + bloque de 4 in	62	0.153-0.246	12.9
	D Bloque de 8 in	70	0.274	15.1
	C Espacio de aire o aislamiento de 1 in + bloque de 6 u 8 in	73-89	0.221-0.275	15.5-18.5
	B Aislamiento de 2 in + bloque de 8 in	89	0.096-0.107	15.5-18.6
Ladrillo de vista de 4 in + (azulejo de barro)				
	D Azulejo de 4 in	71	0.381	15.1
	D Espacio de aire + azulejo de 4 in	71	0.281	15.1
	C Aislamiento + azulejo de 4 in	71	0.169	15.1
	C Azulejo de 8 in	96	0.275	19.7
	B Espacio de aire o aislamiento de 1 in + azulejo de 8 in	96	0.142-0.221	19.7
	A Aislamiento de 2 in + azulejo de 8 in	97	0.097	19.8
Pared de concreto pesado + (acabado)				
	E Concreto de 4 in.	63	0.585	12.5
	D Concreto de 4 in + aislamiento de 1 o 2 in	63	0.119-0.200	12.5
	C Aislamiento de 2 in + concreto de 4 in	63	0.119	12.7
	C Concreto de 8 in.	109	0.490	21.9
	B concreto de 8 in + aislamiento de 1 o 2 in	110	0.115-0.187	22.0
	A Aislamiento de 2 in + concreto de 8 in	110	0.115	21.9
	E Concreto de 12 in	156	0.421	31.2
	A Concreto de 12 in + aislamiento	156	0.113	31.3

Teniendo en cuenta la estructura del edificio administrativo de la gobernación de Santander, el tipo de pared es el grupo B, específicamente el ladrillo común de 8 in, que corresponde a $U=0,302 \text{ Btu}/(\text{h}\cdot\text{ft}^2\cdot^\circ\text{F})$.

Tabla 30. TIPOS DE CONSTRUCCIÓN DE TECHO PARA EL VALOR DE U

El edificio administrativo tiene dos tipos de techo, algunas partes tienen laminas metálicas y las otras son terraza. Realizando el cálculo, el área con techo de lamina metálica es de alrededor de 2223,88 m² mientras que el área de la terraza es de 566,91 m². En la siguiente tabla se escogieron los techos No. 1 y No.11.

Techo No.	Descripción de la construcción	Hora Peso, lb/ft ²	Valor de U, BTU/h Ft ² ·°F
1.	Lámina de metal con aislamiento de 1 o 2 in	7 (8)	0.213 (0.124)
2.	Madera de 1 in con aislamiento de 1 in	8	0.170
3.	Concreto ligero de 4 in	18	0.213
4.	Concreto pesado de 1 a 2 in con aislamiento de 2 in	29	0.206 (0.122)
5.	Madera de 1 in con aislamiento de 2 in	19	0.109
6.	Concreto ligero de 6 in	24	0.158
7.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 1 in	13	0.130
8.	Concreto ligero de 8 in	31	0.126
9.	Concreto pesado de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	52 (52)	0.200 (0.120)
10.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 2 in	13	0.093
11.	Sistema de terrazas de techo	75	0.106
12.	Concreto pesado de 6 in con aislamiento de 1 o 2 in	75 (75)	0.192 (0.117)
13.	Madera de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	17 (18)	0.106 (0.078)

Tabla 31. DIFERENCIAS DE TEMPERATURA PARA CARGA DE ENFRIAMIENTO (DTCE) PARA CÁLCULO DE CARGA DE PAREDES AL SOL (Fragmento)

	Hora solar, h																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Latitud norte, orientación de pared	Paredes grupo A																							
N	14	14	14	13	13	13	12	12	11	11	10	10	10	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14
NE	19	19	19	18	17	17	16	15	15	15	15	15	16	16	17	18	18	18	18	19	19	20	20	20
E	24	24	23	23	22	21	20	19	19	18	19	19	20	21	22	23	24	24	25	25	25	25	25	25
SE	24	23	23	22	21	20	20	19	18	18	18	18	18	19	20	21	22	23	23	24	24	24	24	24
S	20	20	19	19	18	18	17	16	16	15	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	20	20	20	
SW	25	25	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	17	17	17	18	19	20	22	23	24	25	25	
W	27	27	26	26	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	18	18	18	19	20	22	23	25	26	
NW	21	21	21	20	20	19	19	18	17	16	16	15	15	14	14	14	15	15	16	17	18	19	20	
	Paredes grupo B																							
N	15	14	14	13	12	11	11	10	9	9	8	8	9	9	9	10	11	12	13	14	14	15	15	
NE	19	18	17	16	15	14	13	12	12	13	14	15	16	17	18	19	19	20	20	21	21	21	20	
E	23	22	21	20	18	17	16	15	15	15	17	19	21	22	24	25	26	26	27	27	26	26	25	
SE	23	22	21	20	18	17	16	15	14	14	15	16	18	20	21	23	24	25	26	26	26	26	25	
S	21	20	19	18	17	15	14	13	12	11	11	11	11	12	14	15	17	19	20	21	22	22		
SW	27	26	25	24	22	21	19	18	16	15	14	14	13	13	14	15	17	20	22	25	27	28		
W	29	28	27	26	24	23	21	19	18	17	16	15	14	14	14	15	17	19	22	25	27	29		
NW	23	22	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	12	11	12	12	13	15	17	19	21	22		
	Paredes grupo C																							
N	15	14	13	12	11	10	9	8	8	7	7	8	8	9	10	12	13	14	15	16	17	17		
NE	19	17	16	14	13	11	10	10	11	13	15	17	19	20	21	22	22	23	23	23	23	22		
E	22	21	19	17	15	14	12	12	14	16	19	22	25	27	29	29	30	30	30	29	28	27		
SE	22	21	19	17	15	14	12	12	12	13	16	19	22	24	26	28	29	29	29	29	28	27		
S	21	19	18	16	15	13	12	10	9	9	10	11	14	17	20	22	24	25	26	25	25	24		
SW	29	27	25	22	20	18	16	15	13	12	11	11	13	15	18	22	26	29	32	33	33	32		
W	31	29	27	25	22	20	18	16	14	13	12	12	13	14	16	20	24	29	32	35	35	35		
NW	25	23	21	20	18	16	14	13	11	10	10	10	10	11	12	13	15	18	22	25	27	27		

Los valores de las diferencias de temperatura para carga de enfriamiento (DTCE) se establecen con respecto a la hora en que el sol se encuentra en su mayor punto, que son las 12 del mediodía (12h), y el grupo de paredes establecidos en la tabla 29, grupo B.

	Dtce - 12h
NW	12,00
SE	16,00
SW	14,00

Como se mencionó al inicio de este anexo, la pared en la dirección NE no tiene contacto con el sol, por lo tanto se calcula la ganancia de calor con la ecuación C. Las otras tres paredes sí se calcula con la ecuación A.

Tabla 32. FACTOR LM PARA LA CORRECCIÓN PARA LATITUD AL MES (Fragmento)

Latitud	Mes	N	NNE NNW	NE NW	ENE WNW	E W	ESE WSW	SE SW	SSE SSW	S	HORA
0	Dic	-3	-5	-5	-5	-2	-0	3	6	9	-1
	Ene/Nov	-3	-5	-4	-4	-1	-0	2	4	7	-1
	Feb/Oct	-3	-2	-2	-2	-1	-1	0	-1	0	0
	Mar/Sept	-3	0	1	-1	-1	-3	-3	-5	-8	-1
	Abr/Ago	5	4	3	0	-2	-5	-6	-8	-8	-2
	May/Jul	10	7	5	0	-3	-7	-8	-9	-8	-4
8	Jun	12	9	5	0	-3	-7	-9	-10	-8	-5
	Dic	-4	-6	-6	-6	-3	0	4	8	12	-5
	Ene/Nov	-3	-5	-6	-5	-2	0	3	6	10	-4
	Feb/Oct	-3	-4	-3	-3	-1	-1	1	2	4	-1
	Mar/Sept	-3	-2	-1	-1	-1	-2	-2	-3	-4	0
	Abr/Ago	2	2	2	0	-1	-4	-5	-7	-7	-1
16	May/Jul	7	5	4	0	-2	-5	-7	-9	-7	-2
	Jun	9	6	4	0	-2	-6	-8	-9	-7	-2
	Dic	-4	-6	-8	-8	-4	-1	4	9	13	-9
	Ene/Nov	-4	-6	-7	-7	-4	-1	4	8	12	-7
	Feb/Oct	-3	-5	-5	-4	-2	0	2	5	7	-4
	Mar/Sept	-3	-3	-2	-2	-1	-1	0	0	0	-1
	Abr/Ago	-1	0	-1	-1	-1	-3	-3	-5	-6	0
	May/Jul	4	3	3	0	-1	-4	-5	-7	-7	0

Se debe hacer una corrección del dato que nos entrega la tabla ya que la latitud y el mes base de esta es diferente. El edificio administrativo de la gobernación de Santander se encuentra en una latitud de 7,11, Norte y la toma de datos se realizó en marzo. Sabiendo lo anterior, y con ayuda de la tabla 32, el factor de corrección LM es -3.

Tabla 33. FACTOR DE CORRECCIÓN DEBIDO AL COLOR DE LA SUPERFICIE

Factor de corrección K	Tipo de superficie
K=1,0	Para superficies oscuras o áreas industriales
K=0,5	Para techos de color claro y zonas rurales
K=0,65	Para paredes de color claro o en zonas rurales

Tabla 34. COEFICIENTES DE SOMBREADO PARA VIDRIO CON O SIN SOMBREADO INTERIOR POR PERSIANAS (Fragmento)

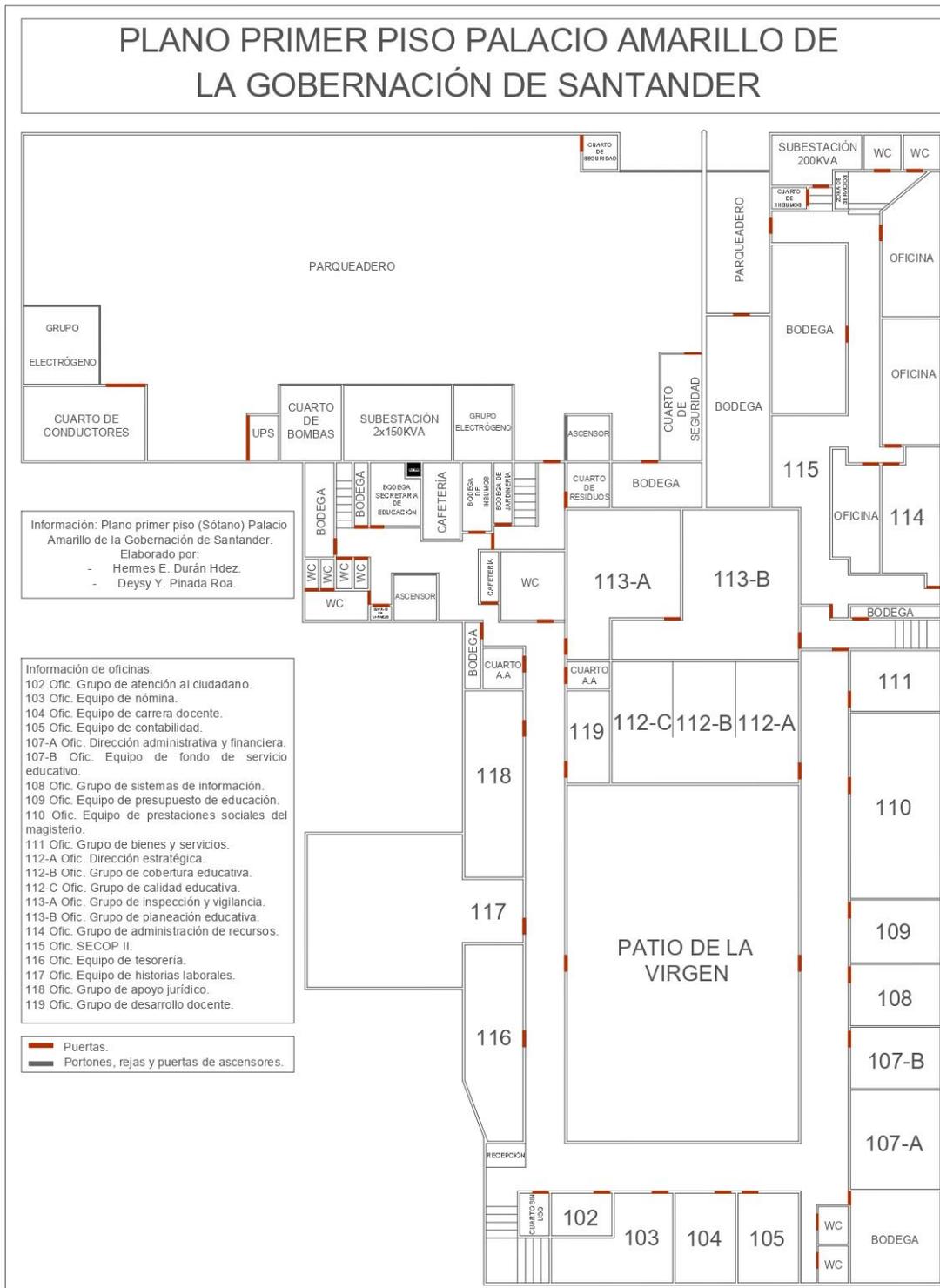
	Tipo de vidrio	Espesor nominal de cada vidrio claro ^a	Transmisión solar ^b	Sin sombreado interior $h_o = 4.0$	Tipo de sombreado interior				
					Persianas venecianas		Persianas enrollables		
					Medio	Claro	Opacas	Translúcidas	Claro
VIDRIO SENCILLO	Sencillo	3/32 a 1/4	0.87-0.80	1.00	0.64	0.55	0.59	0.25	0.39
	Claro	1/4 a 1/2	0.80-0.71	0.94					
	Claro	3/8	0.72	0.90					
	Claro	1/2	0.67	0.87	0.57	0.53	0.45	0.30	0.36
	Claro con figuras	1/8 a 9/32	0.87-0.79	0.83					
	Absorbente de calor, con figuras ^c	1/8	0.83	0.83					
	Absorbente de calor ^e	3/16 a 1/4	0.46	0.69	0.54	0.52	0.40	0.28	0.32
	Absorbente de calor, con figuras	3/16 a 1/4	0.69	0.69					
	Coloreado	1/8 a 7/32	0.59-0.45	0.69					
	Absorbente de calor, o con figuras		0.44-0.30	0.60	0.42	0.40	0.36	0.28	0.31
	Absorbente de calor ^e	3/8	0.34	0.60					
	Absorbente de calor, o con figuras	1/2	0.44-0.30	0.53					
	Vidrio recubierto reflector			0.24	0.30	0.25	0.23		
				0.40	0.33	0.29			
				0.50	0.42	0.38			
				0.60	0.50	0.44			

En general, la gobernación cuenta con dos tipos de ventanas, una con vidrio sin polarizado y persianas enrollables opacas claras, y otra con polarizado sin sombreado interior, es decir, sin persianas. El área de ventanas con persianas es 675,74 m² y de las ventanas polarizadas es de 147,3 m².

Tabla 35. TASAS DE GANANCIA DE CALOR DEBIDO A LOS OCUPANTES DEL RECINTO ACONDICIONADO (Fragmento)

Actividad	Aplicaciones típicas	Cal					
		Calor sensible			Calor latente		
		Watts	Btuh	kcal/h	Watts	Btuh	kcal/h
Sentado en reposo	Teatro, cine	60	210	55	40	140	30
Sentado, trabajo muy ligero, escritura	Oficinas, hoteles, apartamentos	65	230	55	55	190	50
Sentado, comiendo	Restaurante	75	255	60	95	325	80
Sentado, trabajo ligero, mecanografía	Oficinas, hoteles, apartamentos	75	255	60	75	255	65
Parado, trabajo ligero o camina despacio	Tiendas minoristas, bancos	90	315	80	95	325	80
Trabajo ligero de banco	Fábricas	100	345	90	130	435	110
Caminando 3 mph trabajo libro							
trabajo con máquinas pesadas	Fábricas	100	345	90	205	695	170
Boliche		100	345	90	180	615	150
Baile moderado	Salón de baile	120	405	100	255	875	220
Trabajo pesado, trabajo con máquinas pesadas, levantar pesas	Fábricas	165	565	140	300	1035	260
Trabajo pesado, ejercicios atléticos	Gimnasios	185	635	160	340	1165	290

ANEXO 6. PLANOS DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO DE LA GOBERNACIÓN



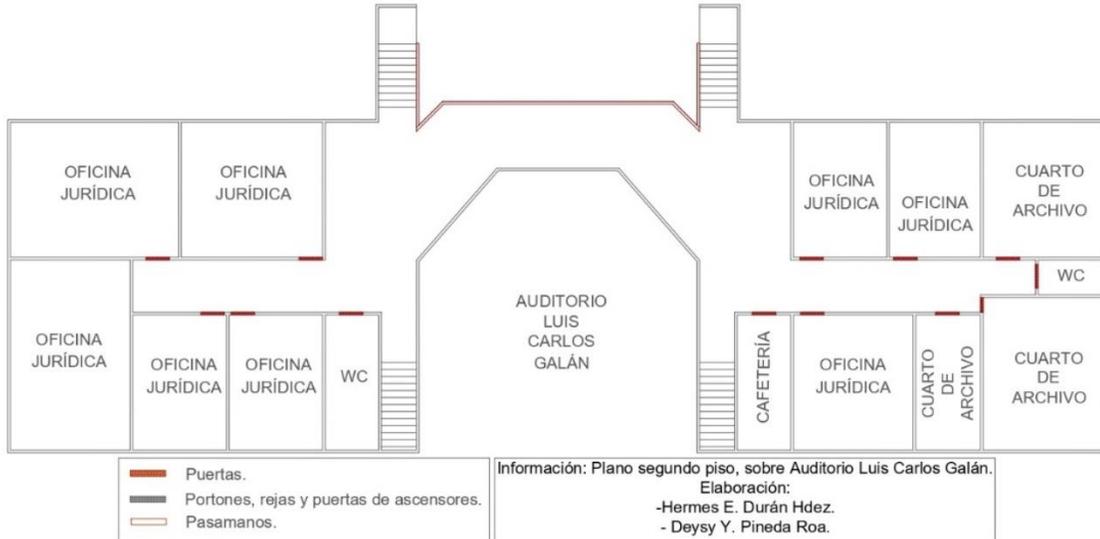
Plano segundo piso Palacio Amarillo de la Gobernación de Santander.



- | | |
|--|--|
| <p>Información de oficinas:</p> <ul style="list-style-type: none"> 201 Ofic. Dirección de tesorería. 202 Ofic. Despacho de secretaria de educación. 203 Ofic. Grupo de talento humano. 204 Ofic. Equipo de administración de planta. 206 Ofic. Grupo de cesantías de Santander. 207 Ofic. Dirección de atención integral a las víctimas. 208 Ofic. Grupo de seguridad y salud en el trabajo. 209 Ofic. Dirección de talento humano. 210 Ofic. de control disciplinario. 211 Ofic. de control disciplinario. 212 Ofic. de control disciplinario. 213 Ofic. Grupo de administración de recursos físicos. 214 Ofic. Grupo de bienestar social laboral. 215 Ofic. Laboratorio de sistemas. 216 Ofic. Dirección de sistemas de información. 217 Ofic. Grupo de cobro coactivo. 218 Ofic. Asesor de hacienda. | <ul style="list-style-type: none"> 219 Ofic. Despacho secretaria de hacienda. 220 Ofic. de estampillas. 221 Ofic. de impuestos de vehículos. 222 Ofic. Dirección de contabilidad. 223 Ofic. Comunicaciones bancarias de contabilidad. 224 Ofic. Grupo operativo. 225 Ofic. Imposconsumo 226 Ofic. Dirección de ingresos. 227 Ofic. Dirección de sistemas integrados de gestión y grupo anexo. 228 Ofic. Dirección de presupuesto. 229 Ofic. Archivo de contabilidad. 230 Ofic. Asesor jurídico. 231 Ofic. Secretaria general de la asamblea. 231 A - Ofic. Secretaría general de la asamblea. Oficina A - Ofic. Dirección de atención al ciudadano y grupo anexo. Oficina B - Ofic. sin uso. |
|--|--|

<p>Información: Plano segundo piso Palacio Amarillo de la Gobernación de Santander. Elaborado por: - Hermes E. Durán Hdez. - Deysy Y. Pineda Roa.</p>	<ul style="list-style-type: none"> — Puertas. — Portones, rejas y puertas de ascensores. — Pasamanos.
--	---

Segundo piso (entreplanta) Palacio amarillo de la Gobernación de Santander.



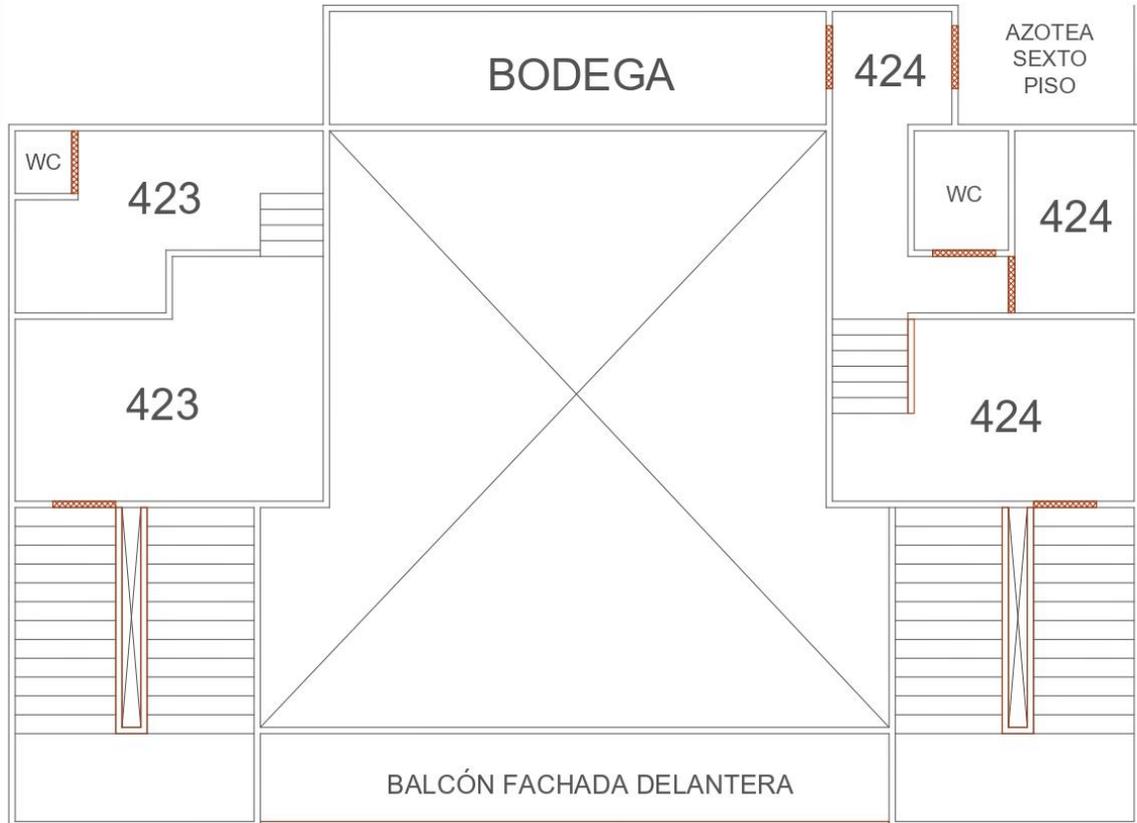
PLANO TERCER PISO PALACIO AMARILLO DE LA GOBERNACIÓN DE SANTANDER.



Información de plano: Tercer piso Palacio Amarillo de la Gobernación de Santander.
 Elaboró:
 - Hermes E. Durán Hdez.
 - Deysy Y. Pineda Roa.

Puertas.
 Portones, rejas y puertas de ascensores.
 Pasamanos.

PLANO CUARTO PISO (ENTREPLANTA) PALACIO AMARILLO DE LA GOBERNACIÓN DE SANTANDER.



Información de oficinas:

423 Ofic. Programa de alimentación escolar PAE-A
 424 Ofic. Programa de alimentación escolar PAE-A



Puertas.



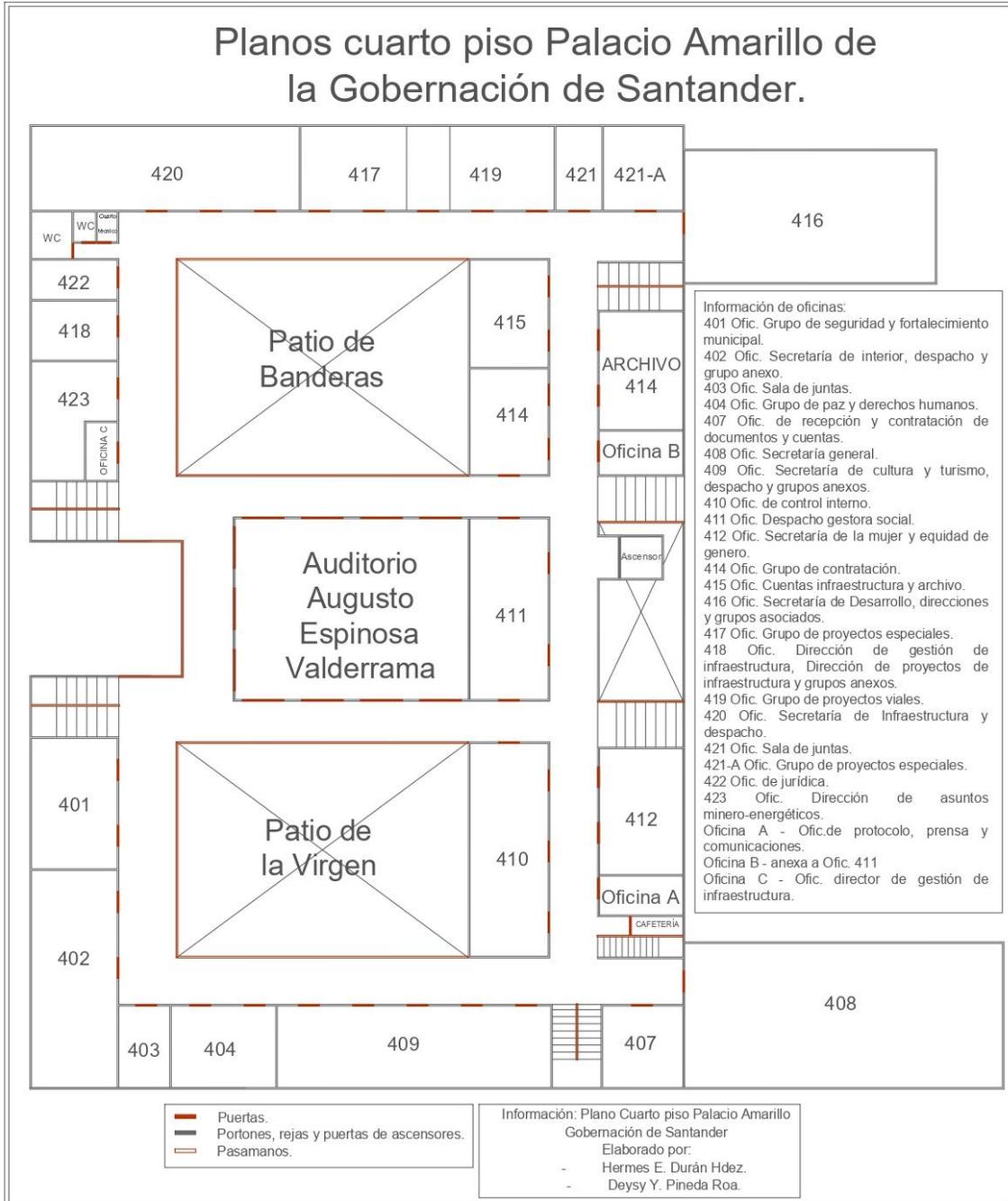
Pasamanos.

Información de plano: Cuarto piso (entrepiano) Palacio Amarillo de la Gobernación de Santander.

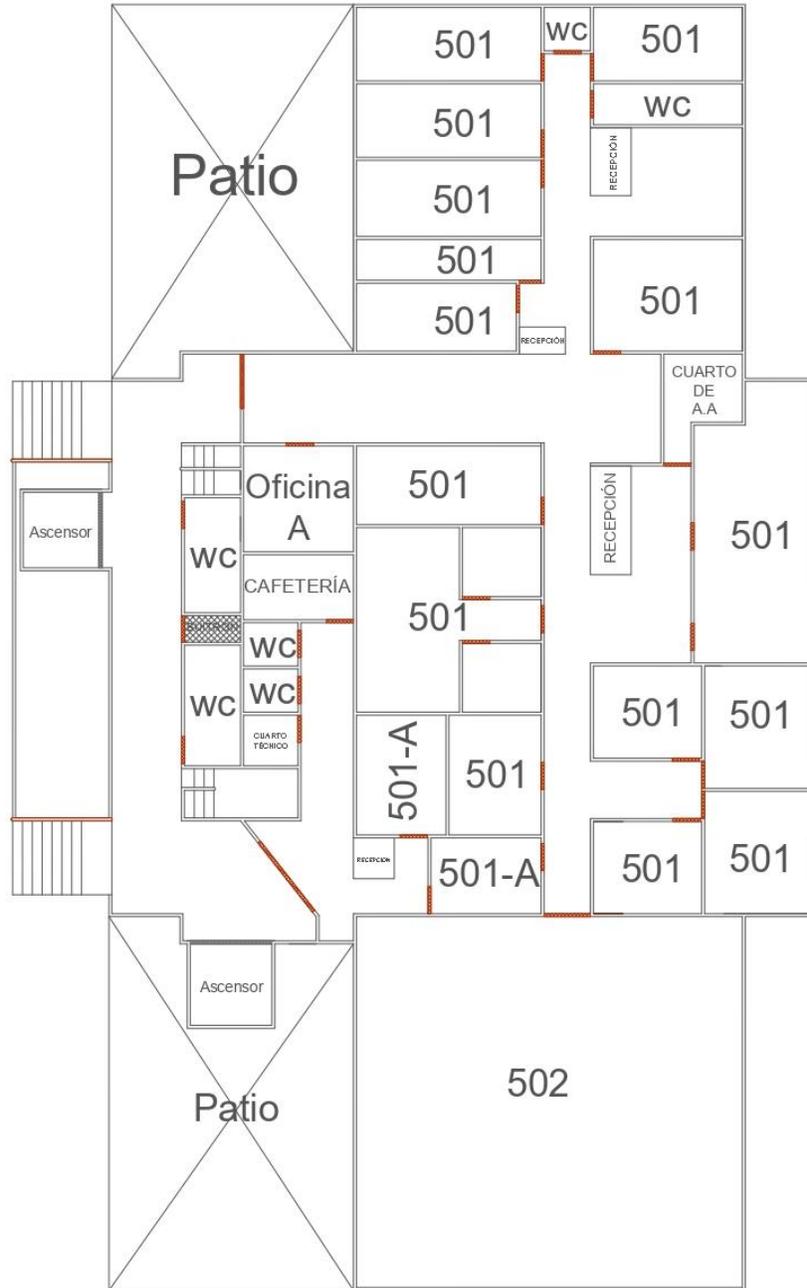
Elaboró:

- Hermes E. Durán Hdez.
- Deysy Y. Pineda Roa.

Planos cuarto piso Palacio Amarillo de la Gobernación de Santander.



Planos quinto piso Palacio amarillo de la Gobernación de Santander.



Información de oficina:
 501 Ofic. Secretaría de planeación, direcciones y grupos anexos.
 501-A Ofic. Dirección de contratación.
 502 Ofic. Grupo de proyectos e información territorial.
 Oficina A - Ofic. Pacto territorial.

Información: Planos quinto piso (entreplanta con piso 4)
 Palacio Amarillo de la Gobernación de Santander.
 Elaborado por:
 - Hermes E. Durán Hdez.
 - Deysy Y. Pineda Roa.

- Puertas.
- Portones, rejas y puertas de ascensores.
- Pasamanos.

PLANOS SEXTO PISO PALACIO AMARILLO DE LA GOBERNACIÓN DE SANTANDER.



Información de oficinas:

601 Ofic. Despacho de Contraloría.

602 Ofic. Oficina jurídica de la Contraloría General de Santander.

603 Ofic. Ventanilla única de la Contraloría General de Santander.

604 Ofic. Secretaria General la Contraloría General de Santander.

607 Ofic. Contraloría Auxiliar de la Contraloría General de Santander.

610 Ofic. Dirección de aguas y saneamiento básico de la Secretaría de infraestructura.

612 Ofic. Subdirección financiera de la Contraloría General de Santander.

613 Ofic. Políticas institucionales y control social de la Contraloría General de Santander.

614 Ofic. Contraloría General de Santander.

615 - Archivo Contraloría General de Santander.

A - Ofic. Archivo y correspondencia del Despacho del Gobernador.

Información de plano: Sexto piso Palacio Amarillo de la Gobernación de Santander, oficinas pertenecientes a la Contraloría General de Santander y oficinas anexas a las secretarías de la Gobernación de Santander.

Elaboró:

- Hermes E. Durán Hdez.
- Deysy Y. Pineda Roa.

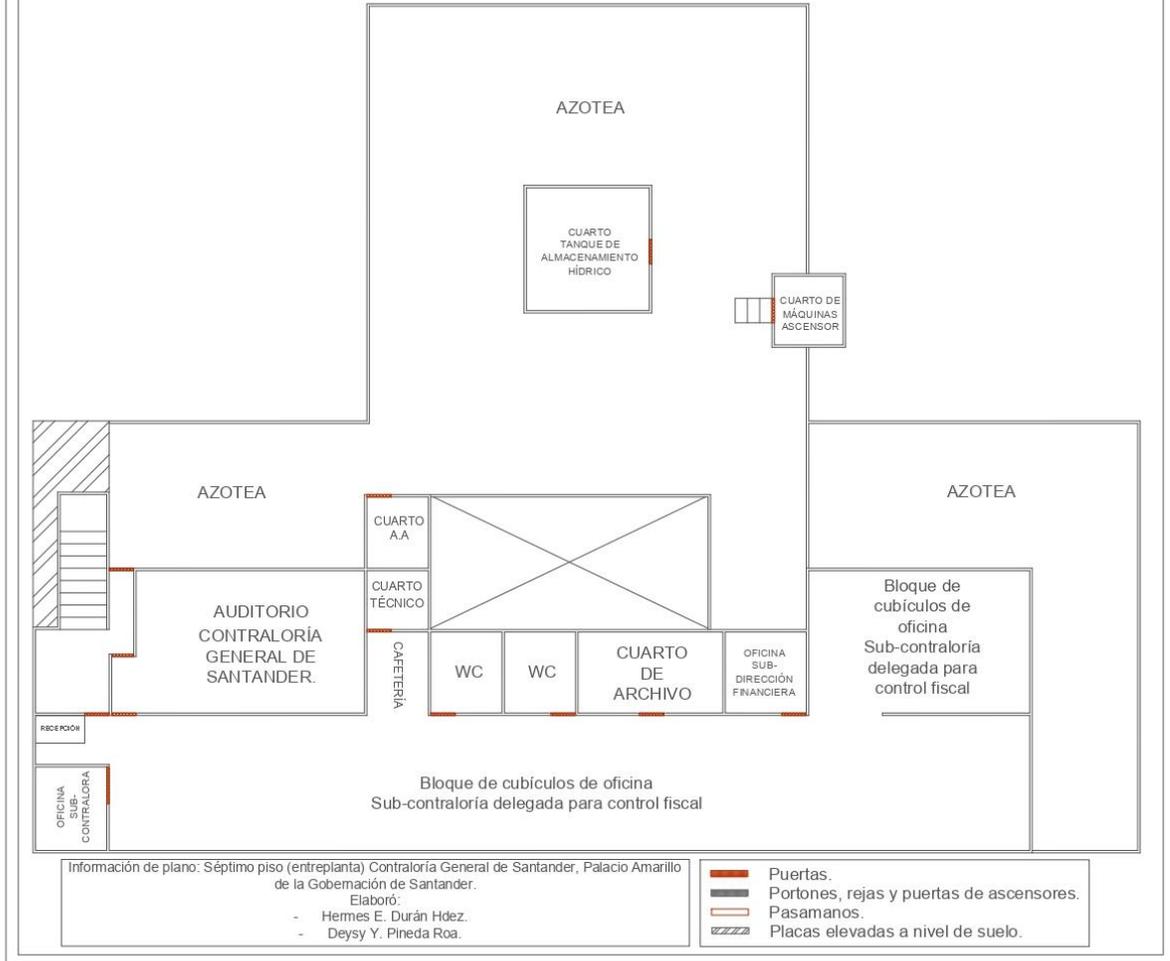
 Puertas.

 Portones, rejas y puertas de ascensores.

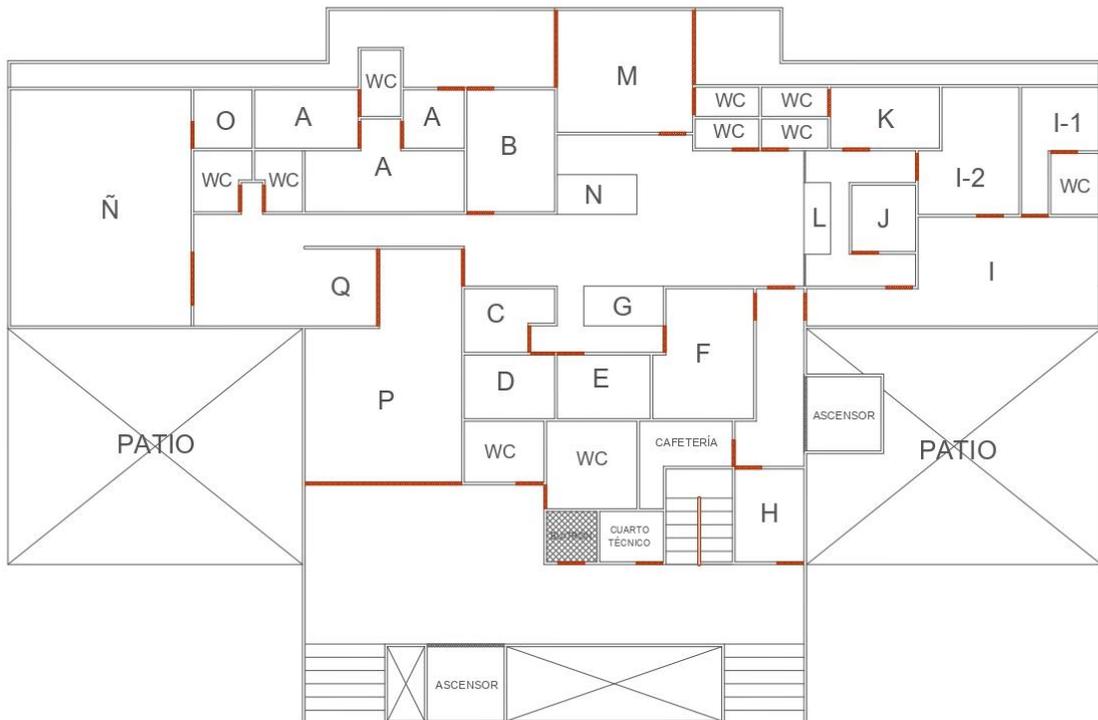
 Pasamanos.

 Placas elevadas a nivel de suelo.

PLANO SÉPTIMO PISO (ENTREPLANTA) CONTRALORÍA GENERAL DE SANTANDER, PALACIO AMARILLO DE LA GOBERNACIÓN DE SANTANDER.



PLANOS SÉPTIMO PISO PALACIO AMARILLO DE LA GOBERNACIÓN DE SANTANDER.



Información de oficinas:

A - Ofic. de prensa, protocolo y comunicaciones.
 B - Ofic. Asesorías administrativas.
 C - Ofic. Asesor de despacho.
 D - Ofic. Asesor de despacho.
 E - Ofic. Asesor de despacho.
 F - Ofic. Asesor de despacho.
 G - Recepción Ofic. Asesor de despacho.
 H - Ofic. de seguridad.
 I - Ofic. Despacho principal del gobernador.
 I-1 Salón de Despacho principal del gobernador.

I-2 Sala de juntas del Despacho principal del gobernador.

J - Ofic. de secretaria privada.
 K - Sala VIP.
 L - Recepción Despacho del Gobernador.
 M - Ofic. Asesor Jurídica.
 N - Ofic. Recepción Ofic. Asesor Jurídica.
 Ñ - Sala de juntas.
 O - Cuarto de archivo.
 P - Recepción principal.
 Q - Sala de espera de la Recepción principal.

Información de plano: Séptimo piso (Despacho del gobernador) Palacio Amarillo de la Gobernación de Santander.

Elaboró:
 - Hermes E. Durán Hdez.
 - Deysy Y. Pineda Roa.

— Puestas.
 Portones, rejas y puertas de ascensores.
 Pasamanos.

ANEXO 7. RESULTADO DE INVENTARIADO

- Mediciones en categoría 1 – Equipos ofimáticos

CÓDIGO DE COMPUTADOR	TIPO DE COMPUTADORES	REPETICIONES
1	Computador de mesa HP PRODESK 400 G4 destok mini PC[65W]	11
2	Computador de mesa HP PRODESK 600 61 SFF[240W]	38
3	Computador de mesa Think Center (LENOVO)[240w]	130
4	Lenovo todo en uno (C440)	92
5	Computador de mesa Lenovo. V520 5 – 081kl Desktop	206
6	Computador portátil convencional.	236
7	Computador de mesa HP. Compaq 6005 Pro Small Form Factor[240w]	13
8	Computador de mesa HP antiguo. Compaq dc 7900 convertible mini tower [365w]	161
9	Computador de mesa HP 2840 [240w]	1
10	Computador de mesa Compumax	19
11	Computador de mesa marca Janux	5
12	Apple de escritorio	1
TOTAL		913

Mediciones en categoría 3 – Impresoras y escaner

TAMAÑO	IMPRESORAS	NUMERACIÓN ASIGNADA	REPETICIONES
PEQUEÑA	Hp laserjet p1102w	20	15
MEDIANA	Hp laserjet enterprise m604	15	24
MEDIANA	Hp laserjet p4515x	8	12
PEQUEÑA	Hp Laser Jet Pro M402dw	1	10
MEDIANA	HP Laserjet P2035	26	6
MEDIANA	HP laserjet enterprise mfp m527	23	6

PEQUEÑA	Epson L355	12	6
MEDIANA	Hp Laser Jet 500 MFP m525	4	6
PEQUEÑA	Hp Laser Jet 500 color m551	2	10
MEDIANA	HP Laserjet Pro MFP M127fw	30	7
PEQUEÑA	HP Laserjet P2015	29	3
GRANDE	Lexmark Mx410de	19	6
MEDIANA	Ricoh MPC306	17	6
PEQUEÑA	Hp laserjet p2055dn	9	3
PEQUEÑA	Hp officeJet Pro 8600	7	4
PEQUEÑA	Epson L120	5	3
PEQUEÑA	Epson FX-2190	25	2
PEQUEÑA	Epson LX-350	24	2
GRANDE	Sharp AR5220	21	2
PEQUEÑA	Hp Laserjet M1132 MFP	14	3
GRANDE	Hp color laserjet CM4540 mfp	11	2
PEQUEÑA	Hp deskjet 2050	6	2
PEQUEÑA	HP Laserjet 1000 Series	32	1
PEQUEÑA	Epson L575	31	5
PEQUEÑA	HP Deskjet Ink advantage 1515	28	2
PEQUEÑA	HP Laserjet 1020	27	1
GRANDE	lexmark Mx710de	22	1
MEDIANA	Samsung proxpress m4070fr	18	1
PEQUEÑA	hp deskjet ink advantage 2645	16	1
PEQUEÑA	Samsung ml1610	13	1
PEQUEÑA	Epson DS530	10	2
PEQUEÑA	Epson XP 211	3	1
			156

ANEXO 8. RESULTADO DEL CALCULO DE ILUMINACIÓN

Datos de entrada

Altura [m]	3
Altura de trab [m]	0,8
Altura util [m]	2,2
Niv de ilum [Lux]	500
Niv reflexion techo	0,5
Niv reflexion pared	0,3
Niv reflexion suelo	0,1
Factor de mantenimiento	0,85
Numero de lamparas	3
Flujo luminoso [Lum]	1850

Cálculos

	$K = \frac{b \cdot a}{h \cdot (b + a)}$		Flujo = Emed.S/Cd.Cu			
Oficina	índice local K	CU	Flujo necesario	# de luminarias calculado	Iluminación calculada	# de luminarias indicado
102	1,6	0,5	60000	11,0	508,75	11
103						
104	1,0	0,4	31500,0	6	528,6	6
105	1,2	0,5	37391,3	7	519,5	7
107-A	1,5	0,5	48941,2	9	510,3	9
107-B	1,0	0,4	30588,2	6	544,3	6
108	1,1	0,4	35000,0	6	475,7	7
109	1,1	0,4	35000,0	6	475,7	7
110	1,8	0,5	75200,0	14	516,6	14
111	0,9	0,4	30000,0	5	462,5	6
113-A/113-B/119/112-A/B/C	3,3	0,7	184803,9	34	510,5	34
114	1,0	0,4	47558,8	9	525,1	9
116	1,4	0,5	61764,7	11	494,2	12
117	3,2	0,7	174551,7	31	492,8	32
118	1,3	0,5	45370,8	8	489,3	9
201	2,5	0,6	149260,0	27	502,0	27
202	1,9	0,6	90113,5	16	492,7	17
203/204	1,8	0,6	85325,1	15	487,8	16
206	1,3	0,5	43222,5	8	513,6	8

207	0,9	0,3	30588,2	6	544,3	6
208	1,5	0,5	52611,8	9	474,7	10
209	2,6	0,6	141935,5	26	508,3	26
210	0,9	0,3	29688,6	5	467,4	6
211	1,0	0,4	28294,1	5	490,4	6
212	1,4	0,5	46494,1	8	477,5	9
213	1,7	0,6	77812,2	14	499,3	15
214	1,2	0,5	38874,7	7	499,7	8
215	0,9	0,3	27681,7	5	501,2	5
216	1,4	0,5	47058,8	8	471,8	9
217	1,6	0,5	74705,9	13	482,9	14
218	1,0	0,4	32102,9	6	518,6	6
219	1,7	0,5	76352,9	14	508,8	14
220	1,3	0,5	39232,7	7	495,1	8
221	1,3	0,5	42557,5	8	521,6	8
222	1,6	0,5	61176,5	11	499,0	12
223	0,9	0,3	29688,6	5	467,4	6
224	0,9	0,3	29688,6	5	467,4	6
225	1,2	0,5	33913,0	5	409,1	6
226	1,2	0,5	33913,0	6	491,0	7
227	1,5	0,5	53223,5	10	521,4	10
228	1,7	0,5	88705,9	16	500,5	16
229	0,9	0,3	26989,6	5	514,1	5
230	2,3	0,6	99905,1	18	500,0	19
231	1,5	0,5	55294,1	10	501,9	10
231-A	1,1	0,4	37647,1	7	516,0	7
Oficina A 2do piso	2,3	0,6	108771,9	20	510,2	20
Oficina B 2do piso	0,9	0,3	26989,6	5	514,1	5
2do entrepant a juridica	1,7	0,5	146200,0	26	493,5	27
401/402	2,1	0,6	141867,9	26	508,6	26
403	0,9	0,3	30588,2	6	544,3	6
404	1,5	0,5	55058,8	10	504,0	10
409	1,8	0,6	93374,6	17	505,2	17
407	1,2	0,5	34578,0	6	481,5	7
410	1,7	0,5	88705,9	16	500,5	16
408	2,6	0,6	141935,5	26	508,3	26
Oficina A 4to piso	0,9	0,3	26989,6	5	514,1	5
412	1,6	0,5	61176,5	11	499,0	12

411	1,7	0,5	77082,4	14	504,0	14
414	1,4	0,5	44352,9	8	500,5	8
415	1,4	0,5	44352,9	8	500,5	8
Oficina B 4to piso	1,1	0,4	32117,6	6	518,4	6
Archivo 414	1,3	0,5	44552,4	8	498,3	9
416	2,6	0,6	141935,5	26	508,3	26
Salon Augusto Espinosa	3,2	0,7	174064,2	31	494,2	32
423	1,5	0,5	52058,8	9	479,7	10
418	1,0	0,4	29500,0	5	470,3	6
422	1,0	0,4	29500,0	5	470,3	6
420	1,8	0,6	90154,8	16	492,5	17
417/419	1,9	0,6	101960,8	18	489,9	19
421	0,9	0,3	27889,3	5	497,5	6
421-A	1,2	0,5	33913,0	6	491,0	7
423	1,8	0,6	66047,5	12	504,2	12
424	1,8	0,6	66047,5	12	504,2	12
Quinto piso	3,8	0,7	392659,5	71	501,8	71
Septimo piso	3,8	0,7	392659,5	71	501,8	71
601	1,7	0,5	89317,6	16	497,1	17
602	0,8	0,3	24290,7	4	457,0	5
603/604	1,5	0,5	57505,9	10	482,6	11
609	0,8	0,3	22491,3	4	493,5	5
607	1,4	0,5	44047,1	8	504,0	8
612	1,2	0,5	33248,1	6	500,8	6
615	1,6	0,5	68517,6	12	486,0	13
Oficina A 6to piso	1,1	0,4	32117,6	6	518,4	6
610	1,3	0,5	44552,4	8	498,3	9
613	0,9	0,3	27889,3	5	497,5	6
614	3,2	0,7	176470,6	32	503,2	32
séptimo piso entreplant a	3,5	0,7	337762,9	61	501,2	61