SUMINISTROS Y CONSTRUCCIONES C.I S.A.S

# INFORME FINAL DE REVISION ENERGETICA

## 1. Introducción

La presente consultoría de revisión energética tiene como objetivo evaluar de manera integral el desempeño energético de las instalaciones, procesos y sistemas objeto de estudio, con el fin de identificar oportunidades de mejora en eficiencia energética, optimización del consumo y reducción de costos operativos en el Centro Biotecnológico del Caribe (CBC); A través de un análisis técnico detallado, se revisan las condiciones actuales de operación, el uso de equipos y tecnologías, así como el cumplimiento de la normativa vigente en materia energética.

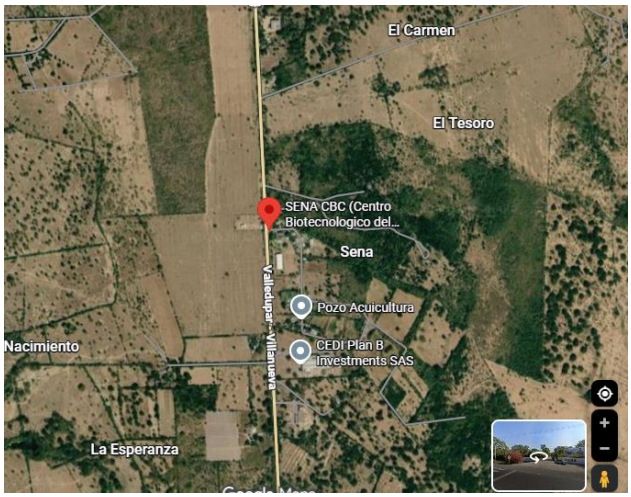
La consultoría contempla la recopilación y análisis de información histórica de consumo, inspecciones en campo, diagnóstico de sistemas energéticos y la formulación de recomendaciones técnicas y estratégicas orientadas a mejorar el desempeño energético. Los resultados obtenidos permitirán al Centro Biotecnológico del Caribe (CBC) contar con una base técnica confiable para la toma de decisiones, la implementación de medidas de ahorro energético y el fortalecimiento de una gestión energética sostenible y eficiente.

## 2. Descripción física general de la sede

El Centro Biotecnológico del Caribe (CBC), perteneciente al SENA Regional Cesar, se caracteriza por ser una de las sedes con mayor extensión de la entidad en Colombia. Su infraestructura está diseñada principalmente para la formación en sectores agroindustriales y ambientales.

- Ubicación y Entorno

Dirección: Kilómetro 7, vía a La Paz, Valledupar, Cesar.




- Ambiente: El centro biotecnológico del caribe (CBC), es un lugar fresco, rodeado de abundante naturaleza, lo que favorece el aprendizaje en áreas del campo.
  - Clima promedio: 24° - 36 °C
  - Radiación solar: 6 KWh- M2dia
  - Velocidad del viento: 6-30 Km/hora

- Instalaciones y Áreas de Formación

La planta física del centro incluye diversos espacios especializados:
Laboratorios Especializados: Cuenta con infraestructura para pruebas y formación en áreas como:

- Físico-químico y microbiológico de lácteos.
- Equipos agroambientales y cultivo vegetal.
- Zonas de Producción y Granja: Dispone de ambientes específicos para el manejo de especies menores y maquinaria agrícola.

- Deportivos y Bienestar:
  - Gimnasio biosaludable.
  - Cancha de pasto sintético.
  - Cancha de piso de gran tamaño.

- Accesibilidad: Las instalaciones cuentan con entradas y estacionamientos accesibles para personas en silla de ruedas.
- Edificaciones Administrativas
- Talleres CIGEC:
  - Taller de gestión mantenimiento
  - Taller sincronización motores Diesel
  - Taller de mecanizado
  - Taller de hidráulica y neumática
  - Taller de automatismo y control
  - Taller de mantenimiento preventivo

- Sistema de riego.

La sede dispone de un suministro de energía eléctrica a través de un circuito de media tensión de carácter rural, el cual alimenta la infraestructura eléctrica del centro mediante una acometida en media tensión proveniente del operador de red. A partir de este punto de conexión se realiza la distribución interna de la energía hacia diferentes áreas del complejo mediante un sistema de subestaciones de transformación, encargadas de reducir el nivel de tensión para su utilización en las distintas cargas y procesos del centro.

El sistema eléctrico interno se encuentra conformado por nueve (9) subestaciones de distribución, con diferentes capacidades de transformación y configuraciones de fase, las cuales abastecen sectores específicos de la sede. Estas subestaciones se describen a continuación:

- Subestación principal: Transformador trifásico con capacidad de 500 kVA, encargado de la alimentación general de la sede.
- Subestación Cancha de fútbol: Transformador trifásico de 45 kVA (actualmente fuera de servicio).
- Subestación Especies Menores: Transformador trifásico de 45 kVA.
- Subestación Motobombas: Transformador trifásico de 75 kVA, destinado principalmente a sistemas de bombeo.
- Subestación Taller Diésel: Transformador monofásico de 37,5 kVA.
- Subestación Acuicultura: Transformador trifásico de 75 kVA.
- Subestación Taller de Soldadura: Transformador trifásico de 150 kVA, asociado a cargas de tipo industrial.
- Subestación Tornos y Laboratorio Diésel: Transformador trifásico de 75 kVA.
- Subestación Ganadería: Transformador trifásico de 35 kVA, actualmente fuera de operación.

Adicionalmente, dentro del cuarto técnico destinado a la subestación principal, se encuentra instalado el transformador de potencia con capacidad nominal de 500 kVA, el cual constituye el punto principal de transformación y distribución de energía para la sede.

En este mismo recinto se localiza el sistema de medición indirecta del consumo de energía eléctrica, el cual realiza el registro de la demanda y el consumo en el nivel de media tensión. Este sistema opera mediante transformadores de corriente (TC) y transformadores de potencial (TP), que permiten adecuar las magnitudes eléctricas a los rangos operativos del equipo de medición, garantizando así la correcta cuantificación de los parámetros eléctricos asociados al suministro energético del centro.

## 3. Análisis de calidad de potencia

Describir e ilustrar resultados de:

**SUBASTACIÓN CUARTO DE BOMBAS**

- **Tensiones de fase,** El registro de parámetros eléctricos se realizó en el interruptor principal del tablero de control de la bocatoma, donde se identificó una tensión nominal de 227/130 V. Para garantizar la representatividad estadística de los datos, se configuró el analizador para capturar valores RMS cada 10 segundos.

  Aunque la sección 7.1 de la NTC 5001 sugiere intervalos de agregación de 10 minutos para evaluar la calidad en estado estable, el uso de intervalos de 10 segundos permite una mayor resolución para detectar variaciones dinámicas vinculadas al arranque de los motores. El periodo de monitoreo se extendió por 6 días, 15 horas y 32 minutos, logrando un índice de medición efectiva del 90.78% para un sistema de tres fases más neutro (3F + N).

  Los valores de referencias en estado estable son de ±10% de la tensión de alimentación declarada.

| Requisitos | Percentil | Medida | Estado |
|---|---|---|---|
| 117,00 – 143,00 V | 95,00 % del intervalo (semana) | 127,65 – 133,22 V | Pasa |
| 110,50 – 143,00 V | 100,00 % del intervalo (semana) | 0.04 – 135,90 V | No Pasa |
| 206,37 - 249,00 V | 95,00 % del intervalo (semana) | 218,26 - 232,00 V | Pasa |
| 204,12 - 249,00 V | 100,00 % del intervalo (semana) | 0.17 - 232,00 V | No Pasa |

TABLA 5. RESULTADO VARIACION DE TENSION.

Se registra la gráfica como prueba del estado.




GRAFICA 10. TENSIONES L1-2, L2-3 Y L3-1

- **Desequilibrio de tensiones,** Se evalúa un periodo de medida de 6D – 15H – 32 min y con periodicidad de una semana en intervalos de 10 segundos en valores de RMS de la ratio de secuencia negativa u-.
  Los valores de referencia para voltajes nominales menor a 69 KV son del 2% se describen en la sección 7.5 y tabla 2 de la NTC 5001.

| Requisitos | Percentil | Medida | Estado |
|---|---|---|---|
| u- < 2,00 % | 95,00% del intervalo (semana) | 0,39 – 0,95 % | Pasa |

TABLA 11. RESULTADO DESEQUILIBRIO DE TENSIÓN.

Se encuentra que el desequilibrio de la tensión es conforme a la norma y no tiene magnitudes de los ángulos desiguales.

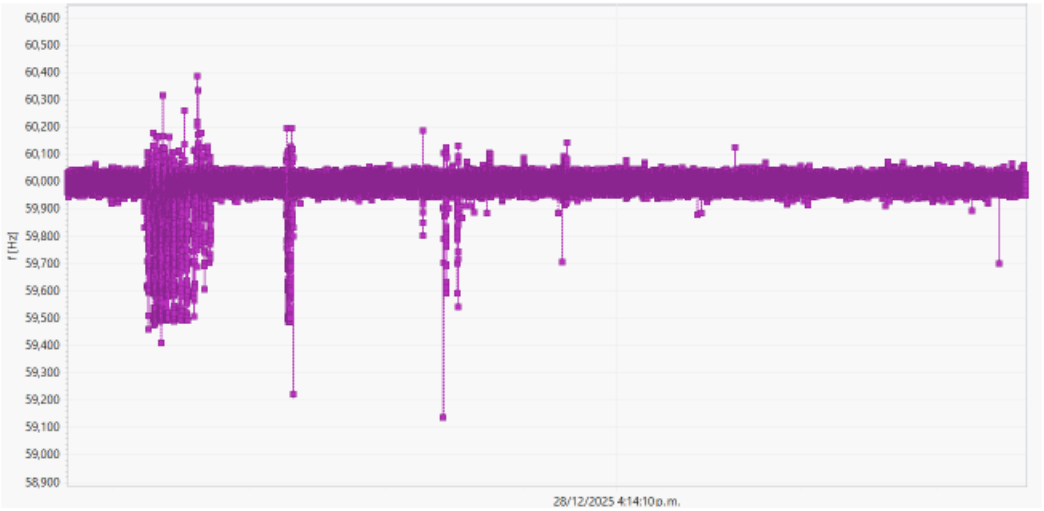
- **Desviación de frecuencia de operación,** La frecuencia nominal del sistema eléctrico en Colombia es de 60 Hz, un parámetro cuya estabilidad depende directamente del equilibrio entre la generación y la demanda, y está intrínsecamente vinculada a la velocidad sincrónica de los generadores del Sistema Interconectado Nacional (SIN).

  El intervalo de medida es de 6d – 15h – 32min y valores de frecuencia tomados cada 10 segundos (10 min son los sugeridos por la NTC5001) se agruparán para un periodo de una semana de tal forma que el 90.78% me la medición efectiva registrada.

  Como es un sistema interconectado y de enlaces síncronos daremos los valores de referencia de la sección 7.12.5 y tabla 6 de la NTC5001.

| Requisitos | Percentil | Medida | Estado |
|---|---|---|---|
| 59,80 – 60,20 Hz | 99,50% del intervalo (semana) | 59,58 – 60,39 Hz | Pasa |
| 57,50 – 63,00 Hz | 100,00% de intervalo (semana) | 59,17 – 60,39 Hz | Pasa |

Para mayor constancia se registra la gráfica.



Se observa variaciones en el balance de las cargas en algunos continuos y otros prolongados, pero no superan el recomendado por la norma NTC 5001.

- **Distorsiones armónicas totales promedio en tensión,** Con el periodo de evaluación de una semana a 10 segundos en valores RMS medios de la distorsión armónica y armónica total en el punto de conexión. Tomando como valores de referencia lo indicado en la sección 7.9 y la tabla 4 de la NTC 5001.

| Requisitos | Percentil | Distorsion armonica individual (%) | Distorsion armonica total THDv (%) |
|---|---|---|---|
| 1 KV< Vn ≤69 KV | 95,00% del intervalo (semana) | 3,0 | 5,0 |

TABLA 12.REQUISITOS ARMÓNICOS DE TENSIÓN.

| | | L1 | | L2 | | L3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Armónicos | Requisito | Medida | Estado | Medida | Estado | Medida | Estado |
| THD | < 8,00 % | 2,18 % | Pasa | 2,24 % | Pasa | 1,83 % | Pasa |
| 2 | < 2,00 % | 0,56 % | Pasa | 0,58 % | Pasa | 0,57 % | Pasa |
| 3 | < 5,00 % | 0,67 % | Pasa | 0,81 % | Pasa | 0,41 % | Pasa |
| 4 | < 1,00 % | 0,21 % | Pasa | 0,21 % | Pasa | 0,21 % | Pasa |
| 5 | < 6,00 % | 1,34 % | Pasa | 1,40 % | Pasa | 1,16 % | Pasa |
| 6 | < 0,50 % | 0,14 % | Pasa | 0,14 % | Pasa | 0,14 % | Pasa |
| 7 | < 5,00 % | 1,18 % | Pasa | 1,16 % | Pasa | 1,02 % | Pasa |
| 8 | < 0,50 % | 0,10 % | Pasa | 0,10 % | Pasa | 0,10 % | Pasa |
| 9 | < 1,50 % | 0,15 % | Pasa | 0,15 % | Pasa | 0,18 % | Pasa |
| 10 | < 0,50 % | 0,08 % | Pasa | 0,08 % | Pasa | 0,08 % | Pasa |
| 11 | < 3,50 % | 0,85 % | Pasa | 0,83 % | Pasa | 0,78 % | Pasa |
| 12 | < 0,50 % | 0,07 % | Pasa | 0,07 % | Pasa | 0,07 % | Pasa |
| 13 | < 3,00 % | 0,44 % | Pasa | 0,42 % | Pasa | 0,38 % | Pasa |
| 14 | < 0,50 % | 0,06 % | Pasa | 0,06 % | Pasa | 0,06 % | Pasa |
| 15 | < 1,00 % | 0,10 % | Pasa | 0,07 % | Pasa | 0,08 % | Pasa |
| 16 | < 0,50 % | 0,05 % | Pasa | 0,05 % | Pasa | 0,05 % | Pasa |
| 17 | < 2,00 % | 0,31 % | Pasa | 0,27 % | Pasa | 0,33 % | Pasa |
| 18 | < 0,50 % | 0,05 % | Pasa | 0,05 % | Pasa | 0,05 % | Pasa |
| 19 | < 1,50 % | 0,17 % | Pasa | 0,15 % | Pasa | 0,15 % | Pasa |
| 20 | < 0,50 % | 0,04 % | Pasa | 0,04 % | Pasa | 0,04 % | Pasa |
| 21 | < 0,75 % | 0,05 % | Pasa | 0,06 % | Pasa | 0,07 % | Pasa |
| 22 | < 0,50 % | 0,04 % | Pasa | 0,04 % | Pasa | 0,04 % | Pasa |
| 23 | < 1,50 % | 0,09 % | Pasa | 0,09 % | Pasa | 0,10 % | Pasa |
| 24 | < 0,50 % | 0,04 % | Pasa | 0,04 % | Pasa | 0,04 % | Pasa |
| 25 | < 1,50 % | 0,12 % | Pasa | 0,10 % | Pasa | 0,10 % | Pasa |

**TABLA 13. RESULTADOS ARMONICOS DE TENSION.**

Tras el procesamiento de los datos capturados en el área de la bocatoma, se concluye que el sistema presenta un comportamiento favorable en términos de contaminación armónica. Con un índice de medición efectiva del 90.78%, los niveles de Distorsión Total de Armónicos de Tensión (THDv) se mantuvieron consistentemente por debajo de los límites de control establecidos.

Corriente promedio, Para garantizar la integridad de los motores de la bocatoma y la estabilidad del transformador de 75 kVA, se establecen los siguientes criterios de aceptación basados en la NTC 2050 y estándares de eficiencia mecánica.

- **Desbalance de Corriente entre Fases**

Las corrientes suministradas por el sistema no deben presentar un desbalance superior al 10% - 15% en condiciones normales. Un desbalance cercano al 30% se considera crítico, ya que:

- ✓ Disparo de Protecciones: Los relevadores de sobrecarga o guardamotores pueden actuar prematuramente debido al calor excesivo en la fase más cargada.
- ✓ Daño Mecánico: Provoca vibraciones y torques opuestos en los motores, reduciendo drásticamente su vida útil.

En sistemas con cargas predominantemente lineales (como los motores de inducción de la bocatoma), la corriente del neutro debe mantenerse en niveles mínimos. Y cuyos límites son:

| Condición del Sistema | Porcentaje "Normal" en el Neutro |
|---|---|
| Equilibrado Perfecto | 0% |
| Aceptable (Cargas Lineales) | < 10% - 20% |
| Sistemas Electrónicos | 30% - 80% |
| Crítico / Peligroso | > 100% |

TABLA 7. LIMITES NEUTRO

El sistema de la bocatoma presenta un régimen de operación dual, caracterizado por el funcionamiento alternado de motores monofásicos y trifásicos que, según los registros, no operan de manera simultánea. Esta alternancia define dos estados de carga claramente diferenciados:

Las cargas monofásicas, durante este periodo, el sistema registra una corriente máxima de 9.63 A.

- ✓ Impacto en el Neutro: Al ser una carga conectada entre fase y neutro, el 100% de esta corriente retorna por el conductor neutro.
- ✓ Cargabilidad: Representa un uso mínimo del transformador 2.2 KVA aproximadamente, lo cual es despreciable para su capacidad nominal.

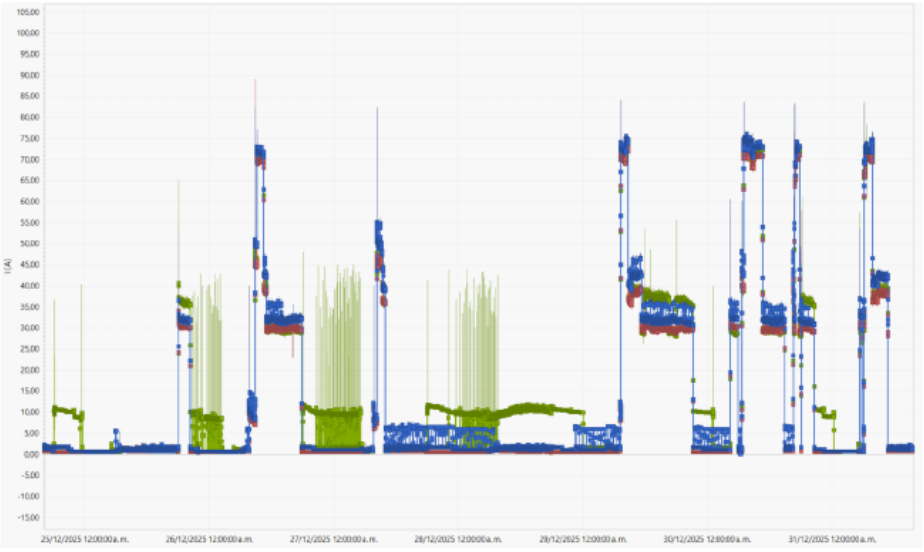
Las cargas trifásicas, En la operación de los motores principales de distribución de agua, la corriente asciende a un máximo de 71.89 A.

Cargabilidad del Transformador: Este valor equivale aproximadamente a 28.25 kVA. El transformador de 75 kVA opera al 37.6% de su capacidad, un régimen de carga ideal que equilibra la eficiencia con la reserva de potencia.

- ✓ Equilibrio: Se espera que en este estado el desbalance de corriente sea mínimo y la corriente de neutro tienda a valores cercanos a cero, siempre que el motor esté en óptimas condiciones.

| CORRIENTE EN UN INTERVALO DADO | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Min. Medido | Prom. Medido | Max. Medido | Relacion % |
| L1 | 5.42 | 5.68 | 6.17 | 7.94% |
| L2 | 0.63 | 0.81 | 1.12 | 86.87% |
| L3 | 0.61 | 0.79 | 1.09 | 87.20% |
| LN | 0.14 | 0.21 | 0.32 | 8% |

TABLA 9. RESULTADO MOMENTÁNEO DE CORRIENTES



GRAFICA 11. CORRIENTES DE LINEAS.

- **Zona de operación de eventos anómalos en tensión factor de potencia,** El sistema eléctrico del cuarto de bombas presenta una demanda de potencia activa promedio de 3.52 kW-h, con un consumo de potencia reactiva inductiva de 3.27 kVAr-h. Estos valores resultan en un Factor de Potencia (FP) promedio de 0.76, situándose significativamente por debajo del límite operativo ideal 0.90.

| Potencias | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Minimo | Promedio | Maximo |
| Potencia Activa (KW) | L1 | 7.30 | 7.55 | 8.09 |
| | L2 | 6.28 | 6.62 | 7.37 |
| | L3 | 7.027 | 7.324 | 7.98 |
| | Total | 20.61 | 21.49 | 23.43 |
| Potencia Reactiva Inductiva (KVAR) | L1 | 5.688 | 5.928 | 6.040 |
| | L2 | 6.225 | 6.455 | 6.560 |
| | L3 | 5.574 | 5.775 | 5.871 |
| | Total | 17.490 | 18.160 | 18.460 |
| Potencia Reactiva Capacitiva (KVAR) | L1 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | L2 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | L3 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | Total | 0 | 0 | 0 |
| Potencia Aparente (KVA) | Total | 27.68 | 28.18 | 29.33 |
| Factor de Potencia | | | | |
| | FP total Cap | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | FP total Ind | 0.744 | 0.762 | 0.800 |
| | Total | 0.744 | 0.762 | 0.8 |

Bajo estas condiciones, el sistema opera con una alta ineficiencia en el transporte de energía, lo que conlleva los siguientes riesgos:

- Riesgo de Penalización (Variable *M*): Según la Resolución CREG 015 de 2018, el consumo de energía reactiva inductiva (kVArh) no debe superar el 50% de la energía activa (kWh). Actualmente, la relación reactiva/activa es del 92.9% (3.27/3.52), lo que activaría de forma inminente el cobro por energía reactiva y el incremento progresivo del factor multiplicador *M*.
- Caídas de Tensión: El alto consumo de reactivos contribuye a las caídas de tensión detectadas y al fenómeno de Flicker (1.65 pu), ya que sobrecarga los conductores y el transformador de 75 kVA con corriente no útil.

- **Análisis de potencias,** Potencia activa, Potencia reactiva y Potencia aparente.

El análisis se hizo en varias subestaciones, pero daremos el ejemplo en el área del cuarto de bombas.

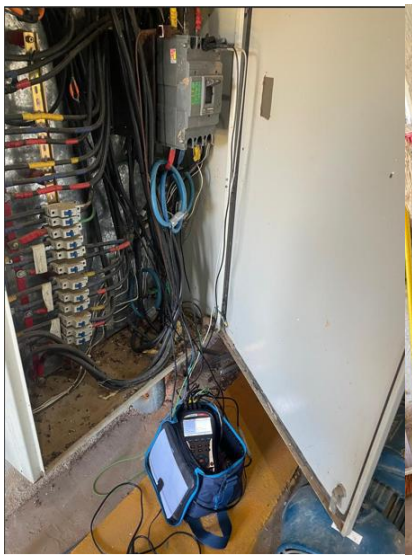
| Energia consumida en una semana | | |
|---|---|---|
| | 1 Hora | 1 Semana |
| Energia Activa Total (KW-H) | 3.523 | 591.86 |
| Energia Reactiva Inductiva Total (KVAR-h) | 3.279 | 550.872 |
| Energia Reactiva Capacitiva Total (KVAR-h) | 0 | 0 |
| Energia aparente total (KVA-h) | 4.596 | 772.128 |

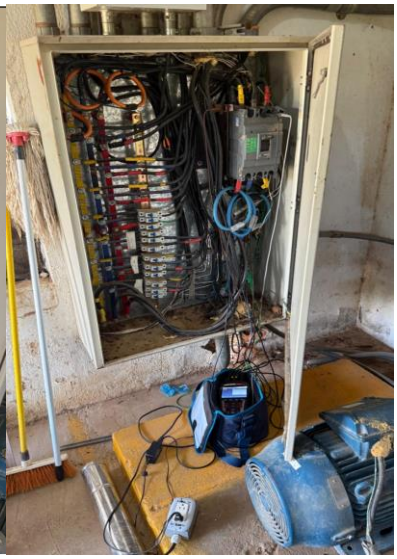
TABLA 15. ENERGÍA CONSUMIDA

Describir características técnicas de equipos usados para las mediciones: es un equipo clase A de marca Metrel, modelo MI2892 y tiene las siguientes características técnicas.

| | |
|---|---|
| Nombre del instrumento | Power Master |
| Modelo del instrumento | MI 2892 |
| Fabricante | Metrel d.d. |
| Número de serie | 16020160 |
| Versión del firmware | 2.0.2376 |
| Tipo de registro | Clase A, trifasico |
| Pinzas de corriente | A1227 (300,00 A), |
| | Rango de medida de la pinza (300,00 A), |
| | Rango de medida del instrumento (100 % of Rango de medida de la pinza), |
| | Relacion de transformador de corriente: 5,00 A : 5,00 A |
| Equipamiento norvativo | Internacional |

Presentar fotos de equipos y sus fichas técnicas dónde se evidencie que cumple con la normatividad del Código de Medida.





## SUBESTACION DE 500 KVA

- **La tensión fase,** Registrada por el transformador de 500KVA es de 220/127V, se tomarán medidas cada 10 segundos en valores RMS (10 min son los sugeridos por la sección 7.1 de la NTC 5001); los valores de medida fueron registrados 6D- 13H – 25min y agrupados a una semana con promedio de medición efectiva del 99.52% para las tres fases más el neutro (3F + 1N).

  Como los valores agrupados son inferiores a 10 min se evalúa las variaciones de tensión para subtensiones y sobretensiones de larga duración con la sección 7.4 de la NTC 5001.

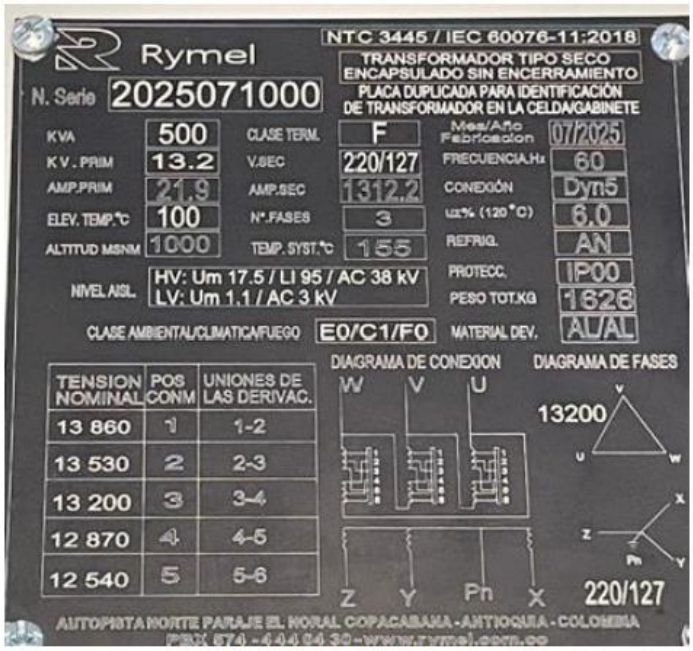


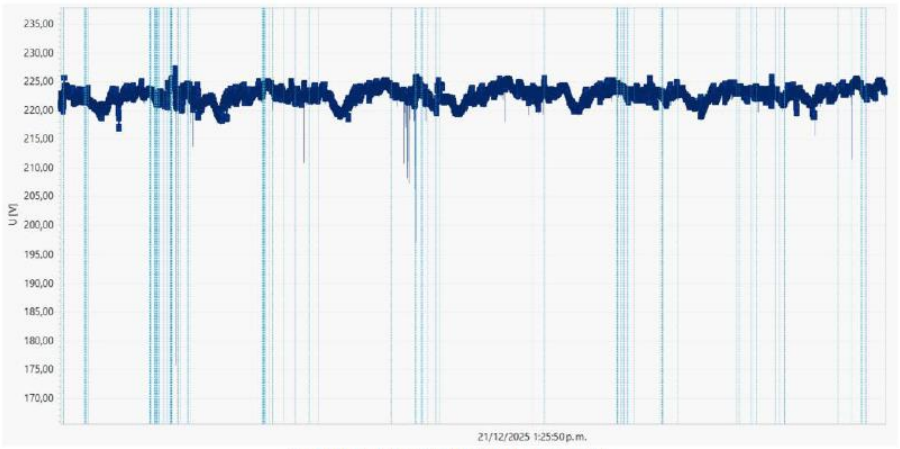

FOTO 1. PLACA DEL TRANSFORMADOR 500KVA.

Los valores de referencias en estado estable son de ±10% de la tensión de alimentación declarada.

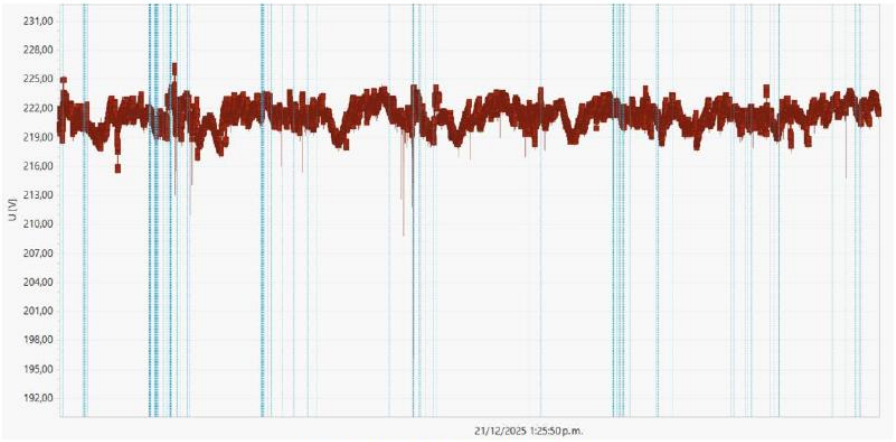
| Requisitos | Percentil | Medida | Estado |
|---|---|---|---|
| 114,30 – 139,70 V | 95,00 % del intervalo (semana) | 125,18 – 130,41 V | Pasa |
| 107,95 – 139,70 V | 100,00 % del intervalo (semana) | 124,31 – 133,26 V | Pasa |
| 198,00 - 242,00 V | 95,00 % del intervalo (semana) | 215,00 - 232,00 V | Pasa |

TABLA 5. RESULTADO VARIACION DE TENSION.

Se registra la gráfica como prueba del estado.




GRAFICA 6. TENSION NOMINAL L - L. FASE 1-2




GRAFICA 7. TENSION NOMINAL L - L. FASE 2-3




GRAFICA 8. TENSION NOMINAL L - L. FASE 3-1

- **Desequilibrio de tensión,** Se evalúa un periodo de medida de 6D – 13H – 25 min y con periodicidad de una semana en intervalos de 10 segundos en valores de RMS de la ratio de secuencia negativa u-.

  Los valores de referencia para voltajes nominales menor a 69 KV son del 2% se describen en la sección 7.5 y tabla 2 de la NTC 5001.

| Requisitos | Percentil | Medida | Estado |
|---|---|---|---|
| $u^- < 2{,}00$ % | 95,00% del intervalo (semana) | 6.498,98 – 17.884,94 % | No pasa |

TABLA 9. RESULTADO DESEQUILIBRIO DE TENSIÓN.

Se encuentra que el desequilibrio de la tensión es conforme a la norma y no tiene magnitudes de los ángulos desiguales.

- **Desviación de frecuencia de operación,** La frecuencia nominal del sistema eléctrico en Colombia es de 60 Hz, un parámetro cuya estabilidad depende directamente del equilibrio entre la generación y la demanda, y está intrínsecamente vinculada a la velocidad sincrónica de los generadores del Sistema Interconectado Nacional (SIN).

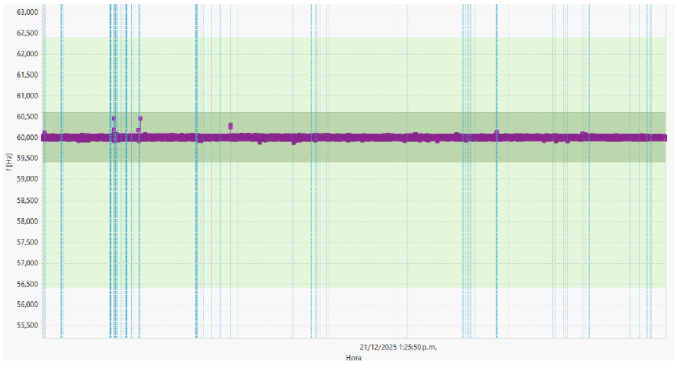
  El intervalo de medida es de 6d – 13h – 25min y valores de frecuencia tomados cada 10 segundos (10 min son los sugeridos por la NTC5001) se agruparán para un periodo de una semana de tal forma que el 100% de los datos cumplan con los criterios de conexión síncrona.

  Como es un sistema interconectado y de enlaces síncronos daremos los valores de referencia de la sección 7.12.5 y tabla 6 de la NTC5001.

| Requisitos | Percentil | Medida | Estado |
|---|---|---|---|
| 59,80 – 60,20 Hz | 99,50% del intervalo (semana) | 59,94 – 60,06 Hz | Pasa |
| 57,50 – 63,00 Hz | 100,00% de intervalo (semana) | 59,87 – 60,46 Hz | Pasa |

TABLA 4. RESULTADO DE FRECUENCIA.

Para mayor constancia se registra la gráfica.




GRAFICA 2. FRECUENCIA AGRUPADA EN UNA SEMANA AL 95%

- **Distorsiones armónicas totales promedio en tensión,** Con el periodo de evaluación de una semana a 10 segundos en valores RMS medios de la distorsión armónica y armónica total en el punto de conexión.

  Tomando como valores de referencia lo indicado en la sección 7.9 y la tabla 4 de la NTC 5001.

| Requisitos | Percentil | Distorsion armonica individual (%) | Distorsion armonica total THDv (%) |
|---|---|---|---|
| 1 KV< Vn ≤69 KV | 95,00% del intervalo (semana) | 3,0 | 5,0 |

TABLA 10. REQUISITOS ARMÓNICOS DE TENSIÓN.

| | | L1 | | L2 | | L3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Armónicos | Requisito | Medida | Estado | Medida | Estado | Medida | Estado |
| THD | < 8,00 % | 1,97 % | Pasa | 1,86 % | Pasa | 1,99 % | Pasa |
| 2 | < 2,00 % | 0,06 % | Pasa | 0,06 % | Pasa | 0,06 % | Pasa |
| 3 | < 5,00 % | 0,28 % | Pasa | 0,20 % | Pasa | 0,32 % | Pasa |
| 4 | < 1,00 % | 0,03 % | Pasa | 0,03 % | Pasa | 0,03 % | Pasa |
| 5 | < 6,00 % | 1,16 % | Pasa | 1,20 % | Pasa | 1,21 % | Pasa |
| 6 | < 0,50 % | 0,03 % | Pasa | 0,04 % | Pasa | 0,04 % | Pasa |
| 7 | < 5,00 % | 1,36 % | Pasa | 1,19 % | Pasa | 1,32 % | Pasa |
| 8 | < 0,50 % | 0,03 % | Pasa | 0,03 % | Pasa | 0,03 % | Pasa |
| 9 | < 1,50 % | 0,16 % | Pasa | 0,15 % | Pasa | 0,14 % | Pasa |
| 10 | < 0,50 % | 0,02 % | Pasa | 0,03 % | Pasa | 0,03 % | Pasa |
| 11 | < 3,50 % | 0,88 % | Pasa | 0,88 % | Pasa | 0,88 % | Pasa |
| 12 | < 0,50 % | 0,02 % | Pasa | 0,03 % | Pasa | 0,02 % | Pasa |
| 13 | < 3,00 % | 0,42 % | Pasa | 0,38 % | Pasa | 0,42 % | Pasa |
| 14 | < 0,50 % | 0,02 % | Pasa | 0,02 % | Pasa | 0,02 % | Pasa |
| 15 | < 1,00 % | 0,08 % | Pasa | 0,10 % | Pasa | 0,10 % | Pasa |
| 16 | < 0,50 % | 0,02 % | Pasa | 0,02 % | Pasa | 0,02 % | Pasa |
| 17 | < 2,00 % | 0,29 % | Pasa | 0,31 % | Pasa | 0,33 % | Pasa |
| 18 | < 0,50 % | 0,02 % | Pasa | 0,02 % | Pasa | 0,02 % | Pasa |
| 19 | < 1,50 % | 0,21 % | Pasa | 0,15 % | Pasa | 0,18 % | Pasa |
| 20 | < 0,50 % | 0,02 % | Pasa | 0,02 % | Pasa | 0,02 % | Pasa |
| 21 | < 0,75 % | 0,06 % | Pasa | 0,05 % | Pasa | 0,07 % | Pasa |
| 22 | < 0,50 % | 0,02 % | Pasa | 0,02 % | Pasa | 0,02 % | Pasa |
| 23 | < 1,50 % | 0,10 % | Pasa | 0,10 % | Pasa | 0,11 % | Pasa |
| 24 | < 0,50 % | 0,02 % | Pasa | 0,02 % | Pasa | 0,02 % | Pasa |
| 25 | < 1,50 % | 0,11 % | Pasa | 0,09 % | Pasa | 0,11 % | Pasa |

TABLA 11. RESULTADOS ARMONICOS DE TENSION.

**TABLA 11. RESULTADOS ARMONICOS DE TENSION.**

Se observa que el sistema opera bajo condiciones de estabilidad satisfactorias. Los registros indican que durante el 99.52% del periodo evaluado (medición efectiva), los niveles de Distorsión Total de Armónicos de tensión (THDv) permanecieron dentro de los límites de control establecidos. Por lo tanto, la integridad térmica y electromagnética del transformador de 500 KVA no se encuentra comprometida, cumpliendo con los estándares de calidad de potencia definidos por la IEEE 519 y la IEEE 1159.

No obstante, dado que el transformador alimenta cargas informáticas críticas en las áreas administrativas, se recomienda mantener bajo observación la corriente del conductor neutro debido a la naturaleza no lineal de dichas cargas (armónicos de secuencia cero).

- **Desbalance de Corriente entre Fases**

Las Corrientes suministradas por el equipo no deben superar el 30% entre fases para evitar disparos en las protecciones y para que las corrientes del neutro trabajen en condiciones aceptables no deben superar el 20% de las corrientes de fases en cargas lineales NTC 2050.

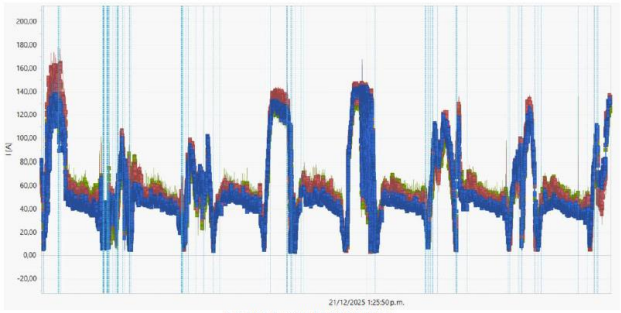
| Condición del Sistema | Porcentaje "Normal" en el Neutro |
|---|---|
| Equilibrado Perfecto | 0% |
| Aceptable (Cargas Lineales) | < 10% - 20% |
| Sistemas Electrónicos | 30% - 80% |
| Crítico / Peligroso | > 100% |

TABLA 6. LIMITES NEUTRO

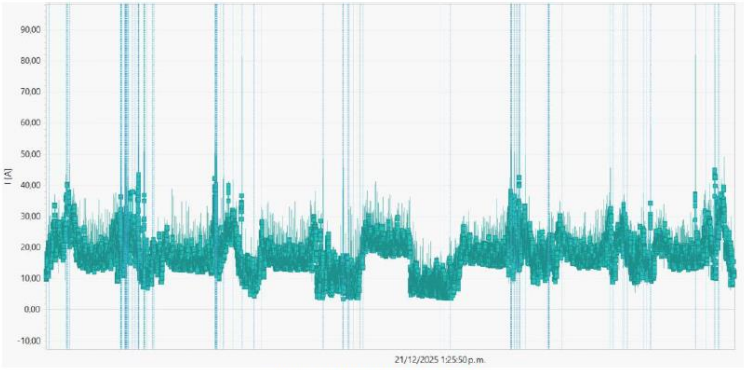
| CORRIENTE EN UN INTERVALO DADO | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Min. Medido | Prom. Medido | Max. Medido | Relacion % |
| L1 | 11.40 | 102.11 | 102.60 | 0.48% |
| L2 | 95.00 | 99.07 | 101.28 | 3.44% |
| L3 | 89.49 | 90.27 | 90.66 | 12.02% |
| LN | 16.96 | 18.36 | 19.81 | 19% |

TABLA 7. RESULTADO MOMENTÁNEO DE CORRIENTES

Las corrientes están en condiciones aceptables de trabajo, pero toca tener en cuenta las cargas asociadas al sistema que están elevando las corrientes del neutro, como las cargas informáticas monofásicas ya que el transformador alimenta las áreas administrativas del edificio. Por otro lado, se recomienda revisar si el neutro esta sólidamente aterrizado, si su conexión física es la adecuada y por último medir la resistencia de la tierra y que este por debajo de los <10Ω (Subestaciones MT/BT) recomendación técnica IEEE80.




GRAFICA 9. CORRIENTES DE LINEAS.




GRAFICA 10. CORRIENTE DE NEUTO.

- **Zona de operación de eventos anómalos en tensión factor de potencia,** Tras el análisis de los registros obtenidos, se confirma que el consumo de potencia reactiva de la subestación de 500 kVA se mantiene dentro de los límites de tolerancia definidos por la Resolución CREG 015 de 2018. El Banco de Condensadores opera de manera eficiente, manteniendo el Factor de Potencia estable y por encima del umbral de penalización (FP > 0.9). En consecuencia, la instalación no presenta riesgos de sobrecostos por la activación de la variable multiplicadora M, garantizando una operación económica óptima de las áreas administrativas.

| 21/12/2025 12:09:30,001 pm | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Potencias | | | | |
| | | Minimo | Promedio | Maximo |
| Potencia Activa (KW) | L1 | 18.62 | 18.65 | 18.68 |
| | L2 | 18.64 | 18.79 | 18.90 |
| | L3 | 17.42 | 17.46 | 17.51 |
| | Total | 54.68 | 54.90 | 55.09 |
| Potencia Reactiva Inductiva (KVAR) | L1 | 0.593 | 0.611 | 0.629 |
| | L2 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | L3 | 0.522 | 0.532 | 0.541 |
| | Total | 1.115 | 1.143 | 1.170 |
| Potencia Reactiva Capacitiva (KVAR) | L1 | 0.351 | 0.553 | 1.070 |
| | L2 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | L3 | 0.208 | 0.403 | 0.800 |
| | Total | 0.559 | 0.956 | 1.87 |
| Potencia Aparente (KVA) | Total | 54.8 | 54.99 | 55.16 |
| Factor de Potencia | | | | |
| | FP total Cap | 0.998 | 0.998 | 0.999 |
| | FP total Ind | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | Total | 0.999 | 1 | 0.998 |

TABLA 12. VALORES DE POTENCIA Y FACTOR DE POTENCIA

- **Análisis de potencias,** Potencia activa, Potencia reactiva y Potencia aparente.

El análisis se hizo en varias subestaciones, pero daremos el ejemplo en el área de la subestación principal.

| Energia consumida en una semana | | |
|---|---|---|
| | 1 Hora | 1 Semana |
| Energia Activa Total (KW-H) | 9.716 | 1632.288 |
| Energia Reactiva Inductiva Total (KVAR-h) | 0.073 | 12.264 |
| Energia Reactiva Capacitiva Total (KVAR-h) | 0.925 | 155.4 |
| Energia aparente total (KVA-h) | 9.753 | 1638.504 |

TABLA 13. ENERGÍA CONSUMIDA

## 4. Matriz energética de la sede

Describir bajo qué mercado compra la energía (o energías) la sede y a qué precio. El centro biotecnológico del caribe regional Cesar (CBC) compra la energía a él comercializador Afinia por opción tarifaria dentro del cargo de comercialización, es decir bajo la condición de mercado regulado.

Los precios:

| Concepto | Precio Promedio | Observaciones |
|---|---|---|
| Energía Activa | $760 /kWh | Incluye los componentes de Generación, Transmisión, Distribución, Comercialización (con opción tarifaria), Pérdidas y Restricciones |
| Energía Reactiva | $130 /kVARh | Es el cobro por penalización (transporte de energía reactiva) cuando el factor de potencia es inferior a 0.90 o se excede el límite permitido. |

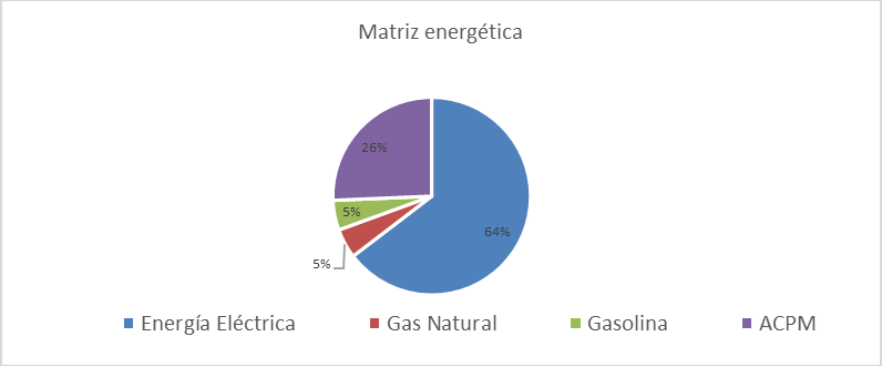
Describir las fuentes energéticas e ilustrar participación de cada fuente dentro de la matriz energética y de costos energéticos. El Centro Biotecnológico del Caribe presenta una matriz diversificada, donde predomina el uso de energía eléctrica para procesos operativos y de formación, complementada por combustibles fósiles destinados principalmente a maquinaria agrícola, transporte y plantas de respaldo.

| 2.2. Matriz energética | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Energía Eléctrica | | Gas Natural | | Gasolina | | ACPM | |
| Últimos doce meses | kWh | COP$ | m³ | COP$ | Galón | COP$ | Galón | COP$ |
| Mes 1 | 24420 | $ 17,704,500 | 52 | $ 153,972 | 0 | | 0 | |
| Mes 2 | 26400 | $ 19,140,000 | 50 | $ 148,050 | 0 | | 0 | |
| Mes 3 | 29370 | $ 21,293,250 | 72 | $ 213,192 | 0 | | 0 | |
| Mes 4 | 27060 | $ 19,618,500 | 86 | $ 254,646 | 0 | | 0 | |
| Mes 5 | 34980 | $ 25,360,500 | 254 | $ 752,094 | 0 | | 0 | |
| Mes 6 | 28381 | $ 20,576,225 | 360 | $ 1,065,960 | 60 | $ 1,000,000 | 730 | $ 6,945,221 |
| Mes 7 | 44219 | $ 32,058,775 | 302 | $ 894,222 | 190 | $ 3,468,540 | 826.54 | $ 7,863,702 |
| Mes 8 | 7920 | $ 5,742,000 | 247 | $ 731,367 | 100 | $ 1,397,000 | 645.88 | $ 6,297,330 |
| Mes 9 | 29040 | $ 21,054,000 | 439 | $ 1,299,879 | 200 | $ 2,794,000 | 828.66 | $ 7,996,569 |
| Mes 10 | 11550 | $ 8,373,750 | 314 | $ 929,754 | 169 | $ 2,000,000 | 760 | $ 6,297,330 |
| Mes 11 | 47615 | $ 34,520,875 | 323 | $ 956,403 | 0 | | 0 | |
| Mes 12 | 38280 | $ 27,753,000 | 236 | $ 698,796 | 0 | | 0 | |
| Total | 349235 | $ 253,195,375 | 2735 | $ 8,098,335.00 | 719 | $ 10,659,540.00 | 3791.08 | $ 35,400,152.00 |
| Total (Tera Julios) | 1.257246 | | 0.0940668 | | 0.094735 | | 0.499512 | |

Composición de la Matriz Energética (Consumo)

Esta matriz representa la participación de cada fuente según la cantidad de energía consumida para el funcionamiento de la sede:

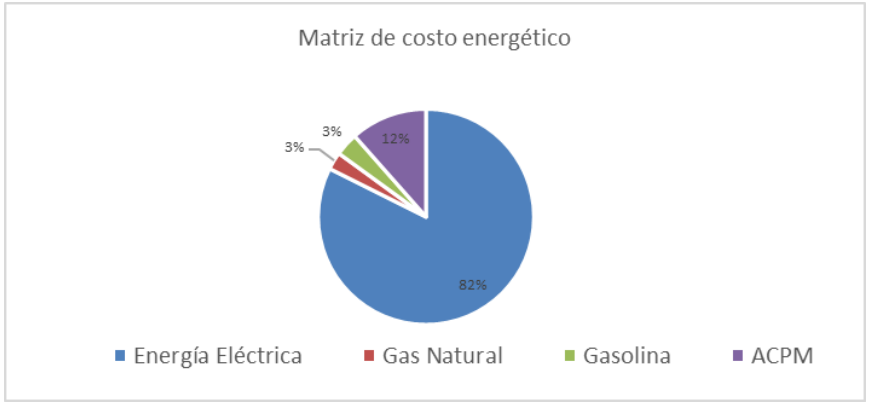
- Energía Eléctrica (64%): Es la fuente primaria, utilizada en iluminación, aires acondicionados, máquinas y herramientas, equipos ofimáticos y electrodomésticos.
- ACPM / Diésel (26%): Representa una fracción significativa, vinculada mayoritariamente a los vehículos y maquinaria pesada, tractores del área agrícola, así como al respaldo eléctrico.
- Gas Natural (5%): Empleado en procesos específicos de cocción o calderas menores.
- Gasolina (5%): Destinada a vehículos livianos y equipos portátiles.




Matriz de Costos Energéticos (Impacto Financiero)

Al traducir el consumo a términos monetarios, se observa una concentración crítica en el gasto, donde la eficiencia en el uso de la electricidad determina la viabilidad financiera de la sede:

- Energía Eléctrica (82%): A pesar de representar el 64% del consumo físico, absorbe la gran mayoría del presupuesto energético debido a las altas tarifas del mercado regulado en la región.
- ACPM (12%): Su peso económico es menor comparado con su volumen de consumo, reflejando una estructura de costos por unidad energética diferente a la eléctrica.
- Gas Natural (3%) y Gasolina (3%): Representan una porción marginal del gasto total de operación.



## 5. Usos significativos de la energía de la sede.

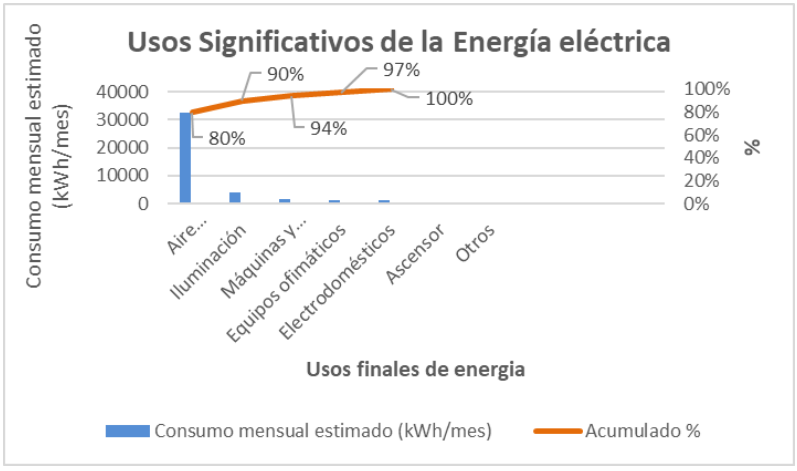
Describir, ilustrar (diagramas Pareto) y caracterizar los usos significativos de energía de la sede.

Uso significativo de la energía eléctrica. El perfil de consumo eléctrico del Centro Biotecnológico del Caribe revela una concentración crítica en la demanda térmica. El análisis de los datos operativos arroja un consumo mensual consolidado de $40,884 kWh

| Uso final de energía eléctrica | Consumo mensual estimado (kWh/mes) | Participación % | Acumulado % |
|---|---|---|---|
| *Aire acondicionado y refrigeración* | 32698 | 80% | 80% |
| *Iluminación* | 4163 | 10% | 90% |
| *Máquinas y herramientas* | 1749 | 4% | 94% |
| *Equipos ofimáticos* | 1164 | 3% | 97% |
| *Electrodomésticos* | 1110 | 3% | 100% |
| *Ascensor* | | . | |
| *Otros* | | | |

Diagrama de Pareto de Consumo Eléctrico

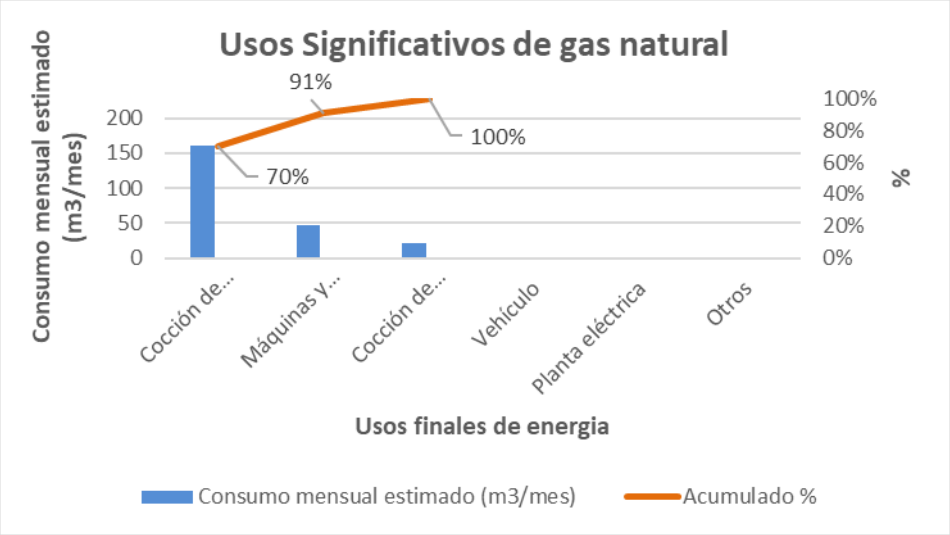
El siguiente diagrama aplica el principio de Pareto (80/20), evidenciando que una sola categoría (Aires Acondicionados y Refrigeración) es responsable de la gran mayoría del consumo, lo que define claramente dónde deben concentrarse los esfuerzos de ahorro.




Uso significativo del gas natural. El consumo de gas natural en la sede se concentra exclusivamente en actividades de cocción y procesos de formación técnica. Se identifica un consumo mensual total de 228 $m^3$/mes

| Uso final de gas natural | Consumo mensual estimado (m3/mes) | Participación % | Acumulado % |
|---|---|---|---|
| *Cocción de alimentos restaurante* | 160 | 70% | 70% |
| *Máquinas y herramientas de formación* | 47 | 21% | 91% |
| *Cocción de alimentos formación* | 21 | 9% | 100% |
| *Vehículo* | 0 | | |
| *Planta eléctrica* | 0 | | |
| *Otros* | 0 | | |

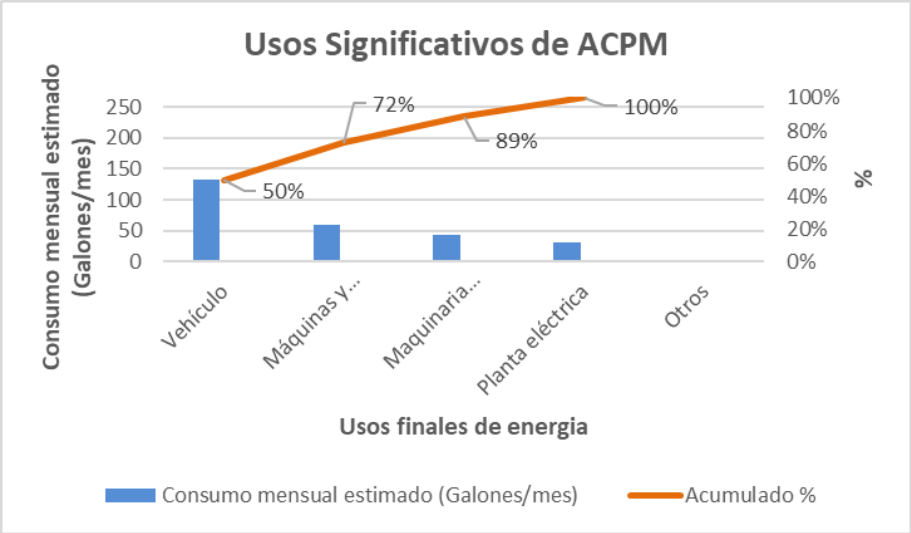
De acuerdo con el principio de Pareto, el 70% del consumo se concentra en una sola actividad (Restaurante), lo que facilita la focalización de las estrategias de ahorro.




Uso significativo del ACPM. El consumo total de ACPM en la sede asciende a 265 galones mensuales. La distribución de este recurso está fuertemente ligada a la movilidad y la operatividad técnica.

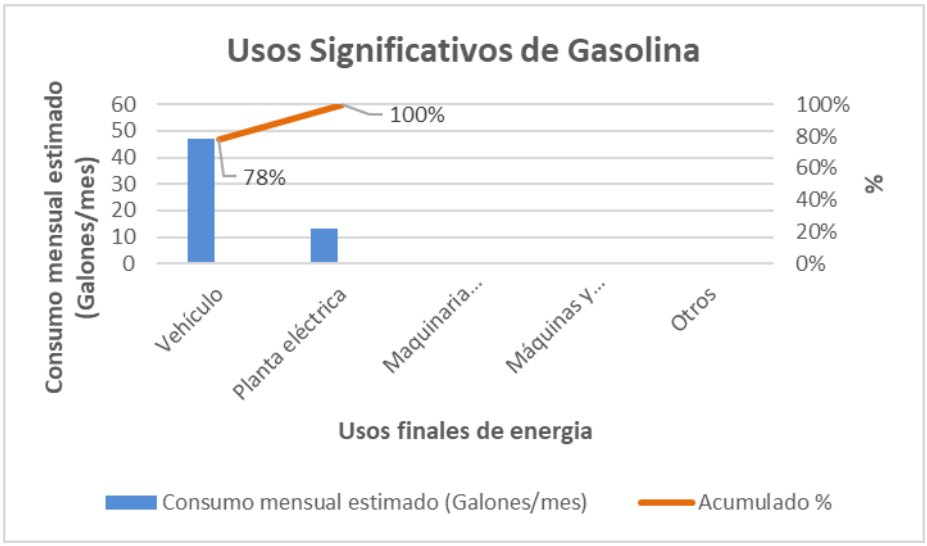
| Uso final de ACPM | Consumo mensual estimado (Galones/mes) | Participación % | Acumulado % |
|---|---|---|---|
| *Vehículo* | 132 | 50% | 50% |
| *Máquinas y herramientas de formación* | 60 | 23% | 72% |
| *Maquinaria amarilla* | 43 | 16% | 89% |
| *Planta eléctrica* | 30 | 11% | 100% |
| *Otros* | 0 | | |

El diagrama muestra que los Vehículos y las Máquinas de Formación acumulan el 73% del consumo total. Siguiendo la regla de Pareto, las estrategias de ahorro en el mantenimiento de inyectores y control de rutas para estos dos rubros tendrían el mayor impacto en la reducción de costos de combustible.




Uso significativo de la gasolina.

| Uso final de Gasolina | Consumo mensual estimado (Galones/mes) | Participación % | Acumulado % |
|---|---|---|---|
| *Vehículo* | 47 | 78% | 78% |
| *Planta eléctrica* | 13 | 22% | 100% |
| *Maquinaria amarilla* | 0 | | |
| *Máquinas y herramientas de formación* | 0 | | |
| *Otros* | 0 | | |




**6. Oportunidades de mejora del desempeño energético de la sede. Se presentarán 5 oportunidades de mejora.**

Presentar y detallar las oportunidades de mejora del desempeño energético identificadas en la sede las, presentando por cada una potencial de ahorro energético, potencial de ahorro económico, potencial de

reducción de emisiones de CO2 asociado al ahorro energético, inversión por la implementación de la oportunidad y retorno a la inversión.

Buenas prácticas operacional; Esta iniciativa tiene como objetivo mitigar el desperdicio energético causado por hábitos inadecuados y la falta de sensibilización en la comunidad. El programa se fundamenta en la transformación de la cultura organizacional a través de tres pilares estratégicos:

- ✓ Gestión Visual: Implementación de señalética estratégica y campañas comunicativas permanentes.
- ✓ Participación Activa: Creación de Brigadas Energéticas integradas por docentes, administrativos y estudiantes, encargadas de supervisar el uso racional de equipos e instalaciones.
- ✓ Recursos y Capacitación: Un ciclo de 2 meses de charlas informativas apoyado por la distribución de 1,000 folletos/cartillas y 1,000 piezas de señalética (stickers y avisos).

| Indicador | Valor Detallado |
|---|---|
| Potencial de Ahorro Energético | 27,839 kWh / año (Estimado en un 8% de reducción) |
| Potencial de Ahorro Económico | $20,255,775 / año |
| Reducción de Emisiones (CO2) | 10.8 Ton CO2 / año |
| Inversión Inicial | $ 68,146,166 |
| Retorno de Inversión (ROI) | 3.4 años |

| ITEM | DESCRIPCION | UND | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Diseño y elaboración de material pedagógico para campaña de eficiencia energética | UND | 1 | $ 4.500.000 | $ 4.500.000 |
| 2 | Impresión de folletos/cartillas informativas | UND | 1.000 | $ 15.125 | $ 15.125.000 |
| 3 | Producción de señalética energética (stickers y avisos) | UND | 1.000 | $ 12.306 | $ 12.306.000 |
| 4 | Realización de charlas y capacitaciones (ciclo de 2 meses) | MES | 2 | $ 15.000.000 | $ 30.000.000 |
| 5 | Material logístico para brigadas energéticas | UND | 1 | $ 6.215.166 | $ 6.215.166 |
| | | | | **TOTAL, INVERSION** | **$ 68.146.166** |

La propuesta contempla la instalación de un sistema fotovoltaico de gran escala, diseñado principalmente para suplir los Usos Significativos de Energía (USE) identificados durante la auditoría energética, tales como sistemas de climatización, equipos especializados, iluminación y demás cargas de alto consumo.

Especificaciones Técnicas del Sistema Propuesto

- ✓ Potencia instalada estimada: entre 220 kWp y 260 kWp.
- ✓ Configuración del sistema:

  - ➢ Instalación aproximada de 450 módulos fotovoltaicos monocristalinos de 630 Wp, caracterizados por su alta eficiencia y mejor desempeño frente a condiciones de radiación variables.

- Integración de 3 inversores de 100 kW, encargados de la conversión de corriente continua (DC) a corriente alterna (AC), garantizando un óptimo rendimiento del sistema y adecuada gestión de la energía generada.
- Área requerida para la instalación: aproximadamente 1.600 m², destinada a la disposición de los arreglos fotovoltaicos y corredores técnicos de mantenimiento.

Considerando las condiciones de radiación solar promedio de la región y el factor de producción estimado para sistemas fotovoltaicos en el Caribe colombiano (entre 1.500 y 1.700 kWh/kWp-año), el sistema propuesto podría generar aproximadamente entre:

✓ 330.000 y 390.000 kWh/año

Teniendo en cuenta que el consumo energético promedio anual de la sede es de 349.235 kWh, la implementación del sistema permitiría:

- Cubrir entre el 94 % y el 100 % de la demanda energética anual de la sede.
- Reducir significativamente la energía importada desde la red eléctrica.
- Disminuir los costos asociados a la facturación energética, particularmente en los componentes de energía activa y pérdidas asociadas al transporte de energía.

**Beneficios Operativos y Económicos**

- Reducción significativa en la facturación eléctrica anual.
- Disminución de la dependencia energética de la red pública.
- Mejoramiento de los indicadores de eficiencia energética institucional.
- Contribución a la sostenibilidad ambiental, mediante la reducción de emisiones de $CO_2$ asociadas al consumo de energía convencional.
- Posibilidad de registro como Autogenerador a Pequeña Escala (AGPE) ante el operador de red, permitiendo optimizar la gestión energética y el aprovechamiento de excedentes.

| ITEM | DESCRIPCION | UND | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Suministro de módulos solares monocristalinos 630 W | UND | 450 | $ 950,000 | $ 427,50,.000 |
| 2 | Inversor solar trifásico 100 kW | UND | 3 | $ 45,000,000 | $ 135,000.000 |
| 3 | Estructura de soporte para módulos fotovoltaicos | UND | 1 | $ 210,000,000 | $ 210,000,000 |
| 4 | Sistema de protecciones eléctricas DC/AC y tableros | UND | 1 | $ 38,000,000 | $ 38,000,000 |
| 5 | Cableado solar, conectores y canalizaciones | UND | 1 | $ 42,000,000 | $ 42,000,000 |
| 6 | Sistema de monitoreo y comunicación | UND | 1 | $ 12,000,000 | $ 12,000,000 |
| 7 | Obras civiles y adecuación del área (1600 m2) | UND | 1 | $ 180,700,000 | $ 180,700,000 |
| 8 | Ingeniería, diseño, montaje y puesta en marcha | SERVICIO | 1 | $ 95,000,000 | $ 95,000,000 |
| | | | | **TOTAL, INVERSION** | **$ 1,139,500,000.00** |

Reconversión Tecnológica, Gestión AGPE y Compensación de Reactiva; Esta solución integral busca la modernización de los sistemas de compensación de energía reactiva en conjunto con la gestión administrativa ante el Operador de Red (Afinia). El objetivo es capitalizar el marco normativo vigente en Colombia para eliminar penalizaciones por energía reactiva (exceso de inductiva) y optimizar el Costo Unitario (CU).

- ✓ Compensación de Reactiva: Suministro e instalación de tres (3) bancos de condensadores automáticos con sus respectivos tableros de fuerza y control:
  - Uno (2) de 30 kVAr.
  - Uno (1) de 50 kVAr.

| INDICADOR | VALOR DETALLADO |
|---|---|
| Potencial de Ahorro Energético | 534,600 kVArh / año |
| Potencial de Ahorro Económico | $ 69,489,000 / año |
| Reducción de Emisiones (CO2) | 7.5 ton CO2 / año |
| Inversión Inicial | $ 45.000.000 |
| Retorno de Inversión (ROI) | 7,7 meses |

| ITEM | DESCRIPCION | UND | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Banco automático de condensadores 30 kVAr con tablero de control y protecciones | UND | 2 | $ 8,500,000.00 | $ 17,000,000.00 |
| 2 | Banco automático de condensadores 50 kVAr con tablero de control y protecciones | UND | 1 | $ 11,500,000.00 | $ 11,500,000.00 |
| 3 | Suministro de tableros de fuerza, protecciones y contactores especializados | UND | 1 | $ 6,200,000.00 | $ 6,200,000.00 |
| 4 | Cableado eléctrico, canalizaciones y accesorios de instalación | UND | 1 | $ 4,800,000.00 | $ 4,800,000.00 |
| 5 | Ingeniería, configuración, pruebas y puesta en marcha del sistema | SERVICIO | 1 | $ 5,500,000.00 | $ 5,500,000.00 |
| | | | | **TOTAL, INVERSION** | **$ 45,000,000** |

- ✓ Gestión AGPE: Trámites de conexión y excedentes ante Afinia para asegurar la correcta liquidación de la energía autogenerada.
- ✓ Impacto Económico: Mitigación de costos operativos y mejora del factor de potencia.

| ITEM | DESCRIPCION | UND | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Estudio técnico de conexión AGPE y análisis de capacidad de red | SERVICIO | 1 | $ 4,500,000.00 | $ 4,500,000.00 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | Elaboración de memorias técnicas y documentación para operador de red (Afinia) | SERVICIO | 1 | $ 3,200,000.00 | $ 3,200,000.00 |
| 3 | Gestión de trámites de conexión y registro de autogenerador a pequeña escala (AGPE) | SERVICIO | 1 | $ 3,800,000.00 | $ 3,800,000.00 |
| 4 | Adecuación del sistema de medición bidireccional y configuración | UND | 1 | $ 5,200,000.00 | $ 5,200,000.00 |
| 5 | Ingeniería de detalle, coordinación con operador de red y seguimiento del proceso | SERVICIO | 1 | $ 4,100,000.00 | $ 4,100,000.00 |
| | | | | **TOTAL, INVERSION** | **$ 20,800,000** |

Mantenimiento preventivo y correctivo; Se propone una intervención profunda en la infraestructura del Centro Biotecnológico del Caribe, orientada a la mitigación de riesgos operativos y la optimización del consumo térmico. La estrategia se divide en dos ejes fundamentales:

- ✓ Saneamiento Eléctrico: Intervención correctiva de tableros y redes para eliminar puntos calientes y fugas a tierra.
- ✓ Blindaje Térmico: Aislamiento especializado de ductos para evitar que el calor ambiental sobrecargue los sistemas de enfriamiento, reduciendo el esfuerzo mecánico de los equipos.
- ✓ Gestión Inteligente de Carga: Optimización de la envolvente térmica mediante el aislamiento de ductos de refrigeración para reducir la ganancia de calor. Asimismo, se implementará un sistema de control inteligente compuesto por:

1. 23 controladores para la gestión eficiente del sistema de iluminación.
2. 52 controladores para la automatización y ahorro energético en unidades de aire acondicionado.

| INDICADOR | VALOR DETALLADO |
|---|---|
| Potencial de Ahorro Energético | 41,908 kWh / año |
| Potencial de Ahorro Económico | $ 30,383,300 / año |
| Reducción de Emisiones (CO2) | 19.28 ton CO2 / año |
| Inversión Inicial | $ 132,686,260 |
| Retorno de Inversión (ROI) | 4,36 años |

| ITEM | DESCRIPCION | UND | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Mantenimiento correctivo de tableros eléctricos, ajuste de protecciones y eliminación de puntos calientes | SERVICIO | 1 | $ 18,500,000.00 | $ 18,500,000.00 |
| 2 | Corrección de fugas a tierra y adecuación de redes eléctricas internas | SERVICIO | 1 | $ 12,600,000.00 | $ 12,600,000.00 |
| 3 | Aislamiento térmico especializado de ductos de refrigeración (material + instalación) | UND | 1 | $ 21,400,000.00 | $ 21,400,000.00 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | Controladores inteligentes para sistema de iluminación | UND | 23 | $ 840,000 | $ 19,320,000 |
| 5 | Controladores inteligentes para unidades de aire acondicionado | UND | 52 | $ 1,020,505 | $ 53,066,260 |
| 6 | Integración del sistema de control, configuración y puesta en marcha | SERVICIO | 1 | $ 7,800,000.00 | $ 7,800,000.00 |
| | | | | **TOTAL, INVERSION** | **$ 132,686,260** |

Mantenimiento correctivo; Esta quinta oportunidad de mejora se enfoca en la flota de vehículos y maquinaria amarilla del Centro Biotecnológico del Caribe (CBC). Dado que el ACPM representa el 26% de la matriz energética de la sede, optimizar el rendimiento de estos motores es vital para la sostenibilidad operativa. Y podemos decir que esta estrategia propone migrar de un mantenimiento correctivo a uno predictivo y preventivo sistemático, enfocado en la salud del motor y la eficiencia de la combustión para maquinaria agrícola y vehículos de transporte.

| Indicador | Valor Detallado |
|---|---|
| Potencial de Ahorro Energético | 96 Galones / año (Reducción del 3%) |
| Potencial de Ahorro Económico | $1,044,966 / año |
| Reducción de Emisiones (CO2) | 10.03 Ton CO2 / año |
| Inversión Inicial | $ 75,000,000 |
| Retorno de Inversión (ROI) | Operativo |

| INDICADOR | VALOR DETALLADO |
|---|---|
| Potencial de Ahorro Energético | 96 galones / año (reducción del 3%) |
| Potencial de Ahorro Económico | $ 1,044,966 / año |
| Reducción de Emisiones (CO2) | 10.03 ton CO2 / año |
| Inversión Inicial | $ 49,200,000 |
| Retorno de Inversión (ROI) | Operativo |

| ITEM | DESCRIPCION | UND | CANTIDAD | VR. UNITARIO | VR. TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Diagnóstico técnico inicial de motores (análisis de combustión, escaneo y revisión mecánica) | SERVICIO | 1 | $ 6,500,000.00 | $ 6,500,000.00 |
| 2 | Implementación del programa de mantenimiento preventivo para maquinaria y vehículos | SERVICIO | 1 | $ 9,800,000.00 | $ 9,800,000.00 |
| 3 | Kit de mantenimiento mayor (filtros, aceites, lubricantes y consumibles) | UND | 1 | $ 12,400,000.00 | $ 12,400,000.00 |
| 4 | Capacitación técnica al personal en mantenimiento predictivo y operación eficiente | SERVICIO | 1 | $ 4,200,000.00 | $ 4,200,000.00 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 5 | Sistema básico de monitoreo de condiciones del motor (sensores y registro de datos) | UND | 1 | $ 8,700,000.00 | $ 8,700,000.00 |
| 6 | Mano de obra especializada para ajustes, calibración y optimización de motores | SERVICIO | 1 | $ 7,600,000.00 | $ 7,600,000.00 |
| | | | | **TOTAL, INVERSION** | **$ 49,200,000.00** |

**7. Estimar los usos y consumos futuros de energía.**

En el marco del proyecto de ampliación del Centro Biotecnológico del Caribe (CBC) – SENA Regional Cesar, se contempla la construcción de 12 ambientes especializados destinados al fortalecimiento de las capacidades de formación técnica y tecnológica. Con el objetivo de prever el impacto energético de esta nueva infraestructura, se realizó una estimación de la demanda eléctrica y del consumo energético futuro, tomando como base las actividades eléctricas proyectadas para el sistema de potencia, voz y datos, y climatización incluidas en los diseños del proyecto.

A partir del análisis de la información técnica suministrada, se identificaron los principales equipos de transformación eléctrica que conformarán el sistema de suministro para los nuevos ambientes. En particular, se contempla la instalación de los siguientes transformadores:

| EQUIPO | CANTIDAD | POTENCIA |
|---|---|---|
| Transformador trifásico | 1 | 30 KVA |
| Transformador trifásico | 1 | 75 KVA |
| Transformador trifásico | 1 | 500 KVA |

- **Potencia total para instalar:**

$30 + 75 + 500 = 605\ KVA$

- **Conversión a potencia activa:**

Asumiendo un factor de potencia típica de 0.9 para instalaciones educativas:

$605\ KVA\ X\ 0.9 = 544{,}5\ KW$

Potencia activa aproximada:

$545\ kW$

- **Factor de utilización (demanda real)**

En centros educativos normalmente se usa un factor de demanda entre 60% y 70%

Tomando 70%

$545\ x\ 0.7 = 381\ kW$

Demanda estimada del proyecto:

$380\ kW$

- **Estimación del consumo energético anual**

Si los 12 ambientes especializados operan aproximadamente:

- ✓ 12 horas/día
- ✓ 260 dias/año

Horas anuales:

$10\ x\ 260 = 2600\ horas$

Consumo estimado:

$381\ x\ 2600 = 990{,}600\ \frac{kWh}{año}$

- **Resultado**

Consumo energético estimado de los nuevos ambientes

| INDICADOR | VALOR APROXIMADO |
|---|---|
| Potencia Instalada | 605 kVA |
| Potencia Activa | 545 kw |
| Demanda Estimada | 380 kw |
| Consumo Anual | 990,600 kwh/año |
| Consumo Mensual | 82,550 kWh/mes |

A partir de la potencia instalada proyectada para los nuevos ambientes especializados (605 kVA) y considerando un factor de potencia de 0.9 y un factor de demanda del 70%, se estima una demanda eléctrica aproximada de 380 kW. Bajo un régimen operativo de 10 horas diarias durante 260 días al año, el consumo energético proyectado para esta ampliación del Centro Biotecnológico del Caribe sería del orden de 990 MWh/año, equivalente a aproximadamente 82.5 MWh mensuales.

## 8. Conclusiones

La presente revisión energética realizada en el Centro Biotecnológico del Caribe (CBC) – SENA Regional Cesar permitió evaluar de manera integral el comportamiento energético de la sede, identificando las principales fuentes de consumo, la calidad del suministro eléctrico y las oportunidades de mejora orientadas a optimizar la eficiencia energética y reducir los costos operativos de la institución.

El análisis de calidad de potencia efectuado en diferentes puntos del sistema eléctrico evidenció que las variables eléctricas monitoreadas, tales como tensión, frecuencia, desequilibrio de fases y distorsión armónica, se mantienen dentro de los límites establecidos por la normativa técnica aplicable, particularmente la NTC 5001, IEEE 519 y IEEE 1159, lo que indica que el sistema eléctrico del centro opera bajo condiciones aceptables de estabilidad y confiabilidad. No obstante, se identificaron algunos aspectos susceptibles de mejora, como la optimización del factor de potencia en ciertas áreas del sistema y la necesidad de mantener bajo seguimiento las corrientes del conductor neutro en zonas con presencia de cargas informáticas.

El estudio de la matriz energética del centro evidenció que la energía eléctrica constituye la principal fuente energética utilizada en la sede, representando aproximadamente el 64 % del consumo energético total y el 82 % del costo energético, seguida por el uso de ACPM (26 % del consumo) destinado principalmente a la operación de maquinaria agrícola, vehículos y equipos de formación. El gas natural y la gasolina presentan una participación menor dentro del consumo total, con valores cercanos al 5 % cada uno.

En cuanto a los usos significativos de energía (USE), el análisis de los perfiles de consumo permitió identificar que el sistema de climatización (aires acondicionados y refrigeración) concentra la mayor proporción del consumo eléctrico del centro, seguido por los sistemas de iluminación, equipos de laboratorio y cargas informáticas. Esta concentración del consumo en sistemas térmicos indica que las estrategias de eficiencia energética deben orientarse prioritariamente hacia la optimización de los sistemas de climatización y control térmico de las edificaciones.

Como resultado del diagnóstico energético se identificaron cinco oportunidades de mejora orientadas a incrementar la eficiencia energética, reducir las emisiones de gases y mejorar la sostenibilidad operativa del centro. Entre las medidas propuestas se destacan:

- Implementación de programas de buenas prácticas operacionales y cultura energética, orientados a reducir el desperdicio energético mediante estrategias de sensibilización y gestión organizacional.
- Instalación de un sistema de autogeneración con energía solar fotovoltaica, con una capacidad estimada entre 220 y 260 kWp, el cual permitiría generar aproximadamente 450,000 kWh/año, reducir significativamente los costos energéticos y disminuir las emisiones de $CO_2$ asociadas al consumo eléctrico.
- Implementación de sistemas de compensación de energía reactiva y gestión administrativa como Autogenerador a Pequeña Escala (AGPE), lo cual permitiría evitar penalizaciones tarifarias y mejorar el factor de potencia del sistema eléctrico.
- Desarrollo de intervenciones de mantenimiento preventivo y correctivo en la infraestructura eléctrica y térmica, incluyendo saneamiento eléctrico, aislamiento térmico de ductos y control inteligente de cargas.
- Implementación de un programa de mantenimiento predictivo y preventivo para la flota de vehículos y maquinaria agrícola, con el fin de optimizar el consumo de combustible y mejorar la eficiencia operativa.
- La implementación del sistema de autogeneración fotovoltaica representa una estrategia estructural de eficiencia energética, con alto impacto en la reducción del consumo de energía de red y en la optimización de la facturación eléctrica de la sede. Dado que la generación estimada del sistema se aproxima al consumo anual actual (349.235 kWh/año), esta medida permitiría alcanzar un alto nivel de autosuficiencia energética, fortaleciendo la sostenibilidad operativa y económica de la infraestructura.

Adicionalmente, se realizó una estimación de los consumos energéticos futuros asociados al proyecto de construcción de 12 ambientes especializados, determinándose una potencia instalada aproximada de 605 kVA, una demanda estimada de 380 kW y un consumo energético proyectado cercano a 990,600 kWh/año, lo que permitirá anticipar los requerimientos energéticos del centro y planificar adecuadamente su crecimiento energético.

En términos generales, los resultados de la consultoría evidencian que el Centro Biotecnológico del Caribe cuenta con condiciones técnicas adecuadas para fortalecer su gestión energética, y que la implementación progresiva de las oportunidades de mejora identificadas permitirá avanzar hacia un modelo de operación más eficiente, sostenible y económicamente viable, alineado con los principios de eficiencia energética, transición energética y sostenibilidad ambiental promovidos por el SENA y la normativa energética colombiana.