

*Informe de  
Práctica Profesional Supervisada  
en IEDS/CNEA*

**TEMA**

**Eficiencia Energética**

**TITULO**

**CONSUMO Y USO ENERGÉTICO DE  
AIRES ACONDICIONADOS AUTÓNOMOS**

**AUTOR**

**Sebastián Govea Basch**

**ALUMNO DE LA CARRERA**

**Ingeniería en Energía  
Universidad Nacional de San Martín (UNSAM)**

**SUPERVISORES DEL IEDS**

**Nair Bamba Telechea  
Carlos González Ferrari**

**Año 2021**

**I E D S  
INSTITUTO DE ENERGÍA Y  
DESARROLLO SUSTENTABLE**

**C N E A  
Comisión Nacional de  
Energía Atómica**



UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE  
SAN MARTÍN

## Práctica Profesional Ingeniería en Energía

*Consumo y uso energético de  
aires acondicionados  
autónomos.*

### 1. RESUMEN EJECUTIVO

En el presente informe se presenta una evaluación del consumo energético de los sistemas de aires acondicionados autónomos ubicados en el edificio de la Sede Central de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA). Como resultado del análisis, se proponen un conjunto de medidas orientadas a lograr un uso más eficiente y racional del sistema de climatización autónoma, con el objetivo de reducir el consumo de energía.

Alumno	Supervisor	Aprobó
Nombre del Alumno  Sebastián Govea Basch	Carlos González Ferrari  Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable	
Horas de trabajo dedicadas a la PPS: 250	Fecha de realización de la práctica	
Firma del Supervisor:	Fecha de Iniciación:	
Aclaración:	Cantidad de horas de dedicadas a esta actividad:	



# Índice

<b>1. RESUMEN EJECUTIVO</b>	<b>1</b>
<b>2. Glosario</b>	<b>3</b>
<b>3. Descripción de la Institución</b>	<b>4</b>
3.1 Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable	4
3.2 Objetivos	4
<b>4. Metodología</b>	<b>4</b>
4.1 Introducción	4
4.2 Balance Térmico de Verano	6
4.3 Cálculo de energía consumida	8
<b>5. Resultados y análisis</b>	<b>9</b>
5.1 Tipos de aires acondicionados autónomos en el edificio	10
5.2 Consumo Mensual de Energía	11
5.3 Observaciones del Balance Térmico de Verano	16
5.4 Propuestas de Eficiencia Energética	18
<b>6. Conclusiones</b>	<b>22</b>
<b>7. Referencias</b>	<b>23</b>
<b>8. Anexos</b>	<b>24</b>
i. Medición de las áreas de los locales	24
ii. Cálculo del balance térmico	24
iii. Determinación de los factores de uso	26
iv. Cálculo del ahorro de consumo y de potencia	30
v. Cálculo de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero	30
vi. Cálculo de la inversión requerida	30
vii. Cálculo del ahorro anual	31



## 2. Glosario

**Efecto Invernadero:** Es un fenómeno en el cual la radiación de calor de la superficie del planeta es absorbida por los gases de efecto invernadero atmosféricos y es emitida de nuevo en todas las direcciones, contribuyendo al calentamiento global.

**Factor de Uso:** Es el cociente de dividir la energía que ha consumido o producido una instalación en un determinado período de tiempo, entre la que habría consumido o producido si hubiera trabajado a la potencia nominal.

**Incidencia Solar:** Cantidad de energía solar recibida en una superficie en un determinado período de tiempo.



## **3. Descripción de la Institución**

### **3.1 Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable**

El IEDS (Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable) es uno de los Institutos de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), fue creado en el año 2002 con el objeto de promover, gestar y desarrollar proyectos de ingeniería para el desarrollo energético sustentable. La misión del instituto es promover el uso de energía de manera sustentable, poniendo en marcha proyectos tecnológicos que contribuyan al desarrollo económico y social del País.

El IEDS realiza y/o gestiona investigaciones, desarrollo, ingeniería, innovación tecnológica, servicios y formación de recursos humanos en el campo general de la energía, en un marco de protección ambiental, eficiencia energética y uso racional de la energía, proyección estratégica y desarrollo sustentable.

### **3.2 Objetivos**

Entre los actuales objetivos del IEDS se pueden destacar:

- Promover el uso racional de los recursos energéticos.
- Desarrollar opciones energéticas limpias tendientes a minimizar las emisiones.
- Promover la sustentabilidad de la energía nuclear optimizando su ciclo de vida.
- Identificar y llevar a cabo proyectos que promuevan el desarrollo sustentable. Junto al progreso de estos objetivos, se pone un especial énfasis en las actividades dedicadas a la capacitación y divulgación del conocimiento.

El IEDS desarrolla proyectos en materia de energía y la eficiencia energética con recursos propios. Asimismo, gestiona y lleva a cabo proyectos multidisciplinarios con terceros, como otros sectores de la CNEA, Institutos de ciencia y tecnología, universidades, diversos organismos y/o instituciones público-privadas y empresas privadas. Además, realiza asesoramiento profesional para terceros en diversas especialidades en ingeniería y ciencias relacionados a la energía para la elaboración de proyectos, colabora en la gestión de los recursos y coordina su ejecución [1].

## **4. Metodología**

### **4.1 Introducción**

En el año 2019 el IEDS realizó un relevamiento de datos de consumo energético en el edificio de la Sede Central de la Comisión Nacional de Energía Atómica.



*Figura 1. Frente del Edificio de CNEA Sobre Avenida del Libertador.*

Sobre la base del relevamiento efectuado, en el presente trabajo se han analizado los datos del consumo energético de los sistemas de aire acondicionado autónomo.

El edificio de la Sede Central cuenta con 348 oficinas, que representan una superficie de 6650 m<sup>2</sup>, además de otros 27 locales destinados a laboratorios, espacios comunes, depósitos y otros usos. La edificación está circunscripta por la avenida del Libertador y las calles 11 de Septiembre, Correa y Ramallo, tal y como se puede observar en la Figura 2 y en la Figura 3, mientras que su interior se sitúa el Block Central. Para el presente análisis sólo se han tenido en cuenta las oficinas.

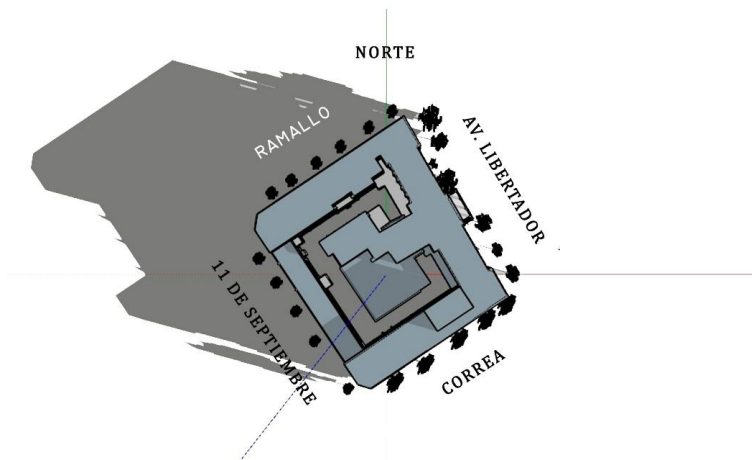


Figura 2. Vista en Planta del Edificio de CNEA por la Mañana.

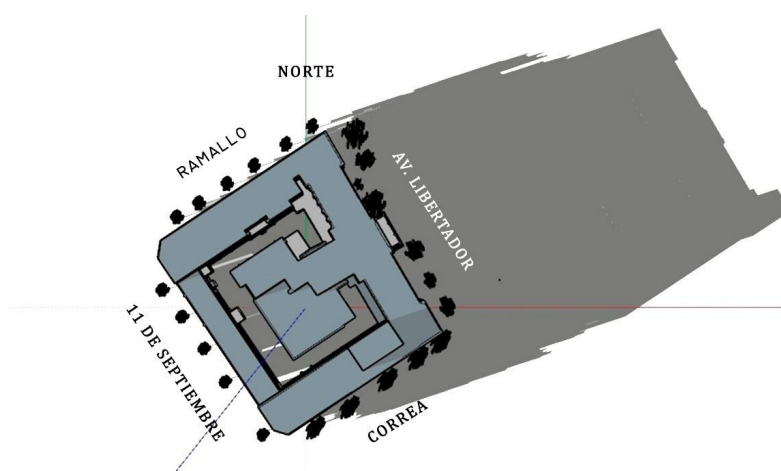


Figura 3. Vista en Planta del Edificio de CNEA por la Tarde.

La envolvente es de ladrillos macizos, revoque fino y grueso en sus caras internas y revoque grueso en sus caras externas, cabe destacar que el techo también cuenta con una capa de film plástico y una placa de poliestireno expandido. Todas las oficinas tienen una altura de 4 metros, a excepción de aquellas que están en planta baja que miden 5,3 metros.

El objetivo de este trabajo es procesar e interpretar los datos a fin de obtener indicadores y marcadores que puedan ser utilizados para proponer medidas destinadas a mejorar el uso racional y eficiente de la energía en climatización autónoma.

## 4.2 Balance Térmico de Verano

Entre los datos relevados, se contaba con la capacidad de refrigeración de 44 de los 365 equipos instalados y en uso en oficinas. Teniendo también entre estos datos las transmitancias térmicas de la pared, el techo y las ventanas, se procedió a hacer un balance térmico de verano para obtener la cantidad de frigorías necesarias para enfriar un ambiente.



Entre las consideraciones se asumió que el personal que se encuentra en las oficinas permanece sentado y trabajando de forma muy liviana, por lo que se definió una temperatura de confort de 24°C y una temperatura exterior de diseño de 34,8°C, la cual se obtuvo luego de sumar 5,5°C<sup>1</sup> con 29,3°C, siendo esta última la temperatura máxima media en el año 2019 durante el mes de enero, el mes más caluroso de ese año en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires [2][3].

Con el propósito de generalizar y simplificar los cálculos, se han considerado todas las ventanas iguales, de vidrio incoloro de 4 mm de espesor y no se tuvieron en cuenta los bloqueos solares, por lo cual se trabajó con un factor de exposición solar de 0,98 [2]. Se utilizó también la radiación solar a las 13 horas en enero, hora de mayor incidencia solar, según la orientación (noreste, noroeste, sureste y suroeste) de cada ala. Para el cálculo de los gramos de agua por kilo de aire se usó la temperatura exterior de diseño y la temperatura interior de confort, por otra parte, se consideró una humedad relativa interior del 50% y una humedad relativa exterior del 64%, la cual se obtuvo al promediar los valores de humedad relativa máxima y mínima para el mes de enero del año 2019 [4]. Además, se ha supuesto que en cada oficina se cuenta con una impresora y por cada puesto de trabajo hay una computadora de escritorio, las cuales representan fuentes adicionales de calor. No se han considerado las pérdidas de calor por el suelo.

A su vez, se eligió una oficina por cada ala y piso en la cara externa que fueran representativas del resto. En total fueron 16 oficinas representativas. Se ha calculado la carga térmica por conducción para las paredes y las ventanas. Para las oficinas que se encontraban en el último piso, se calculó también la carga térmica por conducción en el techo. También se ha calculado la carga térmica por fuentes internas y la carga térmica por ventilación. Las ecuaciones utilizadas para determinar cada una de las potencias térmicas involucradas en el cálculo son las siguientes;

$$Q_c = K * S * (T_e - T_i) \quad (1)$$

Donde:

$Q_c$ = Carga térmica por conducción (W)

$K$ = Transmitancia térmica de la superficie (techo, ventana y muros) (W/m<sup>2</sup>.K)

$S$ = Superficie del cerramiento (m<sup>2</sup>)

$T_e$ = Temperatura exterior de diseño (°C)

$T_i$ = Temperatura interior de confort (°C)

$$Q_s = S * I_s * F_{es} \quad (2)$$

Donde:

$Q_s$ = Carga térmica solar (W)

$S$ = Superficie vidriada (m<sup>2</sup>)

$I_s$ = Radiación solar a las 13 horas en enero (W/m<sup>2</sup>)

$F_{es}$ = Factor de exposición solar

---

<sup>1</sup>Error utilizado de ±5,5°C en el cálculo.



$$Q_a = Car * (0,25 * \Delta t + 0,61 * \Delta w) \quad (3)$$

Donde:

$Q_a$ = Carga térmica por ventilación (W)

$Car$ = Cantidad de aire a renovar ( $m^3$ /hora)

$\Delta t = t_e - t_i$

$\Delta w = w_e - w_i$

$w_e$ = Humedad específica del aire exterior (g/kg)

$w_i$ = Humedad específica del aire interior (g/kg)

$$Q_o = N_{per} * Q_{tper} + C_{ilum} * P_{ilum} + \sum C_{equip} * P_{equip} \quad (4)$$

Donde:

$Q_o$ = Carga térmica por fuentes internas (W)

$N_{per}$ = Cantidad de personas en el local

$Q_{tper}$ = Disipación de calor por persona, sensible+latente (W)

$C_{ilum}$ = Cantidad de artefactos de iluminación semejantes.

$P_{ilum}$ = Potencia del artefacto de iluminación (W)

$C_{equip}$ = Cantidad de equipos o artefactos semejantes

$P_{equip}$ = Potencia del artefacto o equipo (W)

Entonces, se obtiene que la carga térmica total de verano viene dado por el balance térmico dado por la siguiente expresión:

$$Q_{Total} = Q_c + Q_s + Q_a + Q_o \quad (5)$$

Una vez que se obtuvo la carga térmica total (W) para cada una de las 16 oficinas representativas, este valor se convirtió de (W) a frigorías y luego este se normalizó con respecto al área de cada uno de los locales (frigorías/ $m^2$ ). A partir de estos valores y contando con la capacidad de refrigeración por metro cuadrado de los equipos de aire acondicionado cuya capacidad frigorífica era conocida, se logró determinar si estos estaban sobredimensionados, subdimensionados o eran adecuados para el local en el cual se encontraban instalados. Los valores obtenidos permiten establecer con una mayor precisión la cantidad de frigorías necesarias al momento de adquirir nuevas unidades. El margen de error admitido para este cálculo se situó en un  $\pm 20\%$ .

#### 4.3 Cálculo de energía consumida

Con el fin de obtener la energía consumida en cada una de las oficinas se definieron



los factores de uso que serían utilizados en cada una de ellas. Para ello se modeló el edificio mediante el software de modelado y diseño gráfico en tres dimensiones SketchUp, el cual permite analizar la incidencia solar que tendría cada ala y sus correspondientes pisos según el mes y el horario correspondiente (dentro del horario laboral, de 7 a 18 horas). En la Figura 4 se observa un ejemplo del efecto de dicha incidencia sobre la cara de Avenida del Libertador el día 15 de diciembre del año 2019 a las 13 horas utilizando el software mencionado.



Figura 4. Incidencia Solar Sobre Avenida del Libertador.

En base a lo observado se crearon tablas en las cuales se muestran los factores de utilización mensuales según el piso, el ala y orientación de estas en el edificio. Con la finalidad de obtener el factor de utilización (de ahora en adelante, FU) que se utilizó para el cálculo de la energía mensual se dividió el horario en el que se encuentra el personal en tres franjas horarias distintas; 7 a 11, 11 a 15 y 15 a 18 horas, y se realizó un promedio ponderado de las tres, dándole mayor relevancia a la franja intermedia que es en la cual se encuentra la mayoría de los trabajadores en el edificio. Estas franjas fueron seleccionadas por el recorrido del sol sobre las caras, este puede observarse en las Figuras 2, 3 y 4. Además, se consideraron tres valores distintos para el factor de carga (en adelante, FC) según la letra de la etiqueta de eficiencia energética; 0,30 si es A, 0,40 si es B y para las demás 0,50.

Con los FU definidos se calculó la energía mensual consumida en cada local mediante la siguiente expresión:

$$\text{Energía Consumida(kWh)} = \text{Cantidad de equipos} * \text{Potencia} * \text{FC} * \text{FU} * \text{días hábiles} \quad (6)$$

## 5. Resultados y análisis

### 5.1 Tipos de aires acondicionados autónomos en el edificio



El edificio cuenta con aires acondicionados de tipo split o partidos y también con aires acondicionados de ventana o compactos. De los 365 aires acondicionados que se encuentran en uso en las oficinas, 339 son splits y 26 son compactos. Además, la clasificación de las etiquetas de eficiencia energética de los equipos partidos van desde la letra A hasta la E, mientras que en el caso de los equipos de ventana no se ha contado con datos al respecto. Del total de los equipos, 153 no tenían ningún tipo de información con respecto a su eficiencia energética.

Etiqueta	Cantidad de Equipos por Eficiencia	Splits	Compactos
A	55	55	0
B	17	17	0
C	127	127	0
D	11	11	0
E	2	2	0
Sin Etiqueta	153	127	26

**Tabla 1. Clasificación de los Equipos por Etiqueta de Eficiencia Energética.**

Como se indica en la Tabla 1, predominan los equipos con etiqueta C y los equipos “Sin Etiqueta”. Los últimos son equipos que no tenían etiqueta o estas estaban muy deterioradas como para poder observarlas correctamente. Se trata en su mayoría, de equipos obsoletos.

Por otra parte, los aires acondicionados utilizados en el edificio fueron fabricados por más de 25 empresas distintas. Entre ellas, se destacan Carrier, Surrey, BGH, York y Lennox con un 75% del total de las unidades como puede valorarse en la Tabla 2.

Fabricantes	Cantidad de Equipos	Splits	Compactos
Carrier	88	81	7
Surrey	85	79	6
BGH	54	42	12
York	32	32	0
Lennox	16	16	0
Elektra	7	7	0
Hitachi	7	7	0
Toshiba	6	6	0
Otras Marcas	70	69	1

**Tabla 2. Clasificación de los Equipos por Fabricante.**

Además, también se cuenta con unidades de marcas como; Coventry, ComfortMaker,



Midea, Zenith, Electrolux, Samsung, Cardiff, Alask, Feddert, entre otras.

Por último, también se analizó la media de la potencia nominal (promedio entre la potencia nominal de enfriamiento y calentamiento) y se halló que la potencia promedio de los equipos compactos es en promedio un 25% mayor que la de los equipos de tipo split.

Media de la Potencia Nominal (kW)	
Tipo	Promedio
Splits	2,02
Ventana	2,67
Total	2,35

**Tabla 3. Potencia Promedio por Tipo de Equipo.**

Esto se debe en gran parte a la antigüedad de estos equipos los cuales han claramente sobrepasado su vida útil. A pesar de que la tecnología de los aires acondicionados de ventana ha evolucionado en estas últimas décadas, aún no logra igualar la eficiencia energética de un equipo de tipo split [5], mucho menos si este cuenta con tecnología inverter. Las unidades split con esta tecnología logran reducir el consumo energético hasta en un 35% con respecto a los sistemas tradicionales on/off. Básicamente se permite regular la velocidad del compresor haciéndolo girar de forma continua, en vez de arrancar y parar constantemente para obtener la temperatura media deseada. Mediante este sistema, el compresor trabaja un 30% por encima de su potencia y puede trabajar hasta un 15% por debajo de esta cuando se desee [6][7]. De esta manera, se logra extender la vida útil del mismo.

Además, en el país la empresa nacional BGH está comercializando unos nuevos aires acondicionados que además de contar con el sistema inverter incorporan 'Smart Eye' que es una tecnología que a través de un haz de infrarrojos logra detectar la posición de las personas en el ambiente y las actividades en curso, ajustando el flujo de aire en consecuencia, garantizando mayor confort y ahorro [8].

Es debido a estas razones que las unidades splits cuentan con notables ventajas frente a las unidades de ventana.

## 5.2 Consumo Mensual de Energía

Con el propósito de obtener los consumos mensuales de energía, primero se procedió a calcular los factores de utilización. Se desarrolló el análisis del factor de uso mensual del uso de aires acondicionados autónomos de las oficinas según su ala y orientación en el edificio. En la Figura 5 y en la Figura 6 es posible apreciar los valores correspondientes a las partes externas e internas, respectivamente, del segundo piso. Siendo estas últimas las que dan hacia dentro del edificio, mientras que las externas son las que dan hacia la calle. Es importante destacar que los factores de utilización son más elevados para el segundo y tercer piso entre diciembre y marzo gracias a la incidencia solar, mientras que entre abril y noviembre son más altos para la planta baja y el primer piso debido a las sombras de los numerosos árboles que se encuentran alrededor del edificio.

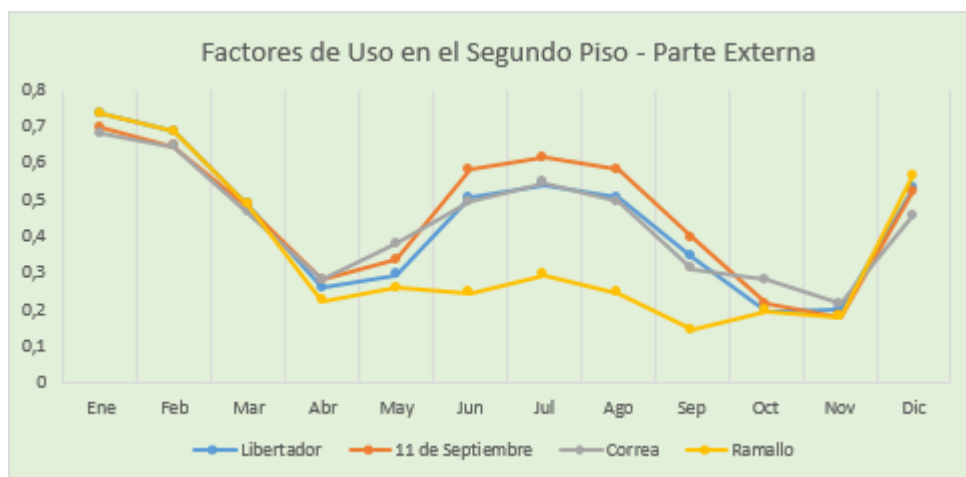


Figura 5. Factores de Utilización en el Segundo Piso - Parte Externa.

Se puede apreciar en la Figura 5 que los valores más bajos para los factores de utilización en los meses más fríos correspondieron al ala de Ramallo, en este caso se debe a que esta cara cuenta con varias oficinas que presentan radiadores de calefacción central, esto disminuye el uso de los aires acondicionados autónomos en cuanto a calefacción. Por el contrario, se puede observar que los factores de utilización más elevados para ese período se tienen en la cara de 11 de Septiembre, esto se debe a la gran influencia que tienen las sombras producidas por edificios aledaños a esta cara. En cuanto a los meses más cálidos, los valores son muy similares entre sí, con una pequeña diferencia a favor para las caras que dan hacia avenida del Libertador y la calle Ramallo, que están más expuestas a la incidencia solar en horario laboral al estar orientadas hacia el Noreste y el Noroeste respectivamente tal y como podemos observar en el recorrido del sol en la Figura 2 y en la Figura 3.

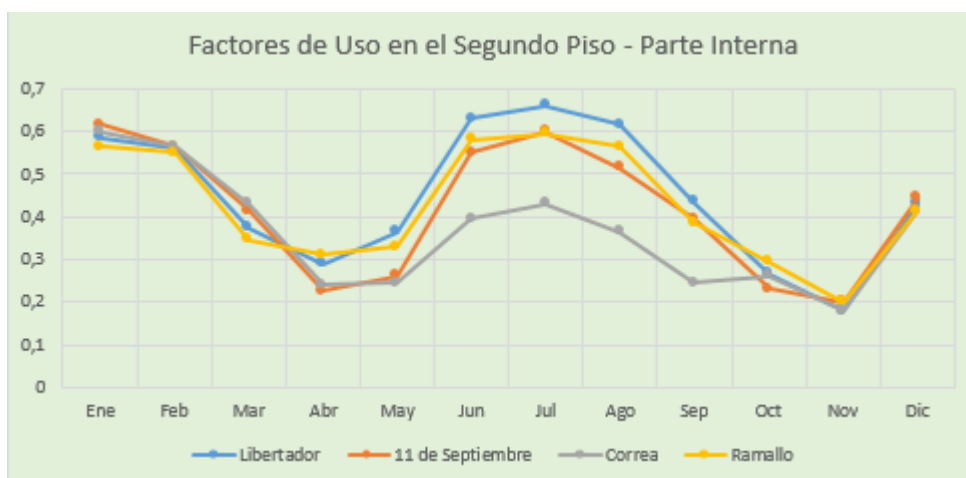


Figura 6. Factores de Utilización en el Segundo Piso - Parte Interna.



Por otro lado, en la Figura 6 se puede advertir que en la cara que da hacia la parte interna en el ala de Correa, para los meses más fríos, se obtuvieron los valores más bajos para el factor de utilización, esto se debe también a la presencia de radiadores en locales que se encuentran de ese lado. Para esos mismos meses, los valores más altos se dieron para la cara interna de Avenida del Libertador. Esto es debido a la gran cantidad de sombras producidas por el Block Central que tiene sobre ella, es casi idéntico al caso de la cara que da hacia la parte externa en la calle 11 de Septiembre al contar con la misma orientación. Para los meses más cálidos, tiene un factor de utilización apenas un poco más alto la cara interna del ala de 11 de Septiembre, gracias a que obtiene una elevada incidencia solar al estar orientada hacia el norte.

Tal y como se ha mencionado anteriormente, la energía fue calculada mes a mes según el ala, la orientación y el piso. A su vez, estos valores fueron divididos por sus respectivas superficies para así poder obtener los indicadores de consumo por metro cuadrado. A partir de estos se analizaron las siguientes figuras.

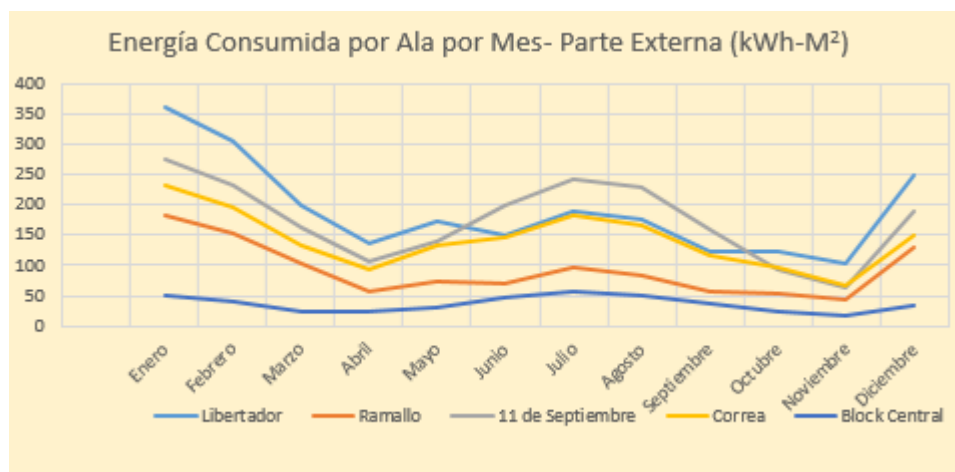


Figura 7. Energía Consumida Mensualmente por Ala - Parte Externa.

Por ala, en la parte externa del edificio se observó, como puede discernirse en la Figura 7, que la cara que da a la Avenida del Libertador consume más kWh por metro cuadrado que las otras en los meses de verano, esto es debido a la elevada incidencia solar sobre esta parte del edificio, tal como se ha mencionado en la sección correspondiente al análisis de los factores de uso, lo cual aumenta la necesidad de refrigeración a través de los equipos de aire acondicionado. Además, cabe aclarar que esta cara es la que cuenta con más oficinas hacia la parte exterior e interior como se muestra en la Tabla 4. Por otro lado, la cara del edificio que da a Libertador se beneficia en invierno por dicha incidencia solar por lo cual la necesidad de calefacción es menor. Mientras tanto, el ala que da a la calle 11 de Septiembre cuenta con menor incidencia solar y mucha sombra en gran parte del día durante el invierno lo cual deriva en el mayor uso de la calefacción.



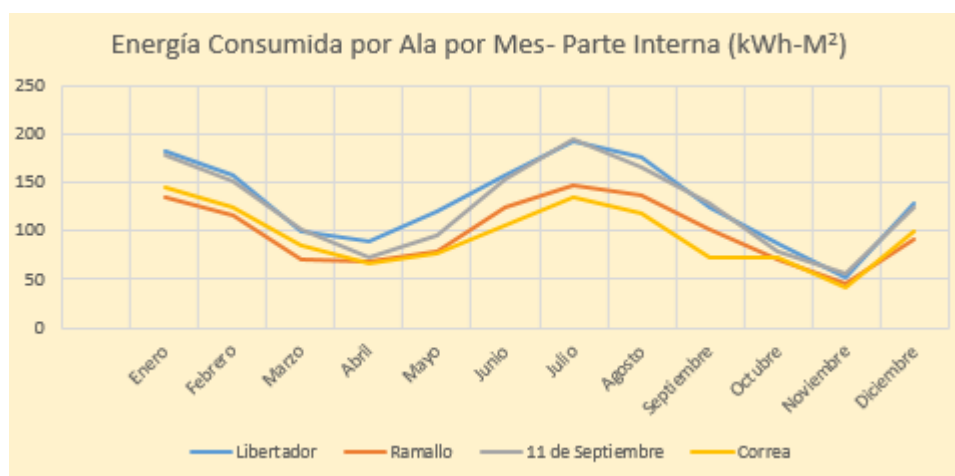
Ala	Cantidad de Locales (Exterior)	Cantidad de Locales (Interior)
Libertador	58	40
Ramallo	46	35
11 de Septiembre	48	27
Correa	55	30
Block Central	3	0

**Tabla 4. Cantidad de Locales por Ala.**

Por ala para la parte interna se pudo observar que los valores para las alas que dan a la Avenida del Libertador y la calle 11 de Septiembre son muy similares. Los valores de esta última son elevados, en parte gracias a que el valor de la media de la potencia nominal por el factor de carga sobre la superficie(m<sup>2</sup>) para 11 de septiembre es más alto que en las demás, tal como se señala en la Tabla 5.

Media de la Potencia Nominal por Factor de Carga (kW)/Área(m <sup>2</sup> )	
Ala - Parte Interna	Promedio
Libertador	0,053
Ramallo	0,047
11 de Septiembre	0,086
Correa	0,054
Block Central	0,084

**Tabla 5. Media de la Potencia Nominal por Factor de Carga/Área.**



*Figura 8. Energía Consumida Mensualmente por Ala- Parte Interna.*

Para el caso de la energía consumida por piso en la parte externa se pudo observar



que el primer piso tuvo un mayor consumo en los meses de invierno y un pequeño consumo más alto en las demás estaciones. En los meses invernales esto se debió en gran parte a que en el primer piso de las distintas alas se contó con una mayor cantidad de horas de uso promedio por oficina y este piso cuenta también con más oficinas en la parte exterior como puede valorarse en la Tabla 6. Además, el primer piso está expuesto a la sombra de los árboles tal y como podemos contemplar por ejemplo en el ala de Avenida del Libertador en la Figura 1.

Piso	Cantidad de Oficinas por Piso (Parte Exterior)	Cantidad de Horas de Uso Promedio por Piso (Parte Exterior)
Planta Baja	51	6,84
Primer Piso	70	7,79
Segundo Piso	56	5,88
Tercer Piso	27	6,11
Cuarto Piso	5	5,80

Tabla 6. Cantidad de Oficinas y Cantidad de Horas de Uso Promedio por Piso- Exterior.

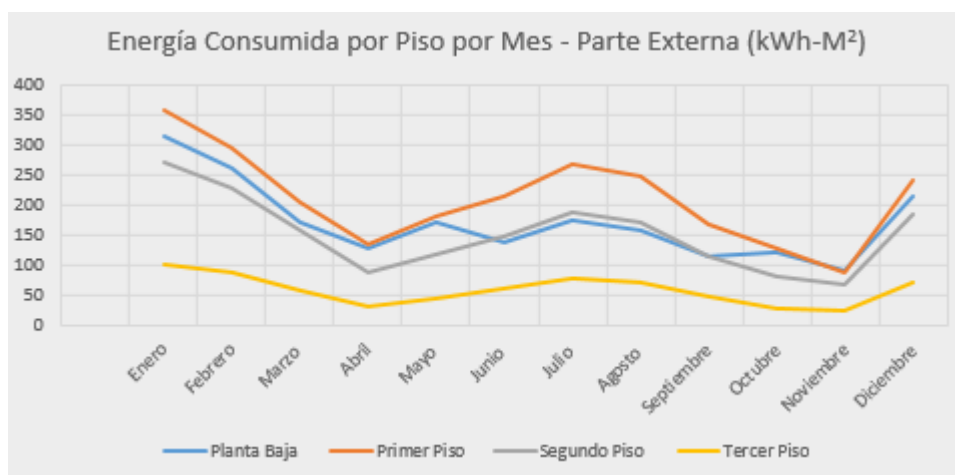


Figura 9. Energía Consumida Mensualmente por Piso - Parte Externa.

Por último, por piso para la parte interna, se pudo apreciar que si bien los consumos anuales fueron casi idénticos para el primer y segundo piso, este fue más alto durante el verano para el segundo piso y se revirtió en el invierno cuando el primer piso tuvo un consumo más elevado que el segundo piso, como puede advertirse en la Figura 10. Esto se atribuye a que durante el invierno el primer piso cuenta con mucha sombra proveniente del Block Central mientras que en el verano se beneficia justamente por ese mismo motivo a la vez que ocurre lo contrario en el caso del segundo piso que está más expuesto a la irradiancia solar, además de lo mostrado en las Tablas anteriores.

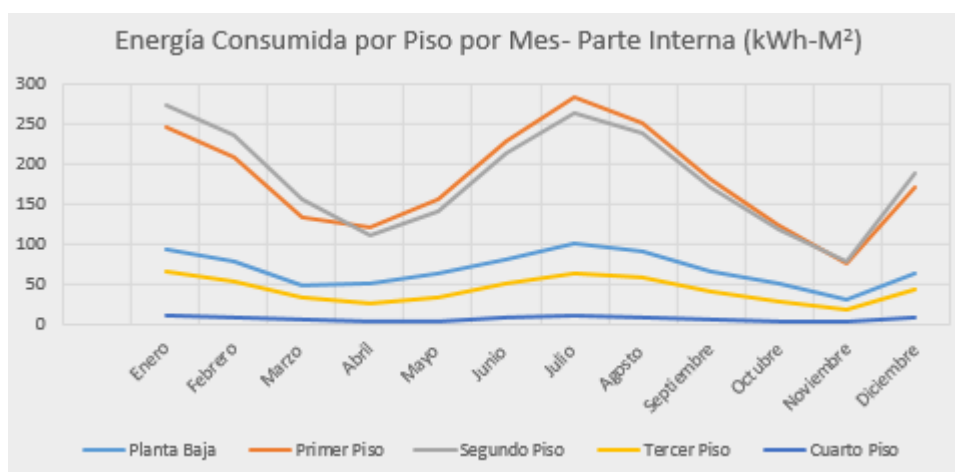


Figura 10. Energía Consumida Mensual por Piso - Parte Interna.

### 5.3 Observaciones del Balance Térmico de Verano

Como se ha mencionado anteriormente, entre los datos relevados se contó con solo 44 capacidades frigoríficas de los 365 equipos de aire acondicionado en uso en las oficinas. Se tomó una oficina representativa por cada piso y a la para así poder hacer la comparación con aquellas oficinas cuyos equipos contaban con el dato de la capacidad frigorífica, el promedio de la carga térmica total/área (frigorías/m<sup>2</sup>) entre todas fue de 150,5 y los valores de aquellas que se utilizaron para hacer el análisis comparativo se indican en la Tabla 7. Cabe aclarar que todas las oficinas seleccionadas se ubican en la cara exterior del edificio, mientras que para la cara interior se utilizaron los mismos valores según la correspondiente orientación. Es decir, el valor de la cara exterior de Avenida del Libertador será el mismo que el valor para la cara interior de la calle 11 de Septiembre, por dar un ejemplo.

Oficinas Representativas	Frigorias/M <sup>2</sup>
Ramallo - Tercer Piso	112,38
Correa - Tercer Piso	116,24
Libertador - Segundo Piso	134,45
Ramallo - Segundo Piso	170,02
Correa - Segundo Piso	113,50
11 de Septiembre - Segundo Piso	128,11
11 de Septiembre - Primer Piso	166,62
Libertador - Planta Baja	137,85
Ramallo - Planta Baja	192,58
Correa - Planta Baja	134,79

Tabla 7. Carga Térmica Total en Oficinas Representativas.



Una vez realizada la comparación se pudo determinar que de los 44 equipos en cuestión; 24 se encontraban sobredimensionados, 3 subdimensionados y 17 tenían una capacidad adecuada para las oficinas en las que se encontraban instalados como se puede contemplar en la Figura 11.

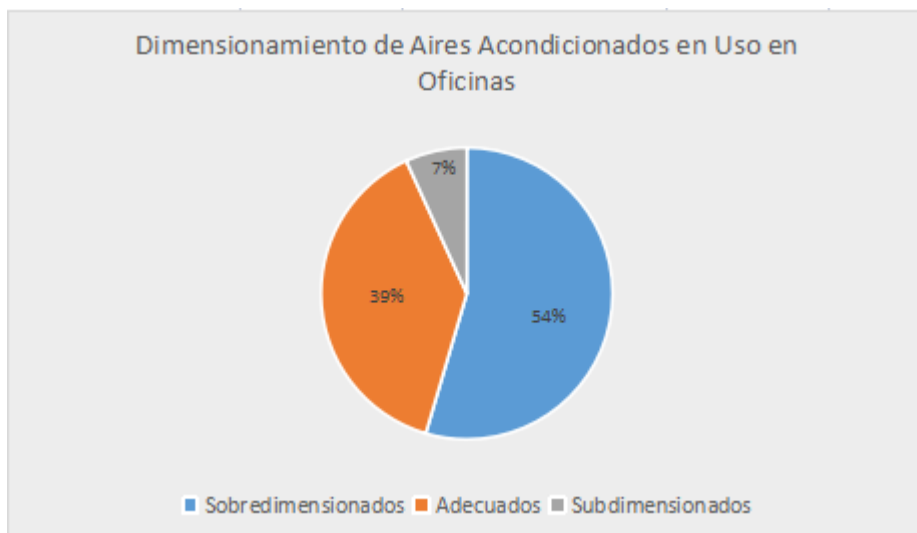


Figura 11. Dimensionamiento Térmico de Aires Acondicionados.

## 5.4 Propuestas de Eficiencia Energética

Como se ha mencionado en el apartado anterior, 24 aires acondicionados se encuentran sobredimensionados y 3 subdimensionados. Las oficinas en las que se encuentran estos aires precisan equipos cuyas capacidades frigoríficas varíen entre 109,59 y 198,57 frigorías/m<sup>2</sup>. La cantidad de equipos por letra de etiqueta de eficiencia energética se detalla en la Tabla 8.

Etiqueta	Cantidad de Equipos Sub/Sobredimensionados por Eficiencia Energética
A	8
B	6
C	3
D	2
E	0
Sin Etiqueta	8

Tabla 8. Equipos Sub/Sobredimensionados por Etiqueta de Eficiencia Energética.

De estos 27 equipos, solo uno es de tipo ventana y todos los demás son splits. Los 8



equipos de etiqueta A pueden ser recolocados en aquellas oficinas para las cuales sean adecuados térmicamente para ahorrar el costo de nuevas unidades. Los 19 equipos restantes serían reemplazados por unidades con letra de etiqueta de eficiencia energética A -la letra será la misma para todos los reemplazos de unidades que se propondrán- y cumpliendo la capacidad de refrigeración necesaria para los locales. A su vez, también se haría un reemplazo de todas las unidades compactas por equipos de tipo split, las cuales son menos eficientes y en estos últimos años han caído en desuso. Se trataría de 25 equipos, teniendo en cuenta que uno ya se encuentra incluido entre los que se encontraban sobredimensionados. Además de estos 44 equipos, también quedaría reemplazar a otros 266 que no son de etiqueta A, lo que daría un número total de 310 equipos. Con los reemplazos hechos, 15 oficinas pasarían de tener dos equipos a solo un equipo térmicamente adecuado, pasando de los 365 equipos en uso a 350.

Una vez realizados los cálculos, se observó que de implementarse este plan de eficiencia, el consumo energético anual pasaría de 239,2 MWh a 91,1 MWh, lo cual representaría una considerable reducción del 61,9%. Cabe mencionar que también se incluyeron en el cálculo unas 25 unidades del modelo BSI35WCCR, de la empresa BGH que cuenta con tecnología inverter, que si bien tienen un costo mayor en el mercado logran reducir el consumo energético como se ha mencionado anteriormente. Los modelos utilizados para la estimación son los mostrados en la Tabla 9.

Fabricante	Modelo	Frigorías	Potencia (W)	
			Refrigeración	Calefacción
Sanyo	KCS25HA3AN	2100	810	733
BGH	BSI35WCCR	2950	1070	995
BGH	BS35WCRR	3000	1060	970
BGH	BS45CP	4472	1545	1545
Philco	PHS90HC2AN	7740	2800	2800

**Tabla 9. Modelos de Aire Acondicionado.**

A su vez, el costo del reemplazo de las unidades por estas nuevas tendría un valor de 178.940 dólares, al dólar oficial. También, mediante este recambio, se lograría reducir la emisión de 82.950 kgCO<sub>2</sub>/año. El período de repago sería de 17 años, pero cabe destacarse que los aires acondicionados tienen una vida útil de hasta 15 años e incluso más si cuentan con un mantenimiento adecuado [9].

Acompañada a esta última medida de reemplazo de unidades, también se propone concientizar a los trabajadores del edificio a través de charlas sobre el uso racional de la energía. A partir de estas se busca mejorar los hábitos de consumo energético. Asimismo, también se propone limpiar los filtros de los equipos para alargar la vida útil de los mismos, ya que si los filtros están sucios las unidades requieren de más energía para su correcto funcionamiento [10]. Esta tarea podría ser realizada por el personal de mantenimiento del edificio al menos una vez al año.

También, por último, otra de las propuestas es la protección de los compresores que se ubican en la parte externa del equipo de la incidencia solar, del acercamiento de animales y de condiciones climáticas que puedan alterar el funcionamiento óptimo del



equipo. Una opción factible es la instalación de protectores de fibra de vidrio, que cuentan con varios modelos y son los más utilizados actualmente en el mercado [11]. Los diversos modelos de los mismos pueden apreciarse en la Figura 12.

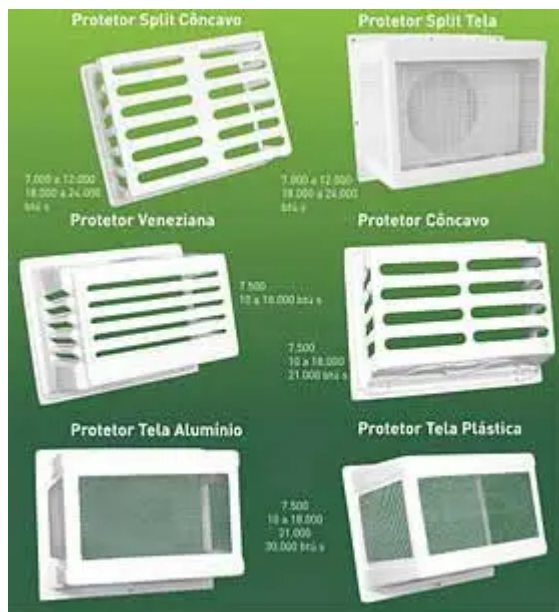


Figura 12. Protectores Fibra de Vidrio - Parte Externa del Aire Acondicionado.

Tambi6n est6n, entre otros, los protectores de techo que s6lo cubren la parte superior cuyo dise1o se muestra en la Figura 13.



Figura 13. Protector de Techo - Parte Externa del Aire Acondicionado.



En la Tabla 10 se muestra un resumen de las medidas mencionadas. Se estimó un 2% de ahorro anual para la medida de protección de los compresores y el mismo porcentaje para el ahorro que habría con la limpieza de los filtros de los aires, siendo estas medidas que además alargan la vida útil de los equipos. Se estimó un precio de 75 dólares por cada protector para las unidades exteriores.

<b>Medida</b>	<b>Ahorro Consumo Anual (kWh)</b>	<b>Porcentaje del Consumo en Climatización</b>	<b>Porcentaje del Consumo Total del Edificio</b>	<b>Reducción de Emisiones Anuales (KgCO<sub>2</sub>)</b>	<b>Inversión Requerida (Dólar Oficial)</b>	<b>Ahorro Anual (Dólar Oficial)</b>
Recambio por Unidades más Eficientes	148.100	61,9%	11,90%	82.950	178.940	11.570
Protección de los Compresores	4.780	2%	0,38%	2.677	26.250	280
Limpieza de los Filtros	4.780	2%	0,38%	2.677	-	280

**Tabla 10. Medidas propuestas.**



## 6. Conclusiones

Se ha analizado, en primer lugar, que el edificio cuenta con una mayoría de aires acondicionados autónomos poco eficientes, lo cual impacta negativamente en el consumo energético. Además, se ha concluido que las unidades partidas son más convenientes que las de ventana, ya que son más eficientes y además por la tarea que se realiza, cabe mencionar que los equipos de ventana son mucho más ruidosos.

Asimismo, se ha observado cómo impacta en el consumo anual por metro cuadrado de energía, la incidencia solar y el efecto de las sombras según la orientación de las distintas alas y pisos del edificio. Siendo el ala de Avenida del Libertador la que más energía consume durante el verano por la elevada incidencia solar como consecuencia de su orientación noreste, mientras que el ala de la calle 11 de septiembre, que se encuentra orientada hacia el suroeste, tiene un mayor consumo energético en los meses invernales por el efecto de las sombras proyectadas y la menor incidencia solar. Con respecto a la planta alta del edificio, se ha observado que el primer piso es aquel en el que el consumo anual de energía total por metro cuadrado, es mayor durante los meses invernales por el efecto de las sombras proyectadas por los árboles circundantes.

Por otra parte, a partir de los cálculos de balance térmico de verano, se comprobó que muchas unidades de aire acondicionado, además de ser poco eficientes, estaban térmicamente sobre o subdimensionadas para la oficina en la cual se encontraban instalados. Haciendo uso de estos resultados, fue posible estimar la cantidad de frigorías requeridas por metro cuadrado para cada ala y piso del edificio, de forma tal que las futuras adquisiciones de nuevas unidades de aire acondicionado estuvieran dimensionadas de forma térmicamente óptima. Lo cual redundaría en una mejor gestión de los recursos de la institución.

Con la cantidad de frigorías requeridas por ala y piso por metro cuadrado del edificio, se realizó un cálculo reemplazando las unidades con etiqueta de eficiencia energética "B" o menor, por unidades con etiqueta "A". Se observó que si bien la inversión inicial sería muy elevada, el ahorro energético sería muy considerable. El período de repago es muy alto pero hay que tener en cuenta que se reduciría de manera muy notable la emisión de gases de efecto invernadero, contribuyendo a la lucha contra el cambio climático.



## 7. Referencias

- [1] Quiénes somos? Recuperado de:  
<https://www.cab.cnea.gov.ar/ieds/index.php/institucional/quienes-somos>.
- [2] Czajkowski, Jorge. (2016). Balance térmico de verano. Recuperado de:  
[http://www.arquinstal.com.ar/2016/n2\\_08\\_2016\\_baltermver.pdf](http://www.arquinstal.com.ar/2016/n2_08_2016_baltermver.pdf).
- [3] Temperatura media, máxima media y mínima media. Ciudad de Buenos Aires. Enero 1991 / agosto 2021. (2021). Recuperado de:  
<https://www.estadisticaciudad.gob.ar/eyc/?p=27702>.
- [4] Porcentaje de los niveles de humedad relativa máxima y mínima. Ciudad de Buenos Aires. Enero 1991 / agosto 2021. (2021).  
Recuperado de: <https://www.estadisticaciudad.gob.ar/eyc/?p=27705>.
- [5] Boyle Schwartz, Donna. (s.f). The Best Alternative to a Window Air Conditioner. *bobvila*. Recuperado de:  
<https://www.bobvila.com/articles/ductless-mini-splits-vs-window-air-conditioners/>.
- [6] BGH Silent Air Split Inverter - Características Principales. (s.f). Recuperado de:  
<https://bgh.com.ar/silent-air-bgh/bgh-silent-air-split-inverter/>.
- [7] Guerrero Agudelo, Andrés Mauricio. (2019). Desarrollo e implementación de una metodología para orientar a usuarios de sistemas de aire acondicionado en la elección de la mejor opción basado en criterios económicos y ambientales, en la empresa aire acondicionado y ventilación SAS. Universidad Tecnológica de Pereira. Recuperado de:  
<https://core.ac.uk/download/pdf/159377826.pdf>.
- [8] BGH presentó un aire acondicionado con sensor inteligente de movimiento que ahorra hasta un 50% de energía. (s.f). Recuperado de:  
<https://bgh.com.ar/bgh-presento-un-aire-acondicionado-con-sensor-inteligente-de-movimiento-que-ahorra-hasta-un-50-de-energia/>.
- [9] How Long Do Air Conditioners Last? (s.f). Recuperado de:  
<https://www.carrier.com/residential/en/us/products/air-conditioners/how-long-do-air-conditioners-last/>.
- [10] Cómo realizar el mantenimiento del aire acondicionado. (2019). Recuperado de:  
<https://www.airzone.es/blog/consejos/mantener-aire-acondicionado-ahorrar-paso/>.
- [11] Protección externa para el aire acondicionado. (s.f). Recuperado de:  
<https://tuaireacondicionado.net/proteccion-externa-para-el-aire-acondicionado/>.
- [12] Cálculo del Factor de Emisión de CO<sub>2</sub> de la Red Argentina de Energía Eléctrica. (2019). *Secretaría de Energía*. Recuperado de:



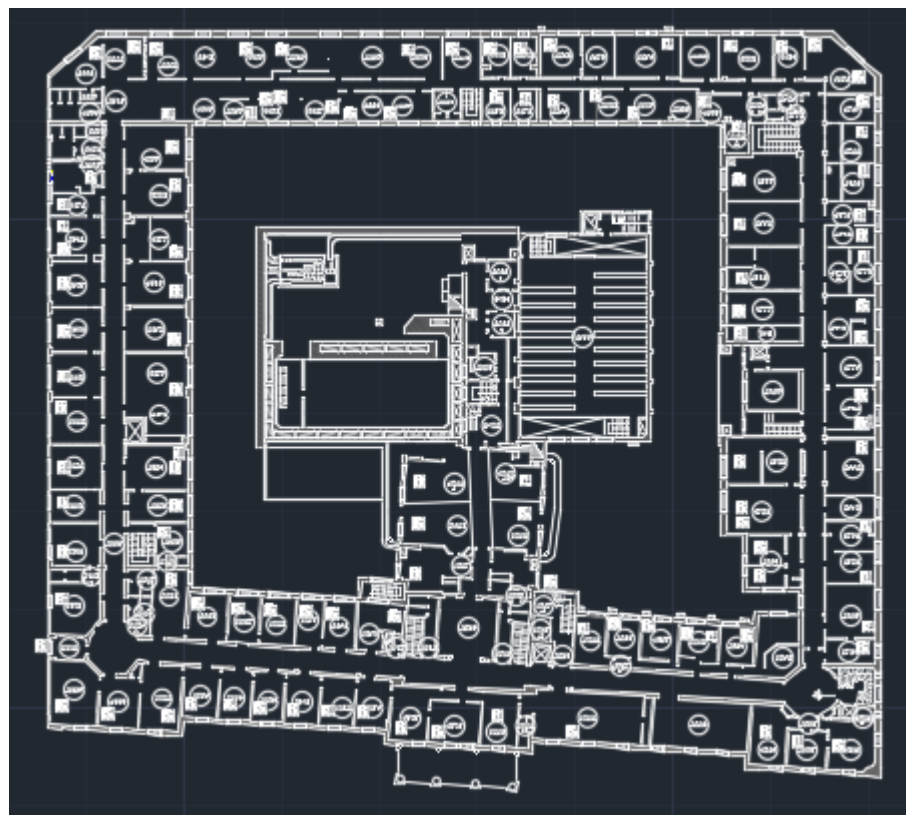
<http://datos.minem.gob.ar/dataset/calculo-del-factor-de-emision-de-co2-de-la-red-argentina-de-energia-electrica>.

## 8. Anexos

### i. Medición de las áreas de los locales

En primer lugar cabe aclarar que los datos disponibles de cada uno de los locales del edificio fueron; ala y piso al cual pertenecen (cada ala cuenta con tres pisos a excepción del ala de 11 de Septiembre que cuenta con dos pisos), la función que cumplen dentro del mismo (ya sea oficina, laboratorio, quiosco, etcétera), cantidad de puestos de trabajo por local tanto ocupados como desocupados, marcas y fabricantes de los equipos de aire acondicionado así como también la cantidad de equipos en uso con los que cuenta cada local. También se contó con las potencias nominales de enfriamiento y calentamiento de cada equipo, la cantidad de horas de uso de cada uno, la clase o letra de la etiqueta de eficiencia energética y observaciones particulares por cada local (entre las que se destacan algunas capacidades de refrigeración de los equipos).

Para el cálculo de las áreas de cada uno de los locales se utilizó la herramienta de medición de áreas de Autocad, a partir de los planos del edificio. En la Figura 14 se observa un ejemplo de plano utilizado.



*Figura 14. Vista en Planta del Segundo Piso del Edificio.*



## ii. Cálculo del balance térmico

Para el cálculo del balance térmico, los valores utilizados se indican en la Tabla 11.

Altura Oficina (Metros)	4
Altura Oficinas Planta Baja (Metros)	5,3
Calor Sensible; sentado y trabajo muy liviano (Watts)	63,8
Calor Latente; sentado y trabajo muy liviano (Watts)	52,2
Calor Computadora (W)	250
Calor Impresora (W)	450
Transmitancia Térmica Pared (W/k.m <sup>2</sup> )	1,66
Transmitancia Térmica Techo (W/k.m <sup>2</sup> )	0,92
Transmitancia Térmica Ventana (W/k.m <sup>2</sup> )	5,4
Temperatura Interior Confort (°C)	24
Temperatura Exterior de Diseño (°C)	34,8
Factor de Exposición Solar	0,98
Radiación Solar a las 13 horas Noreste (W/m <sup>2</sup> )	268
Radiación Solar a las 13 horas Noroeste (W/m <sup>2</sup> )	402
Radiación Solar a las 13 horas Sureste (W/m <sup>2</sup> )	268
Radiación Solar a las 13 horas Suroeste (W/m <sup>2</sup> )	268
W <sub>e</sub> -W <sub>i</sub> (g/Kg)	9,38
Superficie Ventana Libertador (M <sup>2</sup> )	3
Superficie Ventana Planta Baja Correa - Ramallo (M <sup>2</sup> )	4,8
Superficie Ventana Ramallo - 11 de Septiembre - Correa (M <sup>2</sup> )	3,6
Potencia Lámpara Fluorescente (W)	36

**Tabla 11. Valores Utilizados para el Balance Térmico.**

Por otro lado, también se eligió una oficina representativa por cada piso y ala para poder obtener los valores de referencia. Las oficinas seleccionadas y los distintos valores obtenidos, incluyendo la carga térmica total por el área (Frigorías/m<sup>2</sup>) se indican en la Tabla 12.



	Área Oficina (M <sup>2</sup> )	Área Pared Exterior - Ventana (M <sup>2</sup> )	Q <sub>OPARED</sub> (Carga Térmica por Conducción)	Q <sub>OTECHO</sub> (Carga Térmica por Conducción)	Q <sub>OVENTANA</sub> (Carga Térmica por Conducción)	Q <sub>OSVIDRIOS</sub> (Carga Térmica Solar)	Q <sub>o</sub> (Carga Térmica por Fuentes Internas)	Q <sub>a</sub> (Carga Térmica por Ventilación)	Carga Térmica Total (w)	Carga Térmica Total (Frigorías)	Carga Térmica Total/Área (Frigorías/M <sup>2</sup> )
Oficina											
2004 - Libertador Exterior	18,48	11,36	203,66		174,96	787,92	1470,00	252,65	2889,20	2484,71	134,45
2124 - Ramallo Exterior	14,82	8,00	143,42		209,95	1418,26	996,00	126,33	2893,96	2488,80	167,94
1228- 11 de Septiembre Exterior	21,47	16,56	296,89		209,95	945,50	2202,00	505,31	4159,65	3577,30	166,62
2324- Correa Exterior	23,78	14,52	260,31		209,95	945,50	1362,00	252,65	3030,42	2606,17	109,59
6- Libertador Exterior	15,87	12,83	230,02		209,95	945,50	888,00	126,33	2399,80	2063,83	130,05
2226- 11 de Septiembre Exterior	16,60	11,72	210,12	164,94	209,95	945,50	1248,00	126,33	2904,84	2498,16	150,49
3330- Correa Exterior	18,04	9,00	161,35	179,25	209,95	945,50	1068,00	126,33	2690,38	2313,73	128,26
3124- Ramallo Exterior	23,03	11,72	210,12	228,83	209,95	1418,26	960,00	126,33	3153,48	2711,99	117,76
324- Correa Exterior	21,01	17,73	317,77		279,94	1260,67	1326,00	252,65	3437,04	2955,85	140,69
116- Ramallo Exterior	15,50	19,95	357,68		279,94	1891,01	924,00	126,33	3578,95	3077,90	198,57
2211- 11 de Septiembre Interior	13,56	13,2	236,65	134,73	209,95	945,50	1398,00	252,65	3204,25	2755,66	203,22
2009- Libertador Interior	17,04	10,4	186,45		209,95	945,50	1212,00	126,33	2680,23	2305,00	135,27
3029- Libertador Interior	9,63	12,64	226,61	95,68	174,96	787,92	1032,00	126,33	2443,50	2101,41	218,22
3032- Libertador Exterior	17,8	11,12	199,36	95,68	174,96	787,92	1032,00	126,33	2416,25	2077,98	116,74
1008- Libertador Exterior	14,95	8,68	155,62		174,96	787,92	1692,00	378,98	3189,48	2742,95	183,47
1104- Ramallo Exterior	24,07	15,76	282,55		209,95	1418,26	1980,00	378,98	4269,73	3671,97	152,55
1312- Correa Exterior	24,46	15,16	271,79		209,95	945,50	1614,00	252,65	3293,90	2832,75	115,81
200- 11 de Septiembre Exterior	24,01	23,025	412,79		279,94	1260,67	1584,00	378,98	3916,38	3368,09	140,28

Tabla 12. Valores Referenciales del Balance Térmico.

### iii. Determinación de los factores de uso

Los factores de uso definidos para la parte exterior y la parte interior se señalan en la Tabla 13 y la Tabla 14, respectivamente.



		Factores de utilización externos											
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
LIBERTADOR	PB	0,63	0,58	0,40	0,30	0,35	0,15	0,17	0,15	0,12	0,25	0,22	0,46
	1ER	0,68	0,63	0,43	0,30	0,35	0,46	0,50	0,46	0,30	0,25	0,22	0,50
	2DO	0,74	0,69	0,49	0,26	0,30	0,51	0,54	0,51	0,35	0,20	0,20	0,53
	3ER	0,74	0,69	0,49	0,26	0,30	0,52	0,54	0,51	0,35	0,20	0,20	0,53
11 DE SEP	PB	0,68	0,63	0,45	0,30	0,35	0,61	0,63	0,60	0,41	0,25	0,17	0,47
	1ER	0,68	0,63	0,47	0,30	0,35	0,60	0,63	0,60	0,41	0,23	0,17	0,49
	2DO	0,70	0,65	0,48	0,28	0,34	0,58	0,62	0,58	0,40	0,22	0,18	0,52
	3ER	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CORREA	PB	0,63	0,60	0,42	0,30	0,38	0,59	0,61	0,56	0,41	0,28	0,22	0,44
	1ER	0,68	0,60	0,45	0,30	0,38	0,46	0,48	0,45	0,31	0,28	0,22	0,44
	2DO	0,68	0,65	0,47	0,28	0,38	0,50	0,55	0,50	0,31	0,28	0,22	0,46
	3ER	0,68	0,65	0,47	0,28	0,38	0,56	0,61	0,56	0,41	0,25	0,22	0,48
RAMALLO	PB	0,69	0,60	0,43	0,26	0,33	0,25	0,30	0,25	0,17	0,23	0,22	0,50
	1ER	0,70	0,63	0,45	0,26	0,30	0,40	0,45	0,40	0,28	0,23	0,18	0,50
	2DO	0,74	0,69	0,49	0,23	0,26	0,25	0,30	0,25	0,15	0,20	0,18	0,57
	3ER	0,74	0,69	0,49	0,23	0,26	0,51	0,56	0,51	0,33	0,20	0,18	0,57
BLOCK CENTRAL	PB	0,58	0,52	0,35	0,30	0,38	0,68	0,70	0,65	0,48	0,28	0,22	0,41
	1ER	0,58	0,52	0,35	0,30	0,38	0,65	0,70	0,65	0,48	0,28	0,22	0,41
	2DO	0,63	0,57	0,38	0,30	0,38	0,62	0,67	0,62	0,45	0,27	0,22	0,43
	3ER	0,63	0,57	0,40	0,26	0,33	0,58	0,62	0,58	0,43	0,23	0,17	0,46

Tabla 13. Factores de Uso - Parte Externa

		Factores de utilización internos											
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
LIBERTADOR	PB	0,55	0,53	0,35	0,36	0,43	0,35	0,40	0,35	0,22	0,31	0,22	0,42
	1ER	0,55	0,53	0,35	0,36	0,43	0,71	0,76	0,68	0,50	0,30	0,18	0,42
	2DO	0,59	0,56	0,38	0,29	0,37	0,63	0,66	0,62	0,44	0,27	0,18	0,43
	3ER	0,63	0,56	0,39	0,29	0,37	0,58	0,60	0,55	0,39	0,27	0,18	0,46
11 DE SEP	PB	0,55	0,52	0,33	0,31	0,36	0,65	0,72	0,62	0,51	0,28	0,22	0,40
	1ER	0,57	0,54	0,37	0,29	0,36	0,65	0,70	0,60	0,46	0,28	0,20	0,42
	2DO	0,62	0,57	0,42	0,23	0,26	0,55	0,60	0,52	0,40	0,23	0,20	0,45
	3ER	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CORREA	PB	0,55	0,52	0,35	0,33	0,35	0,53	0,58	0,50	0,35	0,31	0,20	0,42
	1ER	0,57	0,53	0,38	0,31	0,35	0,60	0,65	0,58	0,32	0,30	0,18	0,42
	2DO	0,60	0,57	0,43	0,24	0,25	0,40	0,43	0,37	0,25	0,26	0,18	0,42
	3ER	0,60	0,57	0,43	0,23	0,25	0,58	0,63	0,55	0,40	0,26	0,18	0,43
RAMALLO	PB	0,55	0,52	0,33	0,34	0,35	0,71	0,71	0,65	0,52	0,31	0,22	0,38
	1ER	0,55	0,52	0,33	0,34	0,35	0,71	0,71	0,65	0,52	0,31	0,22	0,38
	2DO	0,57	0,55	0,35	0,31	0,33	0,58	0,60	0,57	0,39	0,30	0,20	0,42
	3ER	0,60	0,55	0,35	0,31	0,32	0,65	0,66	0,63	0,44	0,30	0,20	0,42

Tabla 14. Factores de Uso - Parte Interna



Por su parte, en las siguientes Figuras podemos observar los valores para los factores de utilización para la planta baja, el segundo piso y el tercer piso para las caras internas y externas, respectivamente.

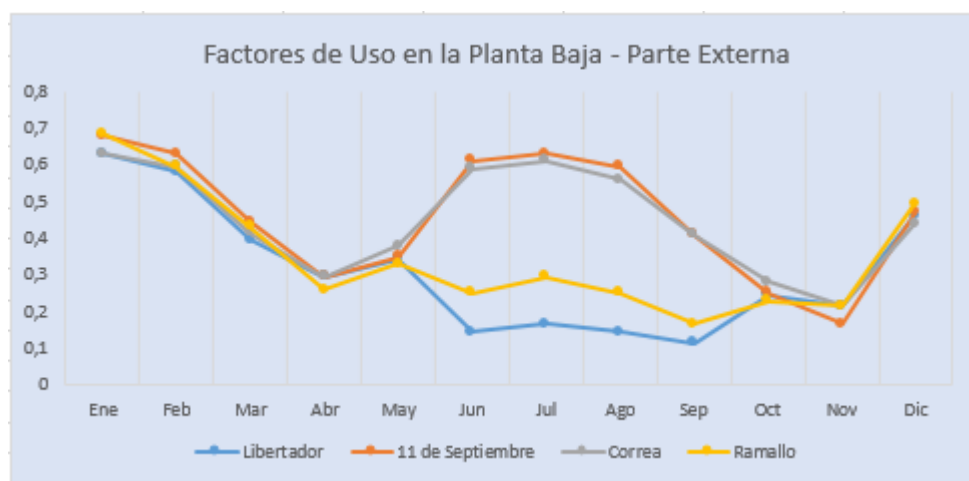


Figura 15. Factores de Utilización en la Planta Baja - Parte Externa

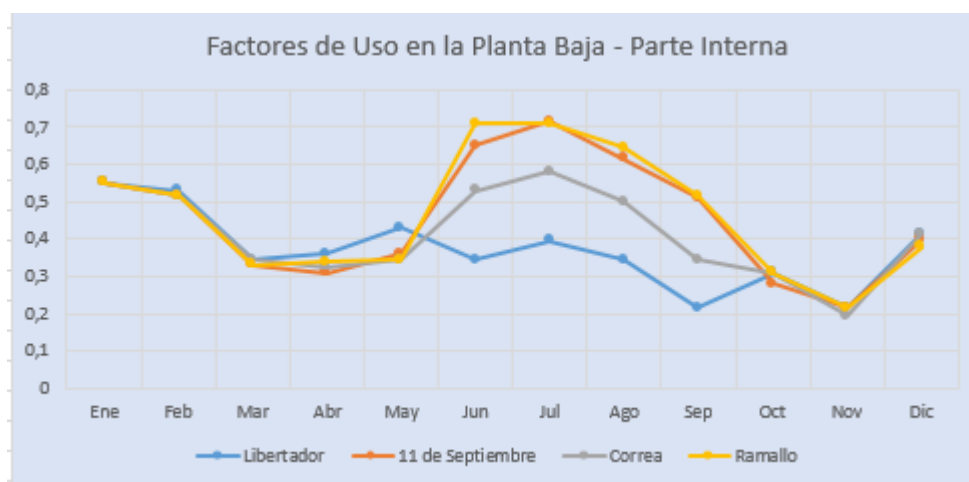


Figura 16. Factores de Utilización en la Planta Baja - Parte Interna

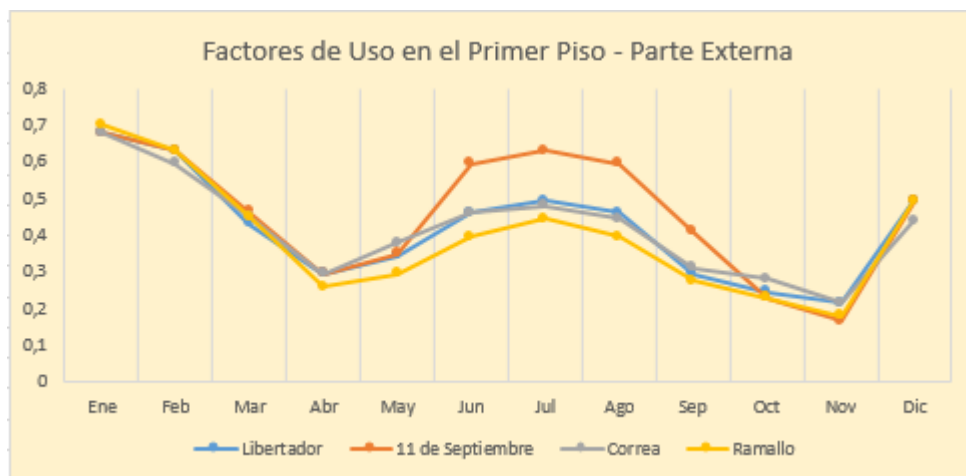


Figura 17. Factores de Utilización en el Primer Piso - Parte Externa

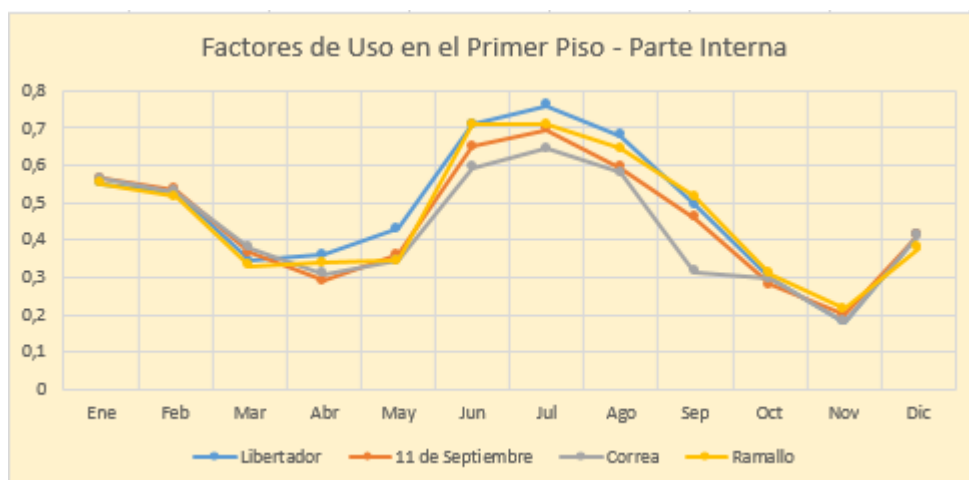


Figura 18. Factores de Utilización en el Primer Piso - Parte Interna

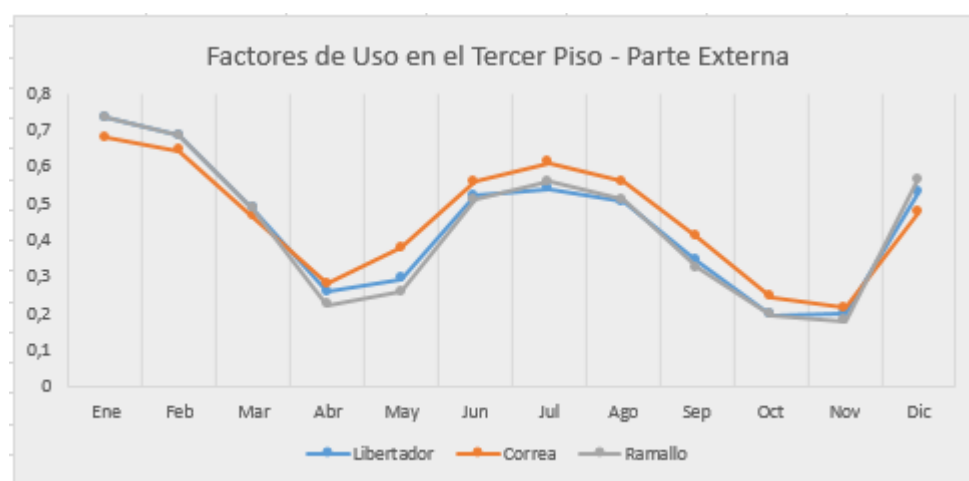


Figura 19. Factores de Utilización en el Tercer Piso - Parte Externa

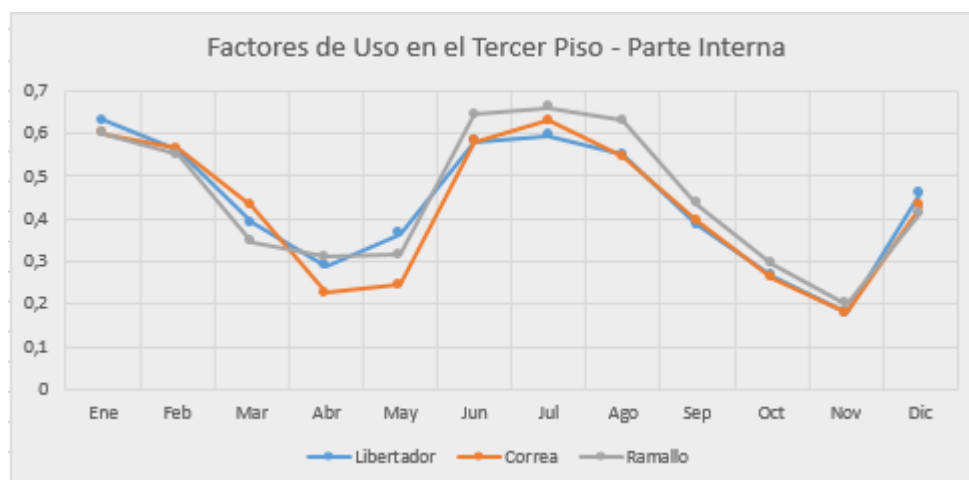


Figura 20. Factores de Utilización en el Tercer Piso - Parte Externa

#### iv. Cálculo del ahorro de consumo y de potencia

Para el cálculo del ahorro de consumo energético y potencia nominal, se procedió a hacer los cálculos de ambas primero con los equipos que se encontraban en el edificio y luego haciendo el reemplazo por las unidades más eficientes. Luego el ahorro en los dos casos se obtuvo al hacer la diferencia entre ambas. Los valores se indican en la Tabla 15.

	Inicial	Eficiente	Ahorro
Consumo Energético (kWh)	239.200	91.100	148.100
Potencia Nominal (Kw)	720,7	431,9	288,8

Tabla 15. Ahorro de Potencia y Consumo Energético.

#### v. Cálculo de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero

Para el cálculo de la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero una vez realizado el reemplazo de las unidades poco eficientes, se multiplicó el ahorro energético anual (kWh) por un factor de emisión de CO<sub>2</sub> por cada kWh generado. El gasoil fue el combustible utilizado para el cálculo y el factor de emisión mencionado es de 0,7 [12].

#### vi. Cálculo de la inversión requerida

En cuanto al cálculo de la inversión necesaria para el reemplazo de las unidades poco eficientes por los equipos de tipo "A", en la Tabla 16 se muestra la cantidad de equipos que se comprarían por cada modelo y los respectivos montos. El costo total sería de 178.938 dólares.



Fabricante	Modelo	Unidades	Precio (Dólar Oficial)	Costo Total
Sanyo	KCS25HA3AN	138	376	51933
BGH	BSI35WCCR	25	706	17661
BGH	BS35WCRR	57	575	32803
BGH	BS45CP	73	715	52198
Philco	PHS90HC2AN	17	1432	24344

Tabla 16. Cantidad y precios de distintos modelos para su adquisición.

## vii. Cálculo del ahorro anual

Para el cálculo del ahorro anual en dólares, se utilizó la siguiente expresión;

$$\text{Ahorro Anual} = AC * PE_r + AP * PP_a * 12 \quad (7)$$

Donde:

AC= Ahorro de consumo de energía anual (kWh)

PE<sub>r</sub>= Precio de la energía en hora resto (USD/kWh)

AP= Ahorro de potencia (kW)

PP<sub>a</sub>= Precio de la potencia adquirida (USD/kW)

El precio de la energía en hora resto que se utilizó fue de 0,058 USD por kWh mientras que el precio de la potencia adquirida utilizado fue de 0,84 USD por kWh.