



Universidad Nacional de La Plata

Facultad de Ingeniería

Concurso Smart Infrastructure

“Potencia tus conocimientos en eficiencia energética”

Fundación SIEMENS

Proyecto: Eficiencia Energética Eléctrica en Edificio de Electrotecnia de la Universidad Nacional de La Plata



Integrantes:

Carbajal, Valentín	DNI: 41.212.222
D'Angelo, Manuel	DNI: 42.672.756
Scribano Vera, Facundo	DNI: 42.941.832
Tompkins, Victoria	DNI: 42.810.102

Docente tutor:

Wall, Carlos	DNI: 27.194.108
--------------	-----------------

Dirección: 116 y 48, La Plata

Teléfono: +54 221 423-6690

Mail: depelec@ing.unlp.edu.ar



Índice

1. Resumen	3
2. Descripción del edificio de electrotecnia	3
3. Alcance del proyecto	3
4. Descripción del problema	3
5. Relevamiento, adquisición y análisis de datos	4
6. Oportunidades de mejora	5
6.1. Eje Técnico	6
Primera medida:	6
Segunda medida:	6
Tercera medida:	6
Cuarta medida:	6
6.2. Eje Social	7
6.3. Eje de gestión	7
7. Análisis económico	8
8. Análisis Energético	8
8.1. Análisis en base a indicadores de desempeño energético	8
8.2. Análisis del CO2 no emitido	9
9. Conclusión	9
10. Propuestas de trabajos a futuro y recomendaciones	10
11. Anexos	11
I. Anexo 1	11
II. Anexo 2	13
III. Anexo 3	15
IV. Anexo 4	15
V. Anexo 5	20
VI. Anexo 6	22
VII. Anexo 7	26
VIII. Anexo 8	29
IX. Anexo 9	31
X. Anexo 10	32
XI. Anexo 11	34
XII. Anexo 12	42
12. Referencias	43

1. Resumen

El edificio del Departamento de Electrotecnia (DE) de la Facultad de Ingeniería (FI) de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP), Argentina, enfrenta varios desafíos en cuestión de Eficiencia Energética Eléctrica (EEE).

El presente trabajo aborda una descripción del edificio, identificando problemáticas como excesos de consumo de energía, iluminación insuficiente e ineficiente. A partir de un exhaustivo relevamiento y análisis de datos obtenidos en mediciones realizadas, se detectaron oportunidades de mejora en lo que respecta al consumo de energía eléctrica. Con lo cual, se proponen cuatro medidas concretas para optimizar el uso de la energía eléctrica en los espacios comunes del edificio (aulas, pasillos, halls y baños). Además, se considera de vital importancia la adopción de una serie de medidas de concientización de los usuarios (alumnos, no docentes y docentes) del edificio en materia de EEE. Por otro lado, se sugiere la creación de un comité de EEE para asegurar la continuidad y mejora constante de las medidas implementadas y que las mismas se sostengan en el tiempo. El análisis económico revela la viabilidad financiera de las propuestas, mientras que el análisis energético muestra una mejora significativa en el desempeño energético, con un ahorro energético equivalente a una importante reducción de emisiones de CO₂.

2. Descripción del edificio de electrotecnia

El edificio del DE se encuentra ubicado dentro del campus de la FI-UNLP. Al mismo asisten estudiantes de las diversas carreras de Ingeniería que se dictan en la FI. Sus aulas y anfiteatros de gran capacidad permiten el dictado de materias de alta concurrencia, como pueden ser las de ciencias básicas, comunes a todas las carreras. En particular los estudiantes de las carreras Ingeniería en Energía Eléctrica, Electromecánica, Electrónica y Telecomunicaciones son los que más tiempo transitan en el edificio, ya que el dictado de las clases de años superiores se realiza allí.

El edificio está constituido por aulas, anfiteatros, salas de conferencias, oficinas, gabinetes de estudiantes, laboratorios, espacios comunes de estudio, entre otros. Posee 4 niveles, un subsuelo, planta baja, primer piso y segundo piso. Abarca una superficie de aproximadamente **10400 m²**.

3. Alcance del proyecto

A partir de un relevamiento realizado, se decidió enfocar el trabajo en los espacios comunes del mencionado edificio. Tales espacios abarcan aulas, halls, pasillos y baños. Se tomó esta decisión, con el objetivo de acotar el trabajo en el tiempo disponible para la realización del proyecto. Por tal motivo, no se incluyen en el presente trabajo el estudio de oficinas y laboratorios que están dentro del mismo establecimiento, estos representan una carga cuyo comportamiento es muy variable. En el Anexo 1 se detallan las sectorizaciones realizadas de los espacios comunes considerados a lo largo del presente trabajo.

4. Descripción del problema

Dentro de la FI, el edificio del DE destaca por sus amplias dimensiones y sus grandes consumos de energía. La FI contrata el servicio de energía eléctrica en Media Tensión (MT), esto se debe a la potencia de las cargas instaladas y el consumo de energía eléctrica del campus, lo que permite obtener un costo de energía eléctrica inferior respecto de contratar el servicio en Baja Tensión (BT). Al inspeccionar las facturas de Energía Eléctrica, se detectó que la potencia requerida por las instalaciones supera la potencia contratada, lo que ha resultado en imposición de penalidades.

Consultando con los encargados de mantenimiento del edificio, se informó que las luminarias del edificio se encienden desde las 6:30 hasta las 22:00 (horario de apertura y cierre del edificio) siendo estas accionadas por personal de maestranza. Se sabe que ciertos espacios como aulas y anfiteatros carecen de interruptores individuales para las luminarias, lo que implica que la iluminación permanezca encendida independientemente de si estos espacios están siendo ocupados o no. Lo mismo sucede con pasillos y halls, los cuales a pesar de no

ser demasiado transitados tienen la iluminación constantemente encendida, en el Anexo 2 se incluyen fotografías de algunos de los sectores mencionados.

Por otro lado, en el segundo piso del edificio se encuentra un hall de estudio, ampliamente utilizado por los estudiantes, el cual posee una muy buena iluminación natural. Sin embargo, la iluminación artificial suele estar encendida durante periodos de tiempo en que no resulta necesaria.

Asimismo, compañeros y docentes manifiestan cierto nivel de incomodidad en cuanto a la iluminación de las aulas del edificio, en ciertos horarios en donde la iluminación natural es escasa. Utilizando como referencia la norma UNE-EN 12464:2022 [1] y luego de realizar mediciones con un luxómetro, se concluye que los niveles de iluminación están por debajo de los recomendados en los horarios en donde no se cuenta con iluminación natural.

Finalmente, se verificó en una primera observación, que la gran mayoría de las luminarias y equipos utilizados en todo el edificio, son cargas no lineales que podrían ocasionar corrientes distorsionadas y generar pérdidas adicionales en la red de distribución interna. Además, la condición de balance de las cargas, al arrancar las tareas, resultaba desconocida dado que no se tenían certezas de la distribución de cargas por fase.

Estos hallazgos representan oportunidades de mejora para optimizar la EEE, a partir de lo que se abordan problemas de utilización de energía eléctrica en iluminación, principalmente cuando no es necesaria, iluminación ineficiente o deficiente, desbalance de cargas y distorsiones de corrientes.

Para tomar dimensión de las diferentes magnitudes eléctricas, se realizaron mediciones en el tablero principal de acometida, que incluyen, tensiones, corrientes, energía, calidad de servicio, entre otras.

5. Relevamiento, adquisición y análisis de datos

El primer paso para establecer la línea de base de energía eléctrica (situación actual) del DE consistió en realizar un relevamiento de las instalaciones (las características del equipamiento instalado en cada locación) y el tiempo en que los mismos se utilizan (Ver anexo 3), para lo que se consideró como referencia la Reglamentación AEA 90364-8:2019[3]. Se crearon hojas de cálculo en las que se presenta la información del equipamiento, su uso, su potencia nominal, las horas de uso al año, tipo de tecnología, método de control en caso de luminarias y consumo anual (ver Anexo 4). A partir de allí se determinó la potencia instalada destinada a iluminación, climatización, proyectores, entre otros. En base a un análisis de la información, se determinó que la mayor parte del consumo anual se reparte proporcionalmente entre iluminación y climatización.

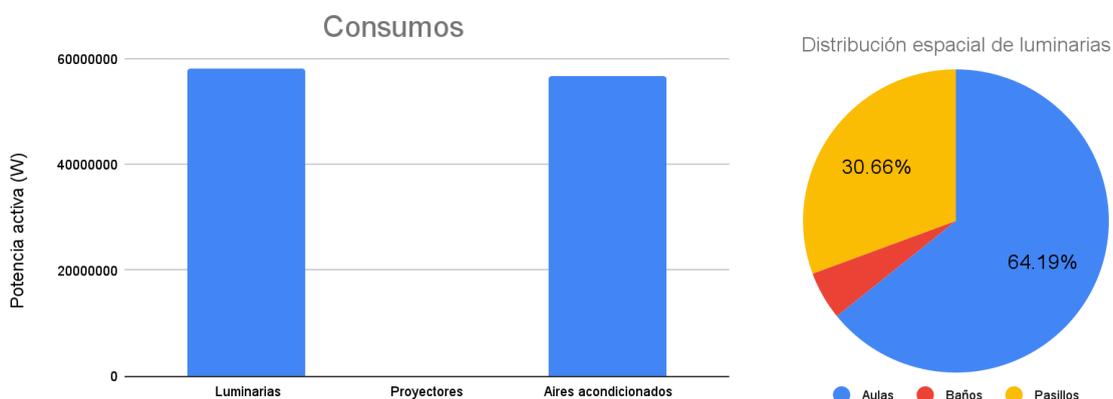


Figura 1. Distribución de consumos según equipamiento y distribución espacial de luminarias.

Con el objeto de determinar el nivel de iluminación en los diferentes sectores, se realizaron mediciones con el luxómetro TES 1336 en aulas, pasillos y halls de estudio. Contrastando los valores obtenidos con los indicados por la norma UNE-EN 12464:2022 [1]. Se comprobó que algunos espacios correspondientes a aulas y pasillos no poseen la iluminación mínima indicada, para cumplir con un nivel de confort, en la norma de referencia [1] (ver Anexo 5).

Por otro lado, se conectaron desde el 18/08/2023 al 15/09/2023, dos equipos analizadores de redes (HIOKI Power Quality Analyzer: 3198 y PW3198), ver Fig. 2, para medir la calidad de servicio y potencia en el tablero principal del departamento y en la entrada de uno de los grupos de trabajo de la FI (Instituto de Investigaciones Tecnológicas de Redes y Equipos Eléctricos-IITREE), ver Anexo 6. Los datos analizados corresponden a la diferencia entre la energía consumida por el DE y la consumida por el IITREE y conforman el caso **base de estudio**.



Figura 2. Analizadores de redes.

Adicionalmente, se colocó un sensor de movimiento en un pasillo, asociado al mismo un registrador de eventos PENTACOM modelo REG-1P-2G, lo que permitió registrar la circulación de personas por el mismo, registrando el tiempo en que el mismo se encuentra inactivo (ver Anexo 7).

A partir del análisis de estos datos, se realizaron perfiles de carga de la potencia demandada, se controlaron los valores de potencia pico, energía, factor de potencia, tensiones, corrientes, desbalances (tensión y corriente) y contenido armónico. Esto puede verse en el Anexo 6.

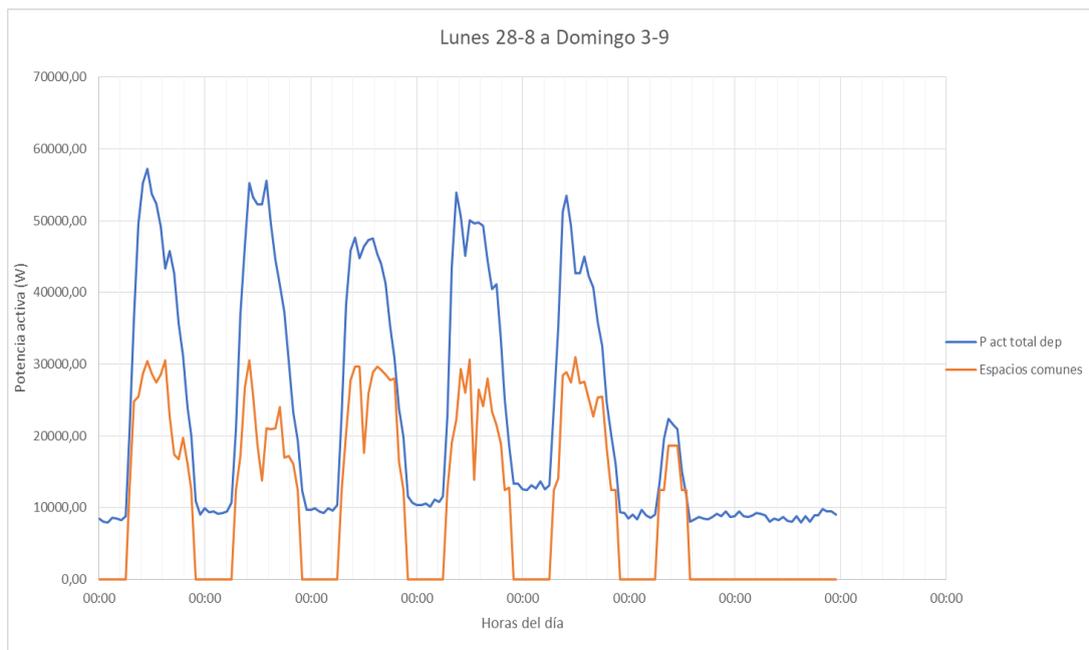


Gráfico 1. Perfil de carga de todo el departamento (azul) vs perfil de carga de potencia estimada en espacios comunes (naranja) en una semana típica.

A partir de las mediciones y relevamientos realizados, se contrastó un perfil de carga de la potencia estimada en espacios comunes contra la potencia medida en todo el departamento, ilustrado en el Gráfico 1. La potencia estimada en espacios comunes se formó a partir del conocimiento de los tiempos de encendido y apagado de luces de pasillos y baños, y los tiempos de uso de aulas, según los horarios de clase. Se puede comprobar que los espacios comunes representan aproximadamente un 50 % de los consumos habituales del DE.

Por otro lado, dado que variables como la distorsión armónica y el desbalance de cargas son magnitudes a tener en cuenta, en una evaluación de EEE, las mismas fueron consideradas. Si bien se encontró que algunos valores medidos se encuentran fuera de lo recomendado por la normativa de referencia en la temática [4], no se perciben multas por ello. Las pérdidas estimadas, debido al contenido armónico y desequilibrios de

cargas, no resultan significativas, por lo que no se consideran medidas de EEE para mitigar dichos fenómenos (ver Anexo 11 y 12).

6. Oportunidades de mejora

Tras los análisis realizados, considerando que la iluminación constituye una parte significativa del consumo total en el edificio y que existen lugares en donde permanecen encendidas cuando no son necesarias, ya sea porque la iluminación natural es suficiente o porque se encienden en aulas cuando no hay personas dentro, se han formulado diversas propuestas, separadas en tres ejes temáticos con el objetivo de optimizar el uso de energía eléctrica. El primer eje aborda aspectos técnicos de la instalación, consiste en una serie de medidas activas de EEE. El segundo eje aborda aspectos sociales, vinculados a la concientización de la EEE a los usuarios del edificio. El tercer eje abarca una propuesta de gestión que permitiría desarrollar de forma correcta, cíclica y sostenida en el tiempo la optimización de la EEE tomando como línea de base energética eléctrica el presente trabajo.

6.1. Eje Técnico

Se presentan cuatro medidas de eficiencia no excluyentes entre sí organizadas en función del ahorro energético que generan. La primera y cuarta medida abordan un problema común: las aulas de la planta baja iluminan sus espacios al abrirse el edificio y se apagan al cerrarse, ya que el control de estas luces está centralizado en un tablero general. Por ende, estas acciones buscan garantizar que las luces estén activas únicamente cuando sea necesario, es decir, durante las horas de clase.

Primera medida:

La primera medida consiste en la incorporación de un interruptor general para la iluminación en cada anfiteatro. Considerando que cada uno presenta una potencia instalada de 2130 W debido (6 reflectores de 250 W y tubos fluorescentes adicionales), esta medida generaría un ahorro de 963 kWh al mes, equivalente al consumo promedio de tres hogares [2]. Ver gráfico 3 del Anexo 8.

Segunda medida:

La segunda medida consiste en la incorporación de sensores de movimiento en los pasillos del edificio. La potencia total de las luminarias de dichos espacios es de 1610 W. Por medio de las mediciones realizadas por el Registrador de eventos mencionado, ver Anexo 5, se concluye que si las luces del pasillo se controlan con el sensor de movimiento se obtendría un ahorro de energía de 456 kWh al mes. Dicha medida se implementó como prueba piloto en uno de los pasillos más transitados del edificio, durante el desarrollo del presente trabajo. Ver gráfico 4 del Anexo 8.

Tercera medida:

La tercera medida consiste en la incorporación de tarjetas en las aulas, las cuales cortan el suministro de energía eléctrica si la misma no es insertada en un tarjetero, ver Fig. 4. Se realizó una prueba de control con tarjetas en un aula (E17) durante el desarrollo del presente trabajo obteniéndose resultados exitosos. Si esta medida se implementa en tres aulas se puede obtener un ahorro de 162 kWh por mes. Ver gráfico 5 del Anexo 8. Además, es fundamental tener en cuenta el aspecto conductual de las personas que utilizan las aulas, en particular los docentes y no docentes que son quienes se encargan de abrirlas y encender o apagar las luces. Para la implementación efectiva de esta medida, la propuesta consiste en vincular las tarjetas físicamente a las llaves de las aulas. De tal modo, los docentes retirarían de mayordomía las llaves del aula con la tarjeta de iluminación incorporada. En el caso de abandonar el aula, no se podrá cerrar la puerta con llave, sin retirar la tarjeta de accionamiento de luminarias.

Cuarta medida:

La cuarta medida consiste en realizar un control de la iluminación dependiente de la intensidad de la iluminación natural de los espacios, en donde la misma sea suficiente para satisfacer los requerimientos de la norma [1], se interrumpe automáticamente el suministro. En este sentido, se realizó en un hall del segundo piso, una experiencia piloto, ver Anexo 9. El control se implementó mediante un Arduino, un fotorresistor y un relé. El fotorresistor envía una señal al Arduino, el cual activa un relé permitiendo que se enciendan las luminarias, en función del valor de iluminación natural presente. El prototipo implementado se presenta en la Fig. 5. Se implementó de forma tal que si la iluminación medida es mayor a 500 Lux, se abren los contactos del relé y se apagan las luminarias del hall. La potencia instalada en el hall es de 600 W. Se estimó que las luces se apagan entre las 10:00 y 18:00, dependiendo de la época del año, en el intervalo de tiempo mencionado, se generaría un ahorro de energía de 118 kWh por mes. Ver gráfico 6 del Anexo 8.



Figura 4. Tercer medida: implementación tarjetero.



Figura 5. Cuarta medida: prototipo control de iluminación por programación de un Arduino con una fotorresistencia como sensor.

6.2. Eje Social

Todas las medidas detalladas anteriormente son compatibles con un esquema de concientización y capacitaciones que se propone realizar con los docentes, no docentes y alumnos que concurren al edificio. Dichas capacitaciones pretenden lograr una formación en los aspectos de EEE y buenas prácticas necesarias para optimizar el uso de la energía en forma razonable.

En el marco de la concientización de la EEE, se propone colocar una pantalla en el hall principal de acceso al departamento en la que se exhiban en tiempo real las variables eléctricas más relevantes de la instalación, utilizando un dispositivo de medición **Siemens PAC3220** y el software **Sentron Powermanager**. Las mediciones que se deberían mostrar serían: tensión, corrientes, potencia (activa, reactiva y aparente), factor de potencia, frecuencia, distorsión armónica, entre otras. En la Fig. 6 se ilustra el diseño propuesto para dicha pantalla.

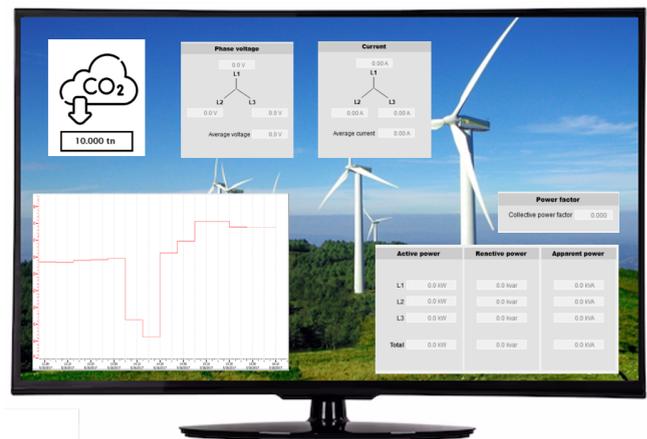


Figura 6. Esquemática de pantalla en hall de entrada del edificio con variables de interés en tiempo real.

Sumado a estas variables, se incorporaría una curva de carga de la instalación alternando su vista por día y por semana. Por último, a esta pantalla se le agregaría una función que muestre la cantidad de CO2 emitido, con el objeto de concientizar acerca del impacto ambiental del consumo excesivo de energía.

6.3. Eje de gestión

En otro orden de ideas, considerando que se concibe la EEE como un proceso cíclico que implica el diagnóstico de la situación actual de la instalación, la planificación y ejecución de medidas (pasivas y activas), seguidas por el análisis de los resultados y la propuesta de posibles mejoras, se considera necesario adoptar una medida desde la administración de la FI a través de los órganos pertinentes que permita la continuidad de este ciclo de trabajo de eficiencia de forma sostenida en el tiempo.

Se sugiere la instauración de un comité especializado en EEE, cuya responsabilidad recaería en mantener a lo largo del tiempo las medidas implementadas y sugerir nuevas, evaluar su impacto en el transcurso del tiempo y perfeccionar las acciones tomadas de manera continua.

Con el relevamiento constante de las magnitudes eléctricas (Potencia y Energía), considerando los ahorros obtenidos a partir de la adopción de medidas de EEE, se propondría reinvertir los ahorros obtenidos en nuevas medidas.

7. Análisis económico

Para el análisis económico se estudiaron las medidas del eje técnico buscando una rentabilidad y viabilidad en su implementación en el plazo de 4 años. No se analiza la inversión realizada en las medidas de los demás ejes por que se suponen que atraen beneficios indirectos en materia social y económica.

Para el presente análisis se consideró una tasa de interés anual (TNA) del 118%. En el mes de enero no hay ahorro en las medidas dado que no hay concurrencia masiva en el edificio y en los meses como febrero, julio y diciembre la concurrencia puede aproximarse a la mitad de la habitual. A su vez se considera un valor de energía constante en los años considerados.

Las medidas 1, 3 y 4 son rentables porque el Valor Actual Neto (VAN) es positivo y es viable ya que la Tasa Interna de Retorno (TIR) es mayor a la Tasa Nominal Anual (TNA). La medida 2 no es viable ni rentable en el periodo considerado, ya que la VAN es menor a cero y la TIR es menor a la TNA, para tener una referencia la relación entre el precio del kWh y el sensor de movimiento para que esta sea rentable tiene que ser igual o mayor a 0,0048.

Medida 1		Medida 2		Medida 3		Medida 4	
VAN	\$ 77,903.08	VAN	-\$ 27,550.35	VAN	\$ 4,426.92	VAN	\$ 4,135.28
TIR	383%	TIR	73%	TIR	156%	TIR	172%

Tabla 1. VAN y TIR de los proyectos evaluados individualmente

Medidas aplicadas en simultáneo	
VAN	\$ 58,914.92
TIR	171%

Tabla 2. VAN y TIR de los proyectos evaluados todos juntos

Aplicando todas las medidas técnicas en simultáneo, el proyecto es rentable y viable. Para ver los flujos de fondo de cada caso ver Anexo 10.

8. Análisis Energético

8.1. Análisis en base a indicadores de desempeño energético

En cuanto a un análisis energético, para la cuantificación del ahorro energético de las medidas propuestas, se definen Indicadores de Desempeño Energético (IDEn), tomando como referencia la norma ISO 50001:2018 [5]. Considerando que el edificio es una institución educativa, se definieron los siguientes IDEn:

- IDEn 1 (kWh/m² - semana): indica la cantidad de energía semanal por metro cuadrado de superficie.
- IDEn 2 (kWh/estudiantes - semana): indica la cantidad de energía semanal por la capacidad de las aulas del edificio.

El IDEn 1 es en base a la superficie del edificio siendo 10400 m² y el IDEn 2 es en base a la capacidad de las aulas del edificio, que contabiliza en una capacidad de 1415 estudiantes en total. Se define una línea base de energía, la cual es la referencia cuantitativa para la comparación del desempeño energético, en este trabajo se consideró como línea base de energía a la situación actual del edificio. Se calcularon los indicadores para la situación base, implementada la primera, segunda, tercera y cuarta medida individualmente y, por último, un indicador que cuantifique la implementación de todas las medidas en simultáneo.

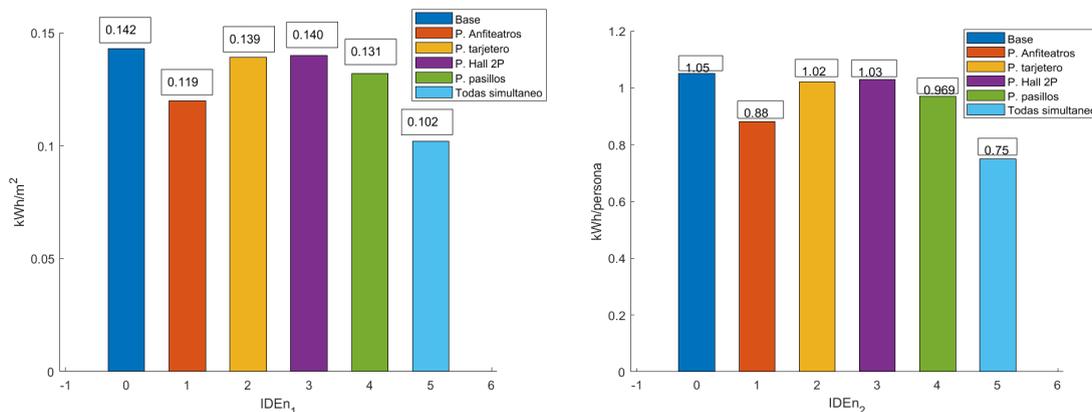


Figura 7. Indicadores de desempeño energético

En la figura 7 se observan los dos IDEn calculados para cada medida, son más pequeños en comparación con la situación actual, esto se traduce en una mejora en el desempeño energético de la iluminación del edificio, siendo el de mayor reducción cuando las cuatro medidas son implementadas conjuntamente.

8.2. Análisis del CO2 no emitido

En la siguiente tabla se muestran la cantidad de CO2 no emitido por mes con cada medida, con una comparativa para poder materializar el efecto de ellas. La relación de CO2 por kWh generado de energía eléctrica primaria, se extrajo de la norma AEA 90364-8:2019[3], 1 kWh= 0,5 kg de CO2.

Medida	CO2 no emitido por mes (kg)	CO2 emitido por un auto a nafta ida y vuelta a Mar del Plata con un consumo de 12km/lt (kg)	Viajes a Mar del Plata
1	481.4	141	3.41
2	228.1	141	1.62
3	81.4	141	0.58
4	58.8	141	0.42

Tabla 3. CO2 no emitido por cada medida

9. Conclusión

El edificio del DE enfrenta desafíos energéticos considerables, especialmente en términos de iluminación ineficiente y consumo excesivo. Las propuestas presentadas, centradas en la optimización de la iluminación y la concientización de los usuarios, demuestran ser financieramente viables y ofrecen mejoras significativas en el desempeño energético. La creación de un comité de eficiencia energética se propone como una medida crucial para mantener y mejorar continuamente estas acciones. La implementación conjunta de las propuestas muestra un impacto positivo, no solo en los costos operativos sino también en la reducción de emisiones de CO₂, destacando la importancia de abordar la eficiencia energética en entornos educativos.

La ejecución de estas propuestas posee un impacto social, económico y ambiental significativo. Al trabajar en una institución pública con fines educativos, se reconoce que estas propuestas influyen directamente en la calidad de la educación proporcionada a los estudiantes y en el entorno de enseñanza de los docentes. Los ahorros obtenidos en una institución pública representan la oportunidad de redirigir recursos hacia otras iniciativas educativas, aprovechando el trabajo de desarrollo que se lleva a cabo en la facultad diariamente.

Es importante destacar que las propuestas formuladas en este trabajo abordan problemas identificados en uno de los edificios de la FI-UNLP. El estudio realizado en este edificio es replicable en otros edificios tanto dentro de la facultad, como otros de características similares. Además, teniendo en consideración que la FI contrata en MT, teniendo así un costo de energía menor, por lo que estas medidas serían aún más rentables en edificios que contrata BT, ya que la tarifa tiene mayor costo.

10. Propuestas de trabajos a futuro y recomendaciones

Como perspectiva para futuras investigaciones, se sugiere llevar a cabo un análisis exhaustivo de la situación relativa a los armónicos de corriente y el desbalance de cargas. A pesar de que actualmente la institución no enfrenta sanciones, se plantea la necesidad de examinar con mayor profundidad las posibles pérdidas en los conductores de la instalación debido a estas corrientes. Sería pertinente evaluar la viabilidad económica de la implementación de filtros que mitigan estos fenómenos y redistribución de cargas, considerando el potencial impacto en términos de EEE.

A lo largo del desarrollo de la investigación, se estimaron ciertos valores de pérdidas en los conductores mediante un relevamiento de las conexiones de los principales tableros de la instalación. La conclusión inicial señala que estas pérdidas no constituyen un gasto energético significativo en comparación con otros problemas identificados. No obstante, se reconoce la necesidad de dedicar un período más extenso para llevar a cabo un relevamiento más detallado y las mediciones correspondientes. No obstante, en caso de reemplazar dispositivos no lineales o tener que conectar nuevas cargas, se recomienda que se verifique antes de la instalación que los primeros sean de bajo contenido armónico. En el caso de la climatización, en la medida de lo posible, que sean del tipo trifásicos para evitar desbalances importantes en períodos de alto consumo.

Por otro lado, en cuanto a la deficiencia de iluminación en las aulas (en periodos de baja presencia de iluminación natural) que afectan la calidad de las clases de tanto estudiantes como profesores, se propone realizar un estudio para la ampliación de potencia instalada para iluminación de dichos espacios, de tal manera de satisfacer los requerimientos mínimos en horarios nocturnos. Una medida a adoptarse podría ser, mantener una iluminación mínima accionada desde un interruptor y un segundo grupo de luminarias, controlada por un sistema similar al propuesto, fotoresistor-Arduino-Relé, de forma que cuando la iluminación natural alcance un valor mínimo, se accionen el grupo de luminarias adicional, de esta forma se aumentaría el nivel de confort en los periodos en que sean necesario.

Por último, queda como trabajo a futuro realizar un relevamiento de los consumos de todos los edificios de la FI, con el objeto de considerar la posibilidad de modificar el contrato de potencia con la empresa distribuidora, aumentando la potencia contratada para evitar penalizaciones por exceso de potencia.

11. Anexos

I. Anexo 1

Planos por planta del edificio de electrotecnia con las sectorizaciones realizadas de los espacios comunes considerados a lo largo del presente trabajo.

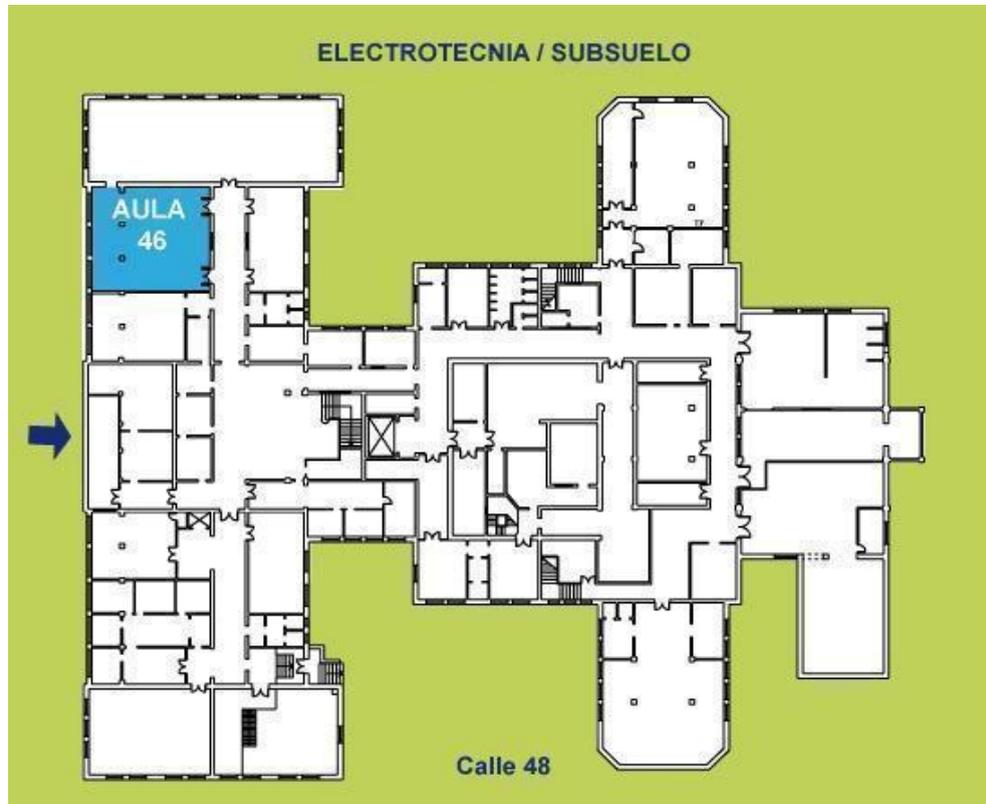


Figura 8. Plano subsuelo.

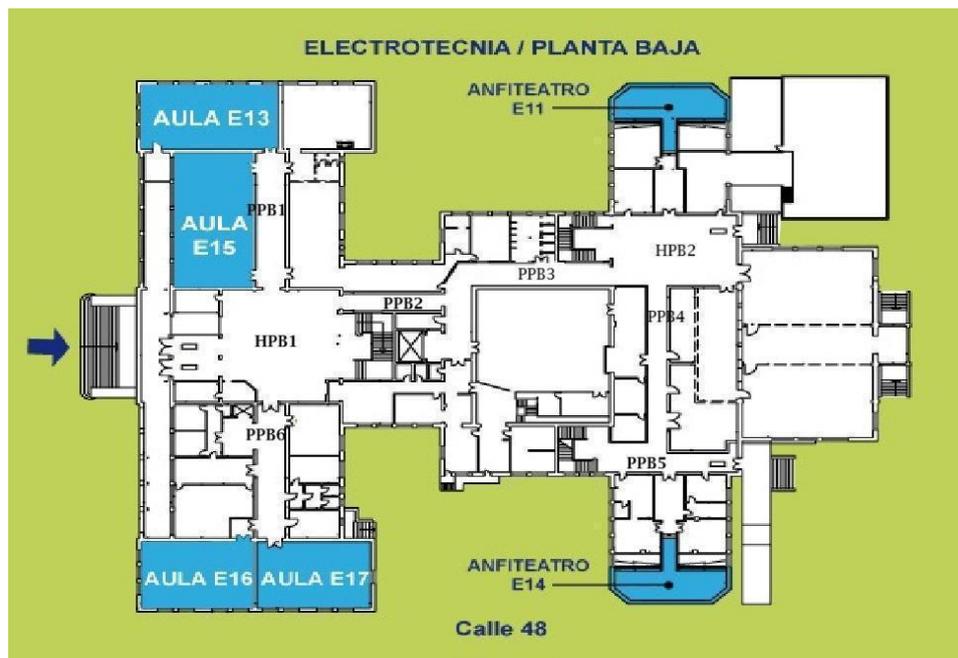


Figura 9. Plano planta baja.

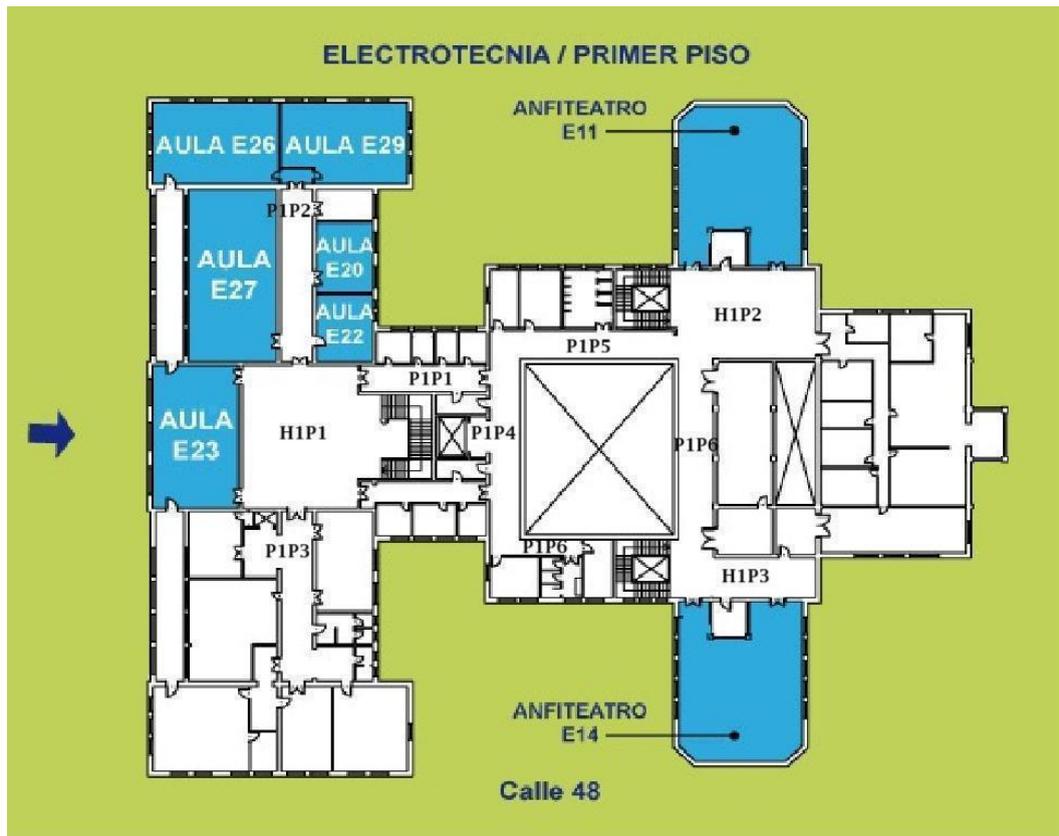


Figura 10. Plano primer piso.

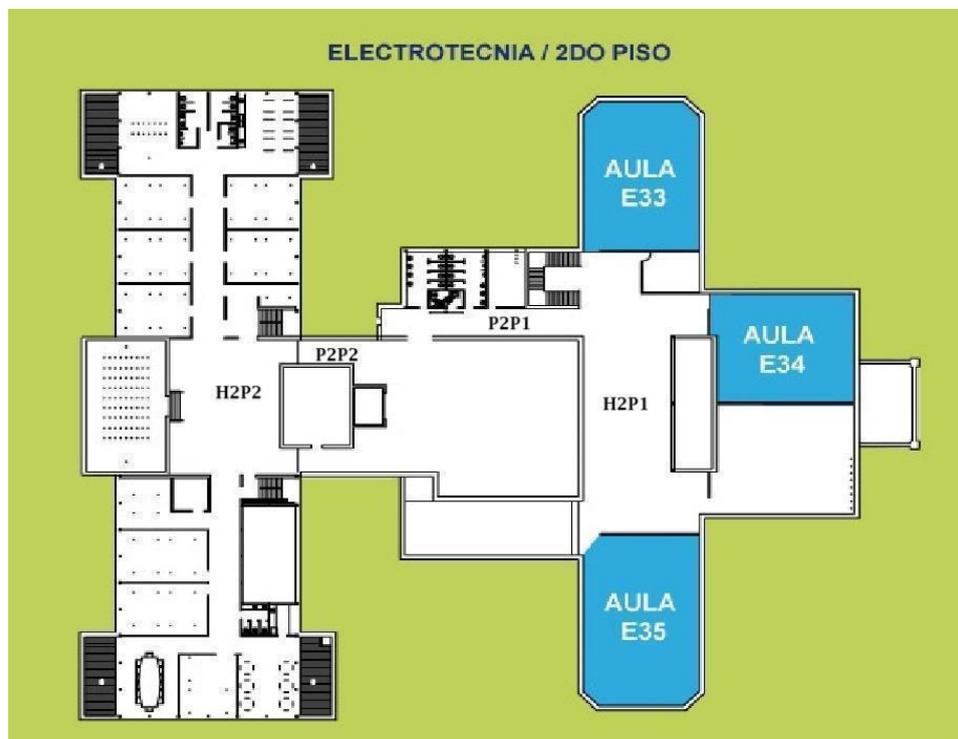


Figura 11. Plano segundo piso.

II. Anexo 2

Se adjuntan fotografías para ilustrar ciertos de los sectores bajo estudio del edificio, se incluyen fotografías de uno de los anfiteatros, el cual no estaba en uso en ese momento y se observa que los reflectores estaban encendidos.



Figura 12. Anfiteatro E11.



Figura 13. Anfiteatro E11.

En la Fig. 14 se observa una fotografía del Hall del segundo piso, el cual cuenta con una amplia iluminación natural, en el momento de la fotografía las luces estaban apagadas.

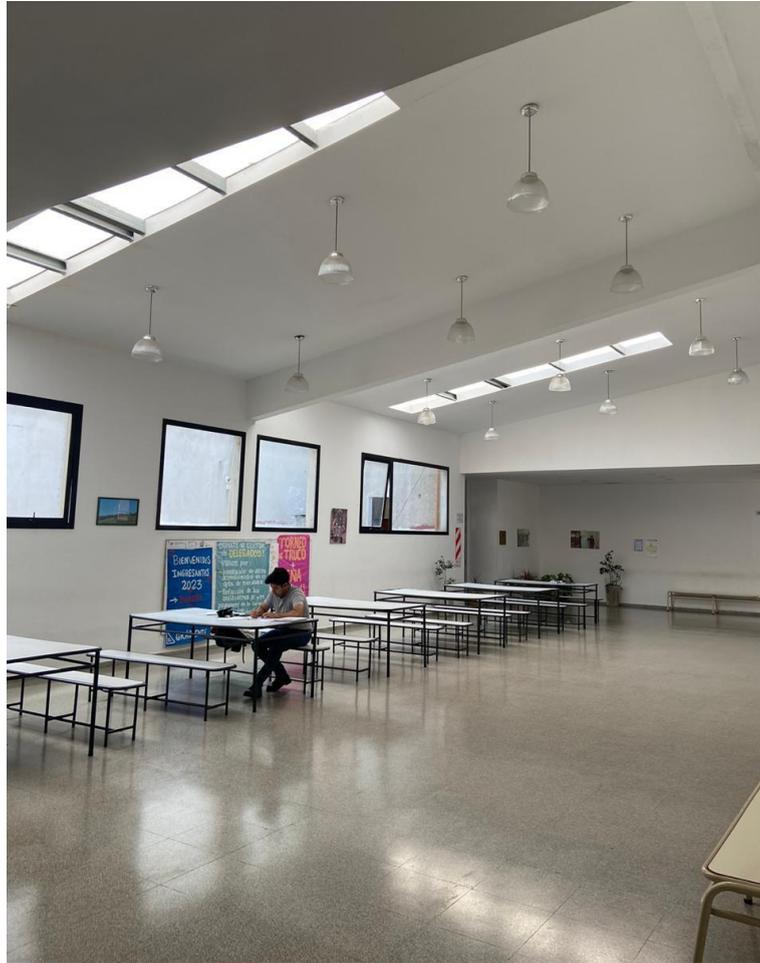


Figura 14. Hall segundo piso.

En las Figuras 15 y 16 se observan fotografías de uno de los halls y uno de los pasillos del primer piso.



Figura 15. Hall primer piso.



Figura 16. Pasillo primer piso.

III. Anexo 3

Se adjuntan capturas del Excel que tiene la facultad para designar las aulas a cada materia con su respectivo horario. Estos fueron de gran ayuda para determinar que aulas estaban en uso instante a instante para determinar la curva de carga de los espacios comunes que a su vez tiene en cuenta los pasillos y baños.

Nro	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
E11		Química Inorgánica					Máquinas e Instalaciones Eléctricas				Stmas. de Representación A (Civil, Hidráulica y Agrimensura)						
E13		Matemática B (B2)				Matemática B (B5)											
E14		Mecánica de los Fluidos									Ing. Legal (Civil)						
E15		Matemática B (B1)				Matemática B (B7)				Matemática B (B9)							
E16		Matemática A (A6) (Mod. PI)				Matemática MC5			Matemática A (A1)								
E17		Matemática B (B10)							Probabilidades y Estadística PE4								
E20		Técnicas de alta tensión					Electrónica de potencia en sistemas eléctricos										
E22									Control y Servomecanismos B								
E23		Matemática B (B4)				Matemática B (B8)											
E26		Dispositivos e Instalaciones Eléctricas I				Dispositivos Electrónicos			Electrotecnia y Electronica (Mec. - Emec.-Comp)								
E27		Circuitos y Sistemas Lineales					Hig. y Seguridad en el Trabajo			Electrotec. y Sist. Eléct. de Aeronaves							
E29			Técnicas de radiofrecuencia y microondas			Redes de Comunicaciones											
E33				Matemática A (A2)			MatePI (Grupo 5)		Electrotecnia y Electronica (Ind.)								
E34		Matemática B (B3)				Matemática B (B6)				Análisis de circuitos							
E35		Mecanismos y Elementos de Máquinas						Electrónica Industrial B					Ing. Legal (No Civil)				
46			Estructuras y Propiedades de las Aleaciones		Fractomecanica			Conformado Plástico de Materiales y Pulvimetalurgia									

Tabla 4. Aulas y horarios para el día lunes

IV. Anexo 4

Planilla de autodiagnóstico utilizada para el relevamiento de la instalación, se utilizó como referencia la Reglamentación AEA 90364-8:2019 [2], en la cual se computan las luminarias, proyectores y equipos de aire acondicionado por sector, junto con sus especificaciones, potencia del equipo, estimación de horas de uso anuales, entre otra información de relevancia para el cálculo de la demanda de la instalación.

INVENTARIO LUMINARIAS

Día de adquisición de datos 8/2/2023

Para realizar el inventario de luminarias es necesario en primer lugar identificar el área a relevar, dentro de ese área se deben agrupar las luminarias anual y en el caso de la potencia unitaria considerar también la potencia de los equipos auxiliares. Recuerde respetar las unidades especificadas en c

ID	Uso Final	Área	Cantidad de lámparas	Tipo de lámpara	Potencia Unitaria (lámpara+eq auxiliar) (W)	Horas por año (hs)	kWh/año
1	Iluminación	E11	6	Reflector	250.00	3,000.00	4,500,000.00
2	Iluminación	E11	6	Tubo led	105.00	3,000.00	1,890,000.00
3	Iluminación	E13	2	LED	50.00	3,000.00	300,000.00
4	Iluminación	E13	4	LED	55.00	3,000.00	660,000.00
5	Iluminación	E14	1	LED	16.00	3,000.00	48,000.00
6	Iluminación	E14	6	Reflector	250.00	1,140.00	1,710,000.00
7	Iluminación	E14	6	Tubo led	105.00	3,000.00	1,890,000.00
8	Iluminación	E15	2	Tubo fluorescente	36.00	3,000.00	216,000.00
9	Iluminación	E15	8	LED	55.00	3,000.00	1,320,000.00
10	Iluminación	E15	2	LED	50.00	3,000.00	300,000.00
11	Iluminación	E16	4	LED	55.00	2,192.00	482,240.00
12	Iluminación	E16	2	LED	50.00	2,192.00	219,200.00
13	Iluminación	E17	6	LED	55.00	1,939.00	639,870.00
14	Iluminación	E20	2	Bajo consumo (Fluorescente compacta)	85.00	1,675.00	284,750.00
15	Iluminación	E22	1	Bajo consumo (Fluorescente compacta)	85.00	1,417.00	120,445.00
16	Iluminación	E22	1	LED	50.00	1,417.00	70,850.00
17	Iluminación	E23	6	Bajo consumo (Fluorescente compacta)	85.00	1,870.00	953,700.00
18	Iluminación	E23	4	LED	50.00	1,870.00	374,000.00
19	Iluminación	E26	4	LED	55.00	1,865.00	410,300.00
20	Iluminación	E26	3	Bajo consumo (Fluorescente compacta)	85.00	1,865.00	475,575.00
21	Iluminación	E27	3	LED	50.00	2,163.00	324,450.00
22	Iluminación	E27	7	Bajo consumo (Fluorescente compacta)	85.00	2,163.00	1,286,985.00

23	Iluminación	E29	3	LED	55.00	1,529.00	252,285.00
24	Iluminación	E29	4	Bajo consumo (Fluorescente compacta)	85.00	1,529.00	519,860.00
25	Iluminación	E33	28	Bajo consumo (Fluorescente compacta)	36.00	2,072.00	2,088,576.00
26	Iluminación	E33	15	LED	48.00	2,072.00	1,491,840.00
27	Iluminación	E34	24	LED	18.00	2,596.00	1,121,472.00
28	Iluminación	E34	10	LED	8.00	2,596.00	207,680.00
29	Iluminación	E35	96	Bajo consumo (Fluorescente compacta)	36.00	2,289.00	7,910,784.00
30	Iluminación	E35	5	LED	48.00	2,289.00	549,360.00
31	Iluminación	E46	10	LED	105.00	2,289.00	2,403,450.00
32	Iluminación	AM1	8	LED	105.00	816.00	685,440.00
33	Iluminación	AM2	8	LED	105.00	1,268.00	1,065,120.00
34	Iluminación	PB Pasillo 1	1	LED	15.00	3,144.00	47,160.00
35	Iluminación	PB Pasillo 1	2	LED	40.00	3,144.00	251,520.00
36	Iluminación	PB HALL	12	LED	48.00	3,144.00	1,810,944.00
37	Iluminación	PB HALL	3	LED	60.00	3,144.00	565,920.00
38	Iluminación	PB HALL	2	LED	40.00	3,144.00	251,520.00
39	Iluminación	PPB6	2	LED	40.00	3,144.00	251,520.00
40	Iluminación	PB pasillo 3	10	LED	40.00	3,144.00	1,257,600.00
41	Iluminación	PB pasillo 4	2	LED	40.00	3,144.00	251,520.00
42	Iluminación	PB pasillo 4	1	LED	54.00	3,144.00	169,776.00
43	Iluminación	Baños PB	14	LED	11.00	3,144.00	484,176.00
44	Iluminación	PB pasillo 4	1	Bajo consumo (Fluorescente compacta)	12.00	3,144.00	37,728.00
45	Iluminación	Escalera SS	2	LED	16.00	3,144.00	100,608.00
46	Iluminación	Pasillos SS	17	LED	16.00	3,144.00	855,168.00
47	Iluminación	Pasillos SS	3	LED	40.00	3,144.00	377,280.00
48	Iluminación	Pasillos SS	3	Bajo consumo (Fluorescente compacta)	36.00	3,144.00	339,552.00
49	Iluminación	Pasillos SS	4	Tubo fluorescente	110.00	3,144.00	1,383,360.00
50	Iluminación	Pasillos SS	3	LED	18.00	3,144.00	169,776.00
51	Iluminación	Pasillos SS	1	LED	16.00	3,144.00	50,304.00
52	Iluminación	Baños SS	14	LED	11.00	3,144.00	484,176.00
53	Iluminación	Hall PP Adelante	9	LED	50.00	3,144.00	1,414,800.00

54	Iluminación	Hall PP Atras	12	LED	50.00	3,144.00	1,886,400.00
55	Iluminación	Pasillos PP	7	LED	50.00	3,144.00	1,100,400.00
56	Iluminación	Pasillos PP	1	LED	25.00	3,144.00	78,600.00
57	Iluminación	Pasillos PP	1	LED	60.00	3,144.00	188,640.00
58	Iluminación	Pasillos PP	3	LED	40.00	3,144.00	377,280.00
59	Iluminación	Baños PP	16	LED	11.00	3,144.00	553,344.00
60	Iluminación	Escaleras	8	LED	16.00	3,144.00	402,432.00
61	Iluminación	Hall SP Ad	12	LED	48.00	3,144.00	1,810,944.00
62	Iluminación	Hall SP At	15	LED	8.00	3,144.00	377,280.00
63	Iluminación	Hall SP At	9	LED	25.00	3,144.00	707,400.00
64	Iluminación	Hall SP At	6	LED	50.00	3,144.00	943,200.00
65	Iluminación	Pasillos SP	4	LED	18.00	3,144.00	226,368.00
66	Iluminación	Pasillos SP	6	LED	8.00	3,144.00	150,912.00
67	Iluminación	Baños SP	16	LED	18.00	3,144.00	905,472.00
68	Iluminación	SCF1	9	LED	48.00	786.00	339,552.00
69	Iluminación	SCF2	6	LED	48.00	786.00	226,368.00
70	Iluminación	Baño profesores	10	LED	18.00	3144	565,920.00

Totales	
Aulas	37,338,152.00
Baños	2,993,088.00
Pasillos	17,835,912.00
Totales Luminarias	58,167,152.00

INVENTARIOS DE PROYECTORES	
Día de adquisición de datos	8/2/2023

ID	Uso Final	Equipo	Cantidad	Potencia nominal unitaria (kW)	Horas por año (hs)	Factor de Carga (%)	Consumo Anual kWh/año	Ubicación
1	Proyectar diapositivas						-	E11
2	Proyectar diapositivas	Viewsonic	1	0.25	2290	50%	286.25	E13
3	Proyectar diapositivas						-	E14
4	Proyectar diapositivas	Epson h558a	1	0.27	2389	50%	322.52	E15
5	Proyectar diapositivas	Viewsonic	1	0.25	2192	50%	274.00	E16
6	Proyectar diapositivas	Viewsonic	1	0.25	1939	50%	242.38	E17
7	Proyectar diapositivas	DELL	1	0.37	1675	50%	309.88	E20
8	Proyectar diapositivas	Viewsonic	1	0	1417	50%	177.13	E22
9	Proyectar diapositivas	Epson h558a	1	0.27	1870	50%	252.45	E23
10	Proyectar diapositivas	Viewsonic	1	0.25	1865	50%	233.13	E26
11	Proyectar diapositivas	Epson h558a	1	0.27	2163	50%	292.01	E27
12	Proyectar diapositivas	Viewsonic	1	0.25	1529	50%	191.13	E29
13	Proyectar diapositivas	Viewsonic	1	0.25	2072	50%	259.00	E33
14	Proyectar diapositivas	Viewsonic	1	0.25	2596	50%	324.50	E34
15	Proyectar diapositivas	Viewsonic	1	0.25	2289	50%	286.13	E35
16	Proyectar diapositivas	Viewsonic	1	0.25	1325	50%	165.63	E46
17	Proyectar diapositivas	Viewsonic	1	0.25	816	50%	102.00	AM1
18	Proyectar diapositivas	Viewsonic	1	0.25	1268	50%	158.50	AM2
19	Proyectar diapositivas	Viewsonic	1	0.25	786.00	50%	98.25	SCF1
20	Proyectar diapositivas	Viewsonic	1	0.25	786.00	50%	98.25	SCF2

Totales
4,073.10

INVENTARIOS DE AIRES ACONDICIONADOS

Día de adquisición de datos 8/2/2023

ID	Uso Final	Equipo	Cantidad	Potencia nominal unitaria (W)	Horas por año (hs)	Factor de Carga (%)	Consumo Anual Wh/año	Ubicación
1							-	E11
2	Enfriamiento	TRANE	1	650	2290	50%	744,250.00	E13
3	Climatización	Aire BGH	1	3600	2290	50%	4,122,000.00	E13
4							-	E14
5	Climatización	GREE aire acondicionado	2	1200	2389	50%	2,866,800.00	E15
6	Climatización	Aire BGH	2	3600	2192	50%	7,891,200.00	E16
7	Climatización	LG	2	2130	1939	50%	4,130,070.00	E17
8	Enfriamiento	Ventilador liliana	1	60	1675	50%	50,250.00	E20
9	Enfriamiento	Cardia (no anda)	1			50%	-	E20
10	Enfriamiento	Ventilador liliana	1	60	1417	50%	42,510.00	E22
11	Enfriamiento	Cardia (no funciona)	1			50%	-	E22
12	Climatización	LG	2	2130	1870	50%	3,983,100.00	E23
13	Enfriamiento	Ventilador liliana	2	60	1865	50%	111,900.00	E26
14	Climatización	LG	2	2130	2163	50%	4,607,190.00	E27
15	Enfriamiento	Ventilador liliana	2	60	1529	50%	91,740.00	E29
16	Climatización	LG	3	2130	2072	50%	6,620,040.00	E33
17	Climatización	LG	3	2130	2596	50%	8,294,220.00	E34
18	Climatización	LG	4	2130	2289	50%	9,751,140.00	E35
19	Climatización	LG	2	2130	786.00	50%	1,674,180.00	SCF1
20	Climatización	LG	2	2130	786.00	50%	1,674,180.00	SCF2

Totales
56,654,770.00

Tabla 5. Relevamiento de los espacios comunes

Resumen potencia luminarias por tipo de tecnología:

POR TIPO DE TECNOLOGIA	[W]	%
LED	17558	71,35%
Bajo consumo	6539	26,57%
Tubo Fluorescente	512	2,08%
Total potencia:	24609	100%

Tabla 6. Porcentajes de tipos de tecnología

Potencia luminarias por tipo de tecnología

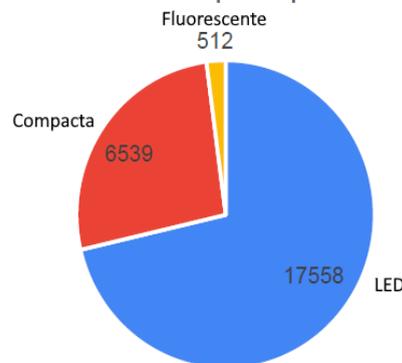


Gráfico 2. Porcentajes por tipo de luminaria

A continuación se muestra la potencia por espacio, aulas, baños y pasillos. Estos valores fueron de utilidad a la hora de aplicar las 4 medidas de EEE.

	Potencia por espacio
Pasillos	5961
Baños	952
E11	2130
E13	300
E14	2130
E15	612
E16	320
E17	330
E20	170
E22	135
E23	710
E26	475
E27	745
E29	505
E33	1728
E34	512
E35	3696
46	1050
AM1	840
AM2	840

Tabla 7. Potencia por espacio

V. Anexo 5

Para la determinación de la iluminancia general del edificio, se realizaron mediciones en distintos sectores, siendo pasillos, halls de estudio y determinadas aulas, para tener una visión general de la situación en cuanto al nivel de iluminación y lo que especifica la norma que fue tomada de referencia en este trabajo UNE-EN 12464:2022 [1]. Primero se debió relevar las dimensiones de los sectores, para el cálculo de cantidad de puntos de medición por sector.

La nomenclatura de los sectores está especificada en los planos del edificio. Se seleccionaron espacios de tal manera que fuera representativo el estudio, en particular se seleccionaron zonas del segundo piso, primer piso y aulas del subsuelo. La condición de iluminancia mínima se considera:

- Aulas: sobre el banco de trabajo mínimo 500 LUX.
- Pizarrón: mínimo 1000 LUX.
- Pasillos: mínimo 200 LUX.

Para el Hall H2P1 siendo que es una zona de estudio, se consideró como mínimo sobre el banco de trabajo 500 LUX.

El luxómetro TES 1336 utilizado para las mediciones es el visualizado en la Fig. 17.



Figura 17. Luxómetro utilizado para las mediciones de iluminancia.

Sector relevado	Promedio [LUX]	Condición E mínima \geq (E media)/2	Condición iluminancia mínima
Aula E35	587,75	CUMPLE	CUMPLE
Pizarrón E35	443,5	CUMPLE	NO CUMPLE
Hall H2P1	749,5	NO CUMPLE	CUMPLE
Pasillo P2P1	173,55	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Aula E26	259,87	CUMPLE	NO CUMPLE
Pizarrón E26	324,5	CUMPLE	NO CUMPLE
Aula E23	251,62	CUMPLE	NO CUMPLE
Pizarrón E23	141,5	CUMPLE	NO CUMPLE
Pasillo P1P1	111,75	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Aula Materiales (subsuelo)	348,22	CUMPLE	NO CUMPLE
Aula Materiales II (subsuelo)	461,83	CUMPLE	NO CUMPLE
Pizarrón Aula Mat. II	241,33	CUMPLE	NO CUMPLE

Tabla 8. Condiciones de iluminancia

VI. Anexo 6

Fotografías de los equipos analizadores de red HIOKI 3198 POWER QUALITY ANALIZER y HIOKI PW3198 colocados en el tablero principal del edificio y en el tablero del IITREE respectivamente.



Figura 18. Equipos HIOKI instalados en los tableros del edificio.



Figura 19 Equipos HIOKI instalados en los tableros del edificio.



Figura 20. Equipos HIOKI instalados en los tableros del edificio, vista pinzas de tensión.



Figura 20. Equipos HIOKI instalados en los tableros del edificio, vista pinzas de corriente.

A continuación se muestra un extracto de los datos entregados por el equipo.

Date	Time	AvgUrms1	AvgUrms2	AvgUrms3	AvgIrms1	AvgIrms2	AvgIrms3	AvgP1	AvgP2	AvgP3	AvPsum
22/8/2023	15:20:00	225,90	226,20	225,09	102,11	86,79	93,51	22040	17600	19870	59500
22/8/2023	15:30:00	225,50	225,65	224,50	98,38	86,01	91,50	21150	17400	19470	58000
22/8/2023	15:40:00	223,97	223,96	222,85	97,34	84,54	96,94	20810	17020	20580	58400

AvgS1	AvgS2	AvgS3	AvgSsum	AvgQ1	AvgQ2	AvgQ3	AvQsum	AvgPF1	AvgPF2	AvgPF3	AvPFsum
23030	19610	20920	63600	-6100	-8580	-6460	-21100	-1,00	-0,97	-0,98	-0,98
22150	19400	20500	62000	-6390	-8570	-6380	-21300	-1,00	-0,97	-0,98	-0,98
21780	18910	21500	62200	-6370	-8220	-6180	-20800	-1,00	-0,97	-0,98	-0,98

AvgUunb	AvgIunb	AvgUthd1	AvgUthd2	AvgUthd3	AvgIthd1	AvgIthd2	AvgIthd3
0,27	9,65	1,87	1,68	1,95	28,44	40,53	24,06
0,30	8,64	1,90	1,68	1,95	28,55	39,94	23,88
0,29	10,11	1,87	1,66	1,95	28,28	39,11	22,29

Tabla 9. Datos registrados por los instrumentos de calidad de servicio

Hioki, modelo PW3198, S/N 161133501, cuyas principales especificaciones se detallan a continuación:

Es un equipo trifásico de Calidad de Energía que mide tensiones, corrientes, distintas variables vinculadas a energía (energía activa, reactiva, aparente, factor de potencia; etc.), armónicas hasta la 50ª, flicker (o parpadeo) según IEC, desbalances en tensiones y corrientes, y oscilogramas que pueden ser disparados ante la presencia de determinados eventos en la tensión y/o la corriente.

Es apto para ser instalado directamente en tableros de BT o, a través de transformadores de medición, para efectuar mediciones en MT o AT. Cuenta con dos juegos de pinzas de corriente, cada uno de ellos para las dos modalidades de instalación descriptas, es decir para mediciones directas o indirectas.

La información registrada, con un intervalo de integración configurable entre 1 segundo y 2 horas (en el caso de este trabajo, se tomó un intervalo entre muestras de 10 minutos), es almacenada en la memoria propia del instrumento, y luego es posible transferirla a una computadora que cuente con un software provisto por el fabricante. A través de este software, la información registrada puede ser analizada en detalle y exportada a un formato de texto estándar, apropiado para ser analizado con programas tales como planillas de cálculo.

El equipo también fue configurado para el monitoreo de eventos transitorios en tensiones y corrientes.

VII. Anexo 7

El Registrador de Tensión Monofásico Modelo: REG-1P-2G marca PENTACOM utilizado para el cálculo de tiempos de utilización de uno de los pasillos más transitados del edificio. Este dispositivo es utilizado para determinar calidad de servicio, registra cortes de energía, por lo cual fue conectado a la salida del sensor de movimiento colocado en dicho pasillo, cuando el sensor no detecta movimiento, en el registro figura como evento de interrupción y contabiliza el tiempo hasta la restitución de la energía, en este caso sería la detección de movimiento por parte del sensor.

El registrador fue colocado durante un día de funcionamiento normal del edificio, el sensor colocado en la opción de tiempo mínimo (aproximadamente 15 segundos). En la Tabla 10 se presentan los tiempos totales de apagado de las luminarias del pasillo.

Horas registradas	Tiempo apagado registrado	Valores porcentuales APAGADO en una hora	Valores porcentuales ENCENDIDO en una hora
6:00	00:59:46	99,61%	0,39%
7:00	00:59:28	99,11%	0,89%
8:00	00:56:37	94,36%	5,64%
9:00	00:56:03	93,42%	6,58%
10:00	00:42:45	71,25%	28,75%
11:00	00:48:10	80,28%	19,72%
12:00	00:47:14	78,72%	21,28%
13:00	00:45:27	75,75%	24,25%
14:00	00:45:20	75,56%	24,44%
15:00	00:45:22	75,61%	24,39%
16:00	00:51:52	86,44%	13,56%
17:00	00:54:15	90,42%	9,58%
18:00	00:52:18	87,17%	12,83%
19:00	00:57:55	96,53%	3,47%
20:00	00:58:10	96,94%	3,06%
21:00	00:58:02	96,72%	3,28%
22:00	1:00:00	100%	0%

Tabla 10. Valores registrados en los pasillos.

Extracto hoja de cálculos Excel de la configuración del **registrador REG-1P-2G** junto con los últimos registros del día 11/10/2023.

Column1	Column2	Column3	Column4
REGISTROS DE EVENTOS			
Versión del Software:	Registrador REG-1P-2G v1.27.7		
Versión del Firmware:	4.7		
Número de serie:	55084		
Tensión Nominal:	220.0V		
Frecuencia:	50Hz		
Fecha Configuración:	09/10/2023 17:39:29		
Tiempo Reposición:	5seg		
Sobre Tensión:	264.0V		
Sub Tensión:	165.0V		
Interrupción:	110.0V		
FECHA Y HORA INICIO	FECHA Y HORA FIN	TENSION/ACCION	EVENTO
11/10/2023 14:59:39	11/10/2023 14:59:49	Lectura Eventos	Transmisión de Datos
11/10/2023 14:21:30	11/10/2023 14:58:03	0.0V	Interrupción
11/10/2023 14:19:32	11/10/2023 14:20:52	0.0V	Interrupción
11/10/2023 14:17:34	11/10/2023 14:18:57	0.0V	Interrupción
11/10/2023 14:15:11	11/10/2023 14:17:15	0.0V	Interrupción
11/10/2023 14:13:01	11/10/2023 14:14:45	0.0V	Interrupción

Tabla 11. Configuración y registros del registrador.



Figura 8. Registrador de tensión monofásico PENTACOM.



Figura 21. Registrador instalado en bandeja.

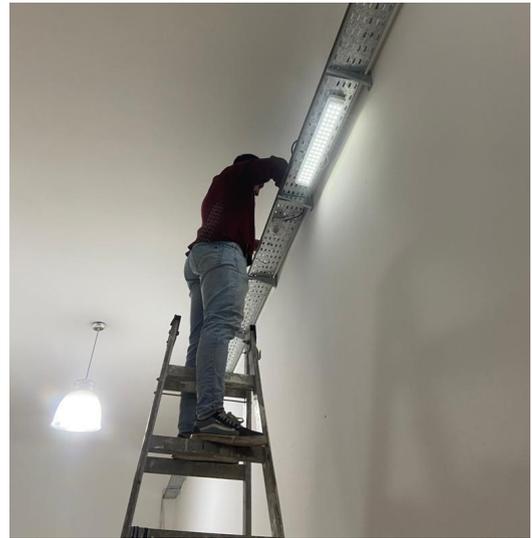


Figura 22. Instalación del sensor de movimiento y registrador de tensión en el pasillo del primer piso.

VIII. Anexo 8

Gráficos por medidas respecto de los espacios comunes sin ninguna medida.

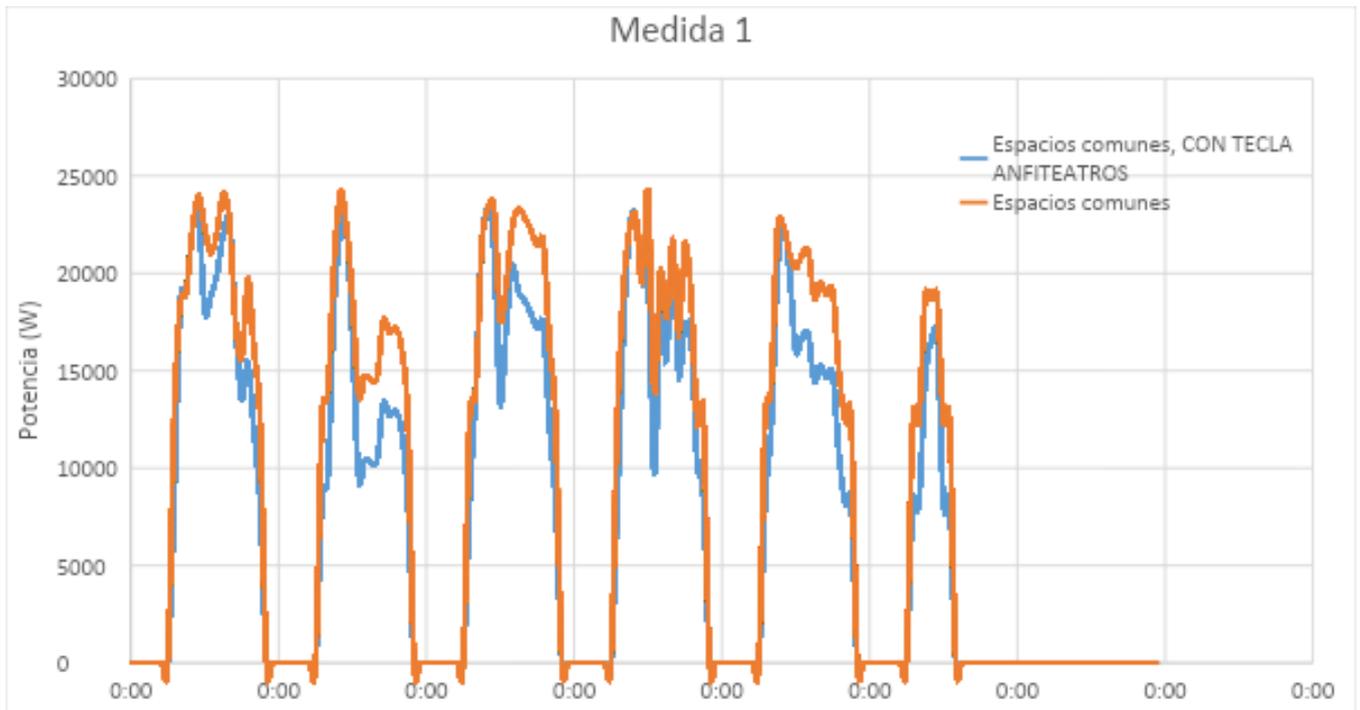


Gráfico 3. Curva de carga de los espacios comunes con la medida 1

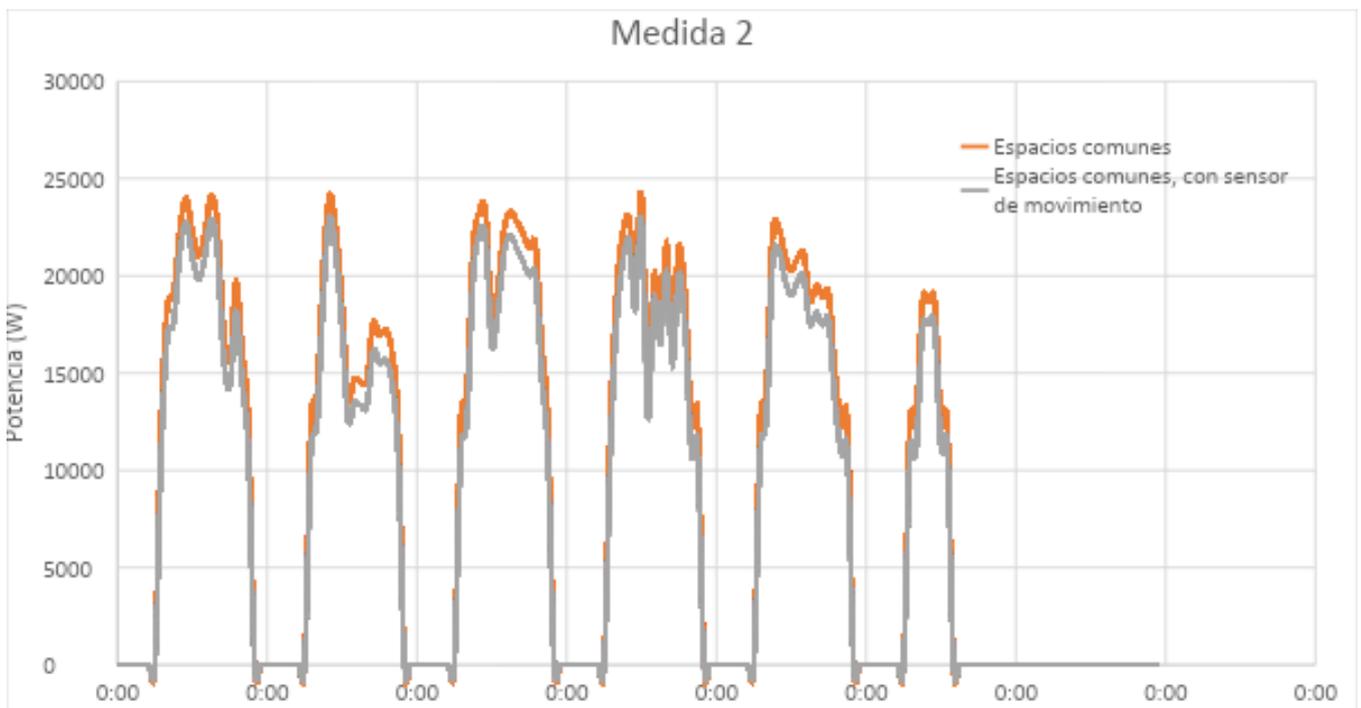


Gráfico 4. Curva de carga de los espacios comunes con la medida 2

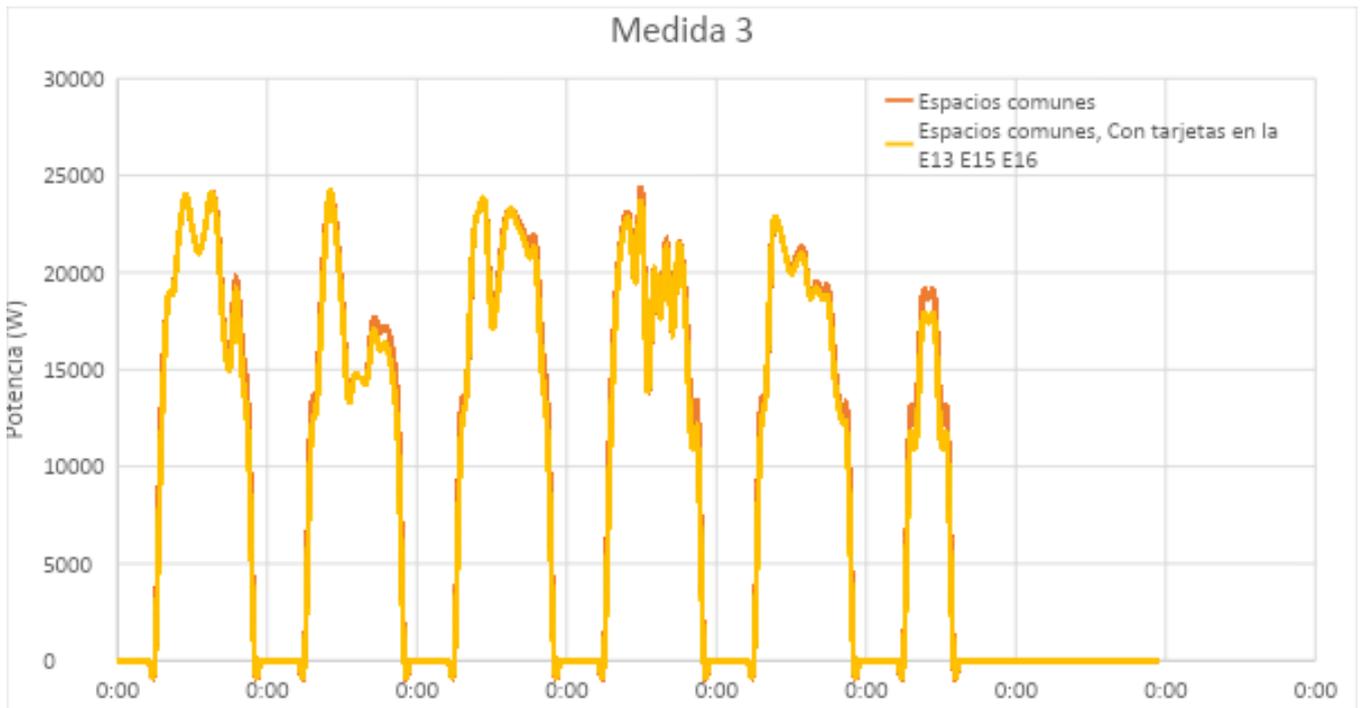


Gráfico 5. Curva de carga de los espacios comunes con la medida 3

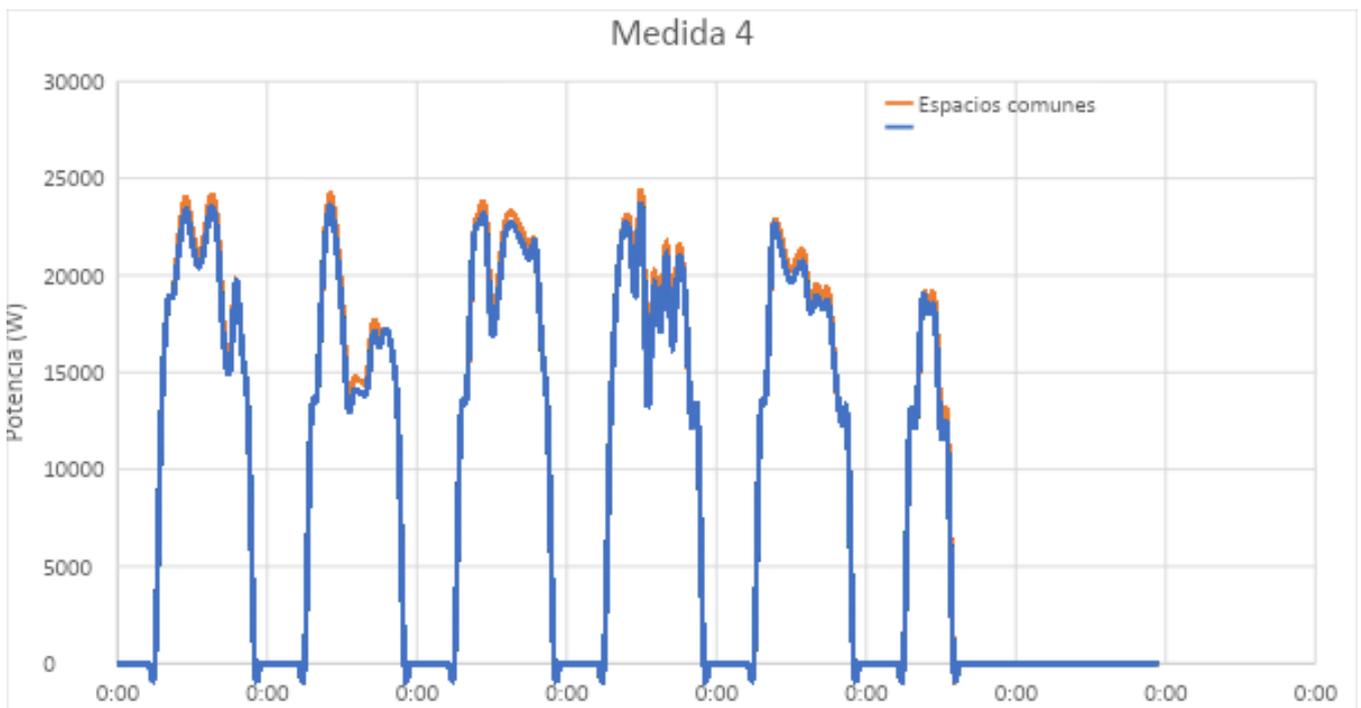


Gráfico 6. Curva de carga de los espacios comunes con la medida 4

IX. Anexo 9

Para la medida de control de luminarias del Hall del segundo piso, con la programación de un Arduino 1, un fotorresistor y un relé, se realizó un prototipo para este control. Se tuvo acceso al tablero del segundo piso y se realizó el cableado de tal manera de instalar la celda en una claraboya del pasillo contiguo al hall, ya que la luz natural se consideró representativa y era de fácil acceso. Se armó una caja para su colocación, se midió la corriente que circulaba por el conductor que alimentaba a las luminarias para comprobar que se podía utilizar el relé con el cual se contaba, se instaló la celda y se controlaron los valores leídos por la fotorresistencia para la correcta automatización de la iluminación, considerando que el criterio utilizado fue 500 lux sobre el banco como mínimo.

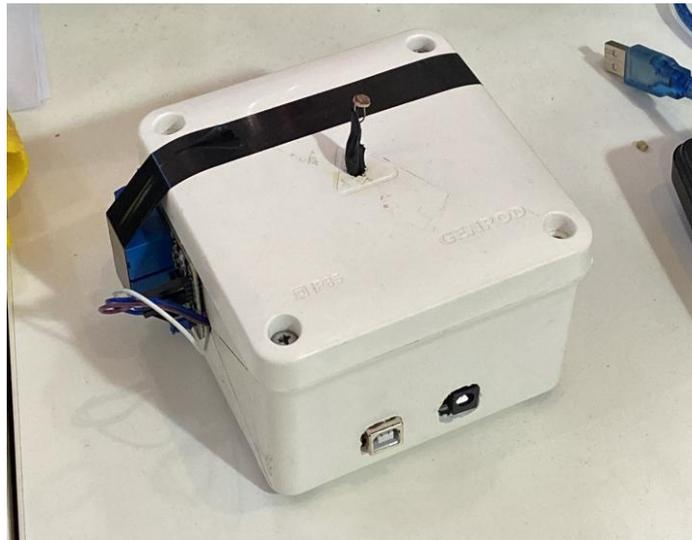


Figura 23. Caja envolvente con fotorresistencia, Arduino 1 y relé.



Figura 24. Cableado e instalación de la celda de control en panel de pasillo del segundo piso, medición de corriente de conductor del interruptor de Hall.



Figura 25 Colocación de celda y control de valores de lux para su programación.

X. Anexo 10

Flujo de fondos de las propuestas de mejora.

Medida 1	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Ahorro	\$ 0.00	\$ 141,867.02	\$ 141,867.02	\$ 141,867.02	\$ 141,867.02
Egreso	-\$ 37,000.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
Flujo total	-\$ 37,000.00	\$ 141,867.02	\$ 141,867.02	\$ 141,867.02	\$ 141,867.02
VAN	\$ 77,903.08				
TIR	383%				

Tabla 12. Flujo de fondos de la medida 1

Medida 2	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Ahorro	\$ 0.00	\$ 67,227.17	\$ 67,227.17	\$ 67,227.17	\$ 67,227.17
Egreso	-\$ 82,000.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
Flujo total	-\$ 82,000.00	\$ 67,227.17	\$ 67,227.17	\$ 67,227.17	\$ 67,227.17
VAN	-\$ 27,550.35				
TIR	73%				

Tabla 13. Flujo de fondos de la propuesta 2

Medida 3	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Ahorro	\$ 0.00	\$ 23,985.78	\$ 23,985.78	\$ 23,985.78	\$ 23,985.78
Egreso	-\$ 15,000.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
Flujo total	-\$ 15,000.00	\$ 23,985.78	\$ 23,985.78	\$ 23,985.78	\$ 23,985.78
VAN	\$ 4,426.92				
TIR	156%				

Tabla 14. Flujo de fondos de la propuesta 3

Medida 4	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Ahorro	\$ 0.00	\$ 17,328.89	\$ 17,328.89	\$ 17,328.89	\$ 17,328.89
Egreso	-\$ 9,900.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
Flujo total	-\$ 9,900.00	\$ 17,328.89	\$ 17,328.89	\$ 17,328.89	\$ 17,328.89
VAN	\$ 4,135.28				
TIR	172%				

Tabla 15. Flujo de fondos de la propuesta 4

Medidas aplicadas todas juntas	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Ahorro	0	\$ 250,408.86	\$ 250,408.86	\$ 250,408.86	\$ 250,408.86
Egreso	-\$ 143,900.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
Flujo total	-\$ 143,900.00	\$ 250,408.86	\$ 250,408.86	\$ 250,408.86	\$ 250,408.86
VAN	\$ 58,914.92				
TIR	171%				

Tabla 16. Flujo de fondos de la propuesta total

A continuación se presenta la caracterización de la inversión para cada medida.

Medida 1		Medida 2		Medida 3		Medida 4	
Cable tipo taller 2x2,5 mm 100 m	\$ 32,000.00	Sensor de movimiento. Cantidad 10	\$ 50,000.00	Tarjeta corta luz. Cantidad 3	\$ 15,000.00	Cable tipo taller 2x2,5 mm 10 m	\$ 3,200.00
Interruptor de 10 A. Cantidad 2	\$ 5,000.00	Cable tipo taller 2x2,5 mm 100 m	\$ 32,000.00			Arduino	\$ 1,500.00
TOTAL	\$ 37,000.00	TOTAL	\$ 82,000.00	TOTAL	\$ 15,000.00	Fotoresistencia	\$ 700.00
						Caja Genrod	\$ 4,500.00
						TOTAL	\$ 9,900.00

Tabla 17. Elementos necesarios para cada medida

XI. Anexo 11

Cálculo de las pérdidas por armónicos de los conductores. Ubicación de tableros y resistencia de cables.

Al contrastar con la resolución del ENRE n° 99/97¹ [4] se verificó que, en la medición de una semana, los valores de corrientes armónicas superan los valores permitidos en periodos mayores al 5% del periodo contemplado (límite superior exigido por la normativa).

Orden de la armónica (n)	Usuarios T1 Intensidad armónica máxima, en (A)	Usuarios T2 y T3 en BT y MT Intensidad armónica máxima, como % de la corriente de carga contratada.	Usuarios T3 en AT Intensidad armónica máxima, como % de la corriente de carga contratada.
IMPARES NO MÚLTIPLOS DE 3			
5	2,28	12,0	6,0
7	1,54	8,5	5,1
11	0,66	4,3	2,9
13	0,42	3,0	2,2
17	0,26	2,7	1,8
19	0,24	1,9	1,7
23	0,20	1,6	1,1
25	0,18	1,6	1,1
> 25	4,5/n	0,2+0,8*25/n	0,4
IMPARES MÚLTIPLOS DE 3			
3	4,60	16,6	7,5
9	0,80	2,2	2,2
15	0,30	0,6	0,8
21	0,21	0,4	0,4
> 21	4,5/n	0,3	0,4
Pares			
2	2,16	10,0	10,0
4	0,86	2,5	3,8
6	0,60	1,0	1,5
8	0,46	0,8	0,5
10	0,37	0,8	0,5
12	0,31	0,4	0,5
> 12	3,68/n	0,3	0,5
TDTI (en %)	-	20,0	12,0

Tabla 18. Límites de Emisión Individuales de Intensidades Armónicas para usuarios con tarifa T-1, T-2 y T-3 (ENRE 99/97)

¹ Ente nacional regulador de la electricidad en Argentina.

Date	Time	AvgI1(1)	AvgI1(3)	AvgI1(3) %	AvgI1(5)	AvgI1(5) %	AvgI1(7)	AvgI1(7) %	AvgI1(9)	AvgI1(9) %
28/8/2023	16:30	99,52	27,72	16,8%	14,51	8,8%	7,86	4,8%	2,27	1,4%
28/8/2023	16:40	94,46	27,67	16,7%	14,59	8,8%	8,03	4,9%	2,29	1,4%
28/8/2023	16:50	93,79	28,21	17,1%	15,16	9,2%	8,52	5,2%	2,09	1,3%
28/8/2023	17:00	89,68	26,83	16,2%	14,58	8,8%	8,01	4,8%	2,21	1,3%
28/8/2023	17:10	91,87	26,92	16,3%	14,45	8,7%	7,73	4,7%	2,09	1,3%
28/8/2023	17:20	92,76	27,82	16,8%	14,65	8,9%	7,6	4,6%	1,88	1,1%

Tabla 19. Extracto de tabla realizada para analizar los armónicos durante el periodo estimulado.

Sin embargo, actualmente no se perciben penalidades debido al exceso de inyección de armónicas en la red, con lo cual se prosiguió a calcular las pérdidas térmicas ocasionadas en los conductores de la instalación debido a estas corrientes para analizar si resulta necesario mitigar este fenómeno. Para ello se relevaron las secciones y longitudes de los conductores que conectan los principales tableros y se calcularon la resistencia de los mismos. Luego, se estimó el porcentaje de corriente respecto del valor medido en la entrada del departamento que circularía por cada tramo. Finalmente se calcularon las pérdidas en dichos conductores debido a las corrientes armónicas a través de:

$$P_n = (I_n)^2 R_t$$

Ecuación 1. Pérdidas en conductores por armónicas.

Donde P_n representa la potencia disipada por la n-ésima armónica de corriente I_n a través de la resistencia R_t del tramo correspondiente. A través de los cálculos y estimaciones realizadas, se considera que las pérdidas no alcanzan magnitudes que justifiquen la implementación de algún tipo de filtro en la instalación para la mitigación de los armónicos.

Pérdidas totales estimadas en los conductores de la instalación en [kWh] a lo largo de un mes	91.4
Pérdidas debido a las corrientes armónicas estimadas en los conductores de la instalación en [kWh] a lo largo de un mes	6.6

Tabla 20. Pérdidas por armónicas en un mes

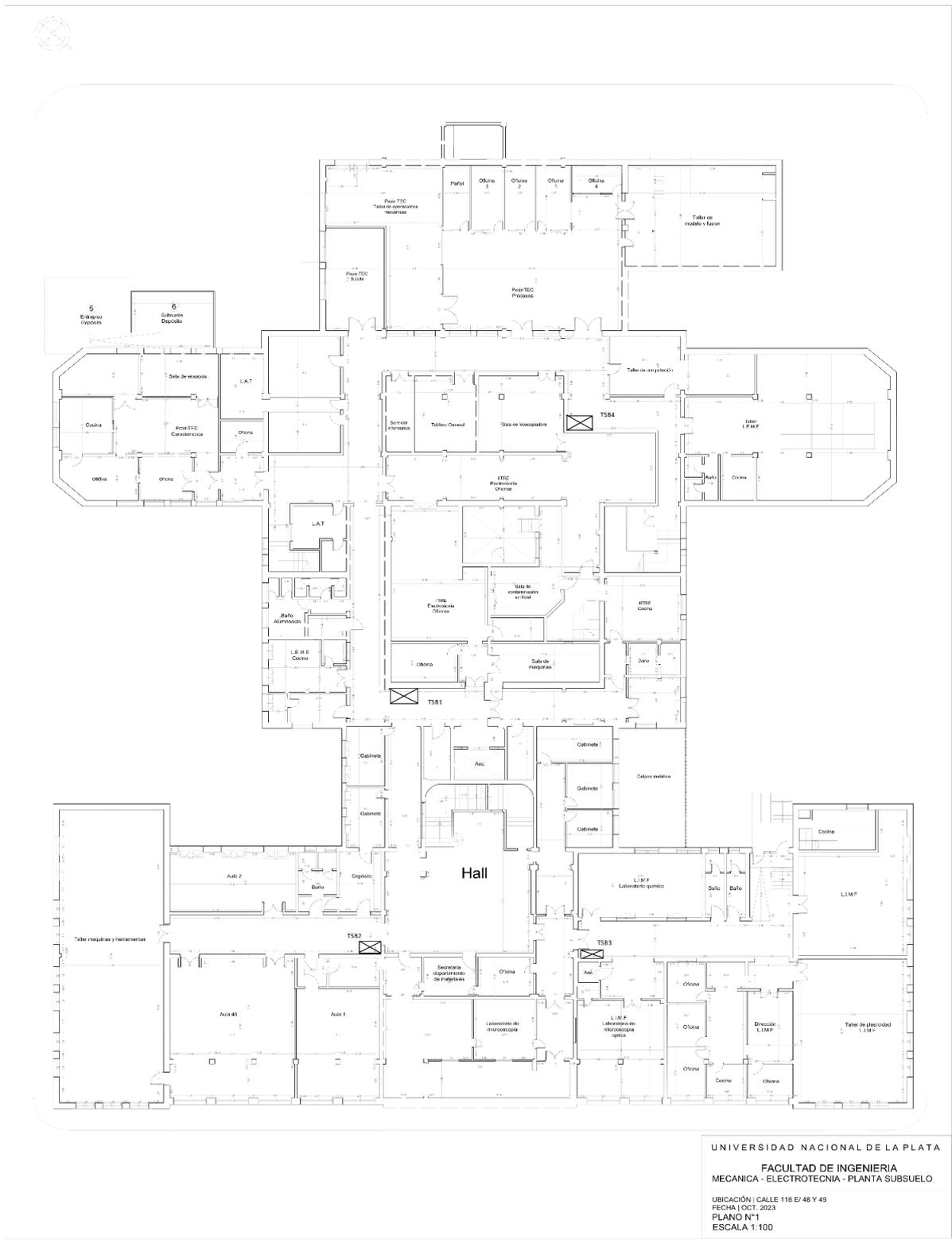


Figura 26. Ubicación de los tableros del subsuelo

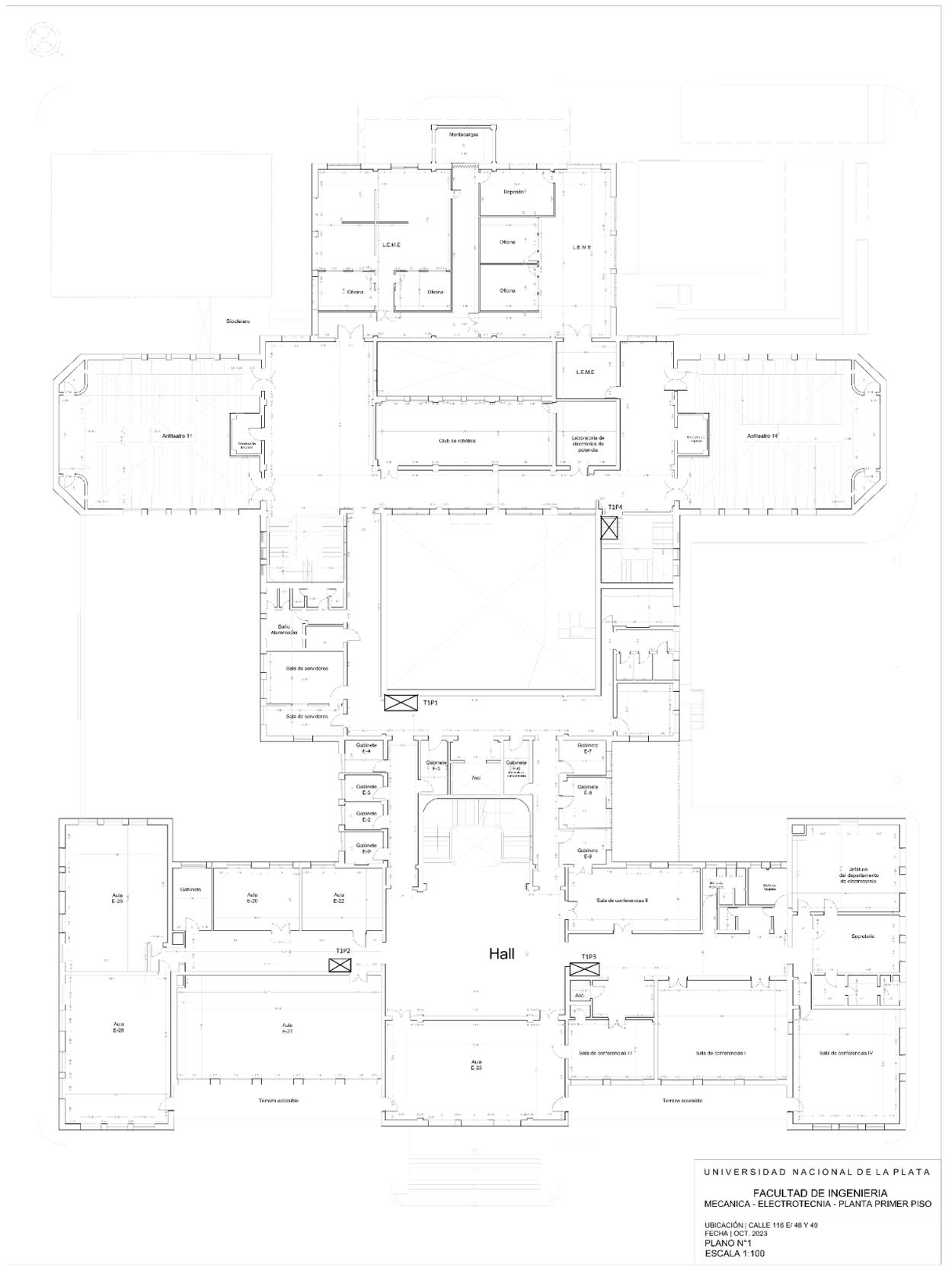


Figura 28. Ubicación de los tableros del primer piso

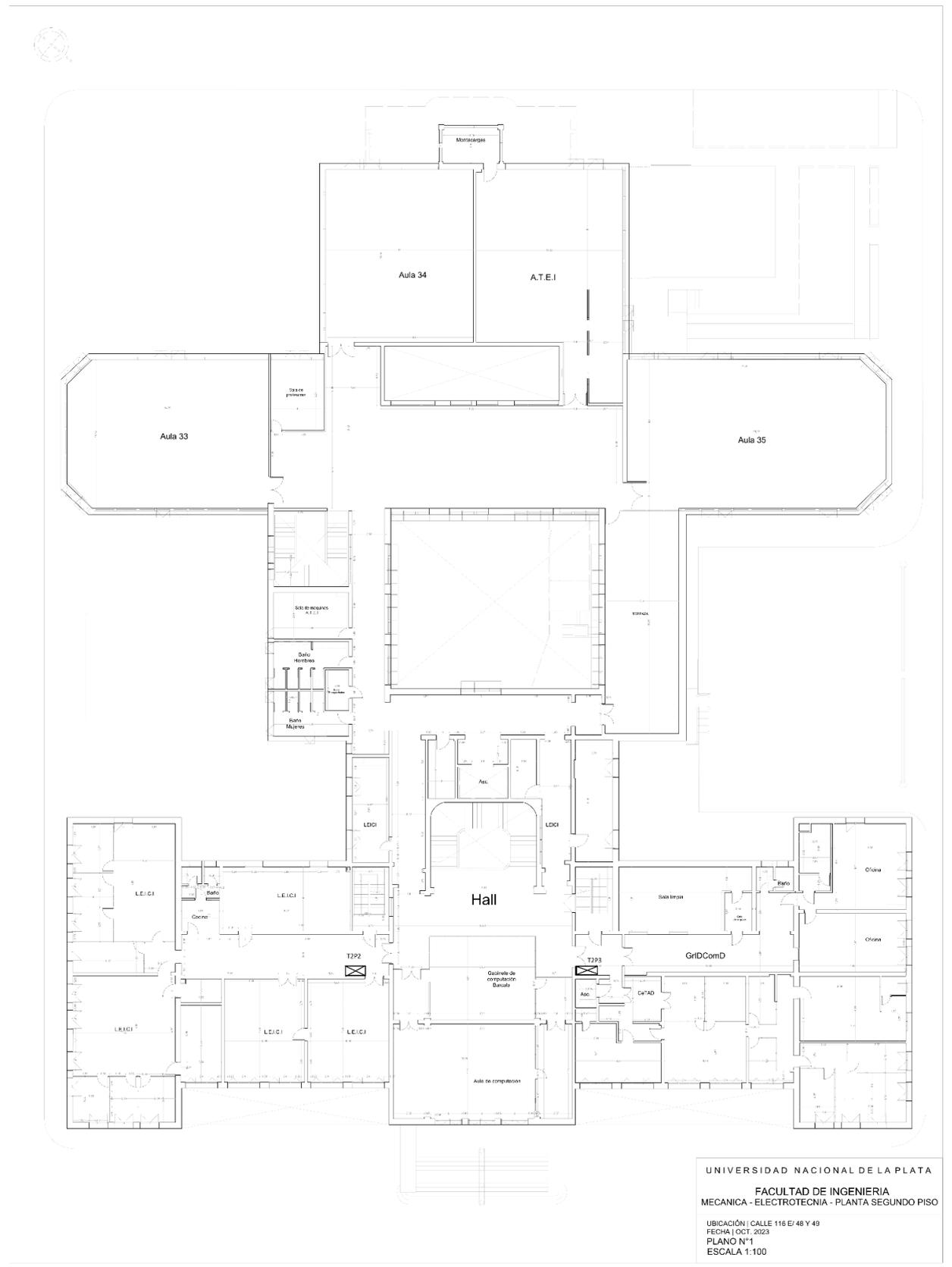


Figura 29. Ubicación de los tableros de segundo piso

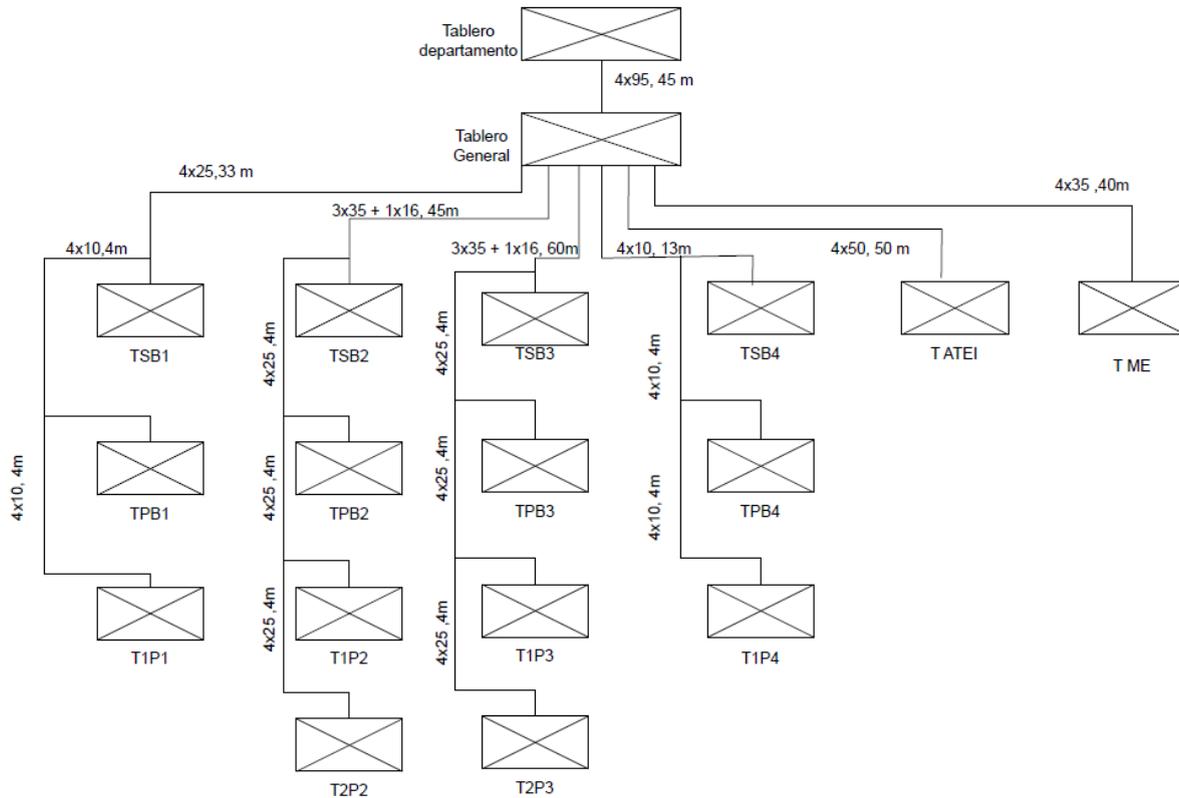


Figura 30. Diagrama de los tableros

Tramo	Sección del cable [mm ²]	Longitud [m]	Resistencia del tramo [ohms]
TD a TG	95	45	0.00927
TG a TSB1	25	33	0.02574
TG a TSB2	35	45	0.02493
TG a TSB3	35	60	0.03324
TG a TSB4	10	13	0.00191
TG a T ATEI	50	50	0.00193
TG a T ME	35	40	0.02216
TSB1 a TPB1	10	4	0.00764
TPB1 a T1P1	10	4	0.00764
TSB2 a TPB2	25	4	0.00312

TPB2 a T1P2	25	4	0.00312
T1P2 a T2P2	25	4	0.00312
TSB3 a TPB3	25	4	0.00312
TPB3 a T1P3	25	4	0.00312
T1P3 a T2P3	25	4	0.00312
TSB4 a TPB4	10	4	0.00764
TPB4 a T1P4	10	4	0.00764

Tabla 21. Resistencias por tramo

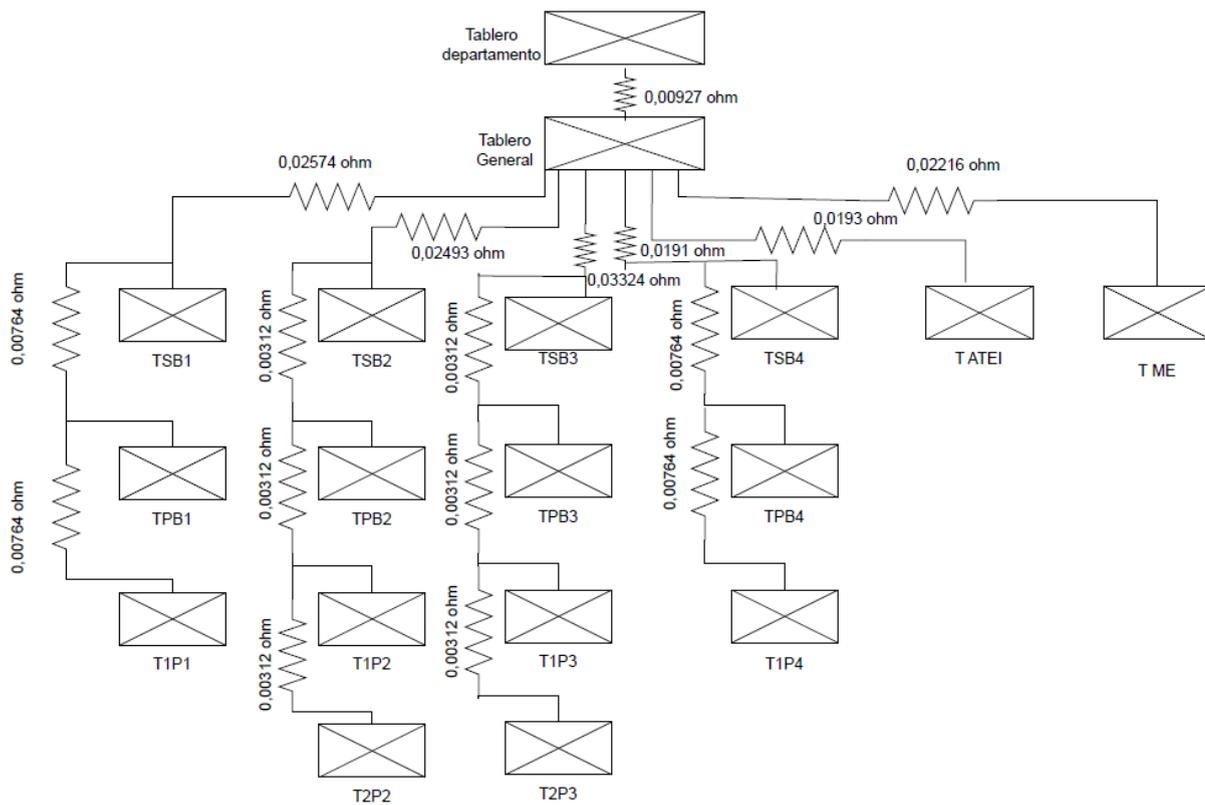


Figura 31. Diagrama con las resistencias por tramo

XII. Anexo 12

Finalmente, en cuanto al desbalance de corriente producido por la distribución de las cargas, se calculó un parámetro que permite medir el desbalance presente en la instalación utilizando el método de componentes simétricas. Para calcular las componentes de secuencia directa, inversa y homopolar de la corriente medida, se utilizó el siguiente script de matlab que trabajó con el archivo excel de las mediciones realizadas por los equipos HIOKI.

```
1 %% DESBALANCE CORRIENTES
2 clc;clear all;
3 filename = 'Departamento_Variables_Electricas.xlsx';
4 a= exp(1i*(2/3)*pi);
5 a_2= exp(-1i*(2/3)*pi);
6 phiR=acos(xlsread(filename, 'U774:U1781'));
7 phiS=acos(xlsread(filename, 'V774:V1781'));
8 phiT=acos(xlsread(filename, 'W774:W1781'));
9 IR=(xlsread(filename, 'F774:F1781').*exp(-1i*(phiR)));
10 IS=(xlsread(filename, 'G774:G1781').*(exp(1i*(-((2/3)*pi) - (phiS)))));
11 IT=(xlsread(filename, 'H774:H1781').*(exp(1i*((2/3)*pi) - phiT)));
12 c=[1, 1, 1 ; 1, a, a_2; 1, a_2, a];
13 c_inv=[ 1, 1, 1; 1, a_2, a; 1, a, a_2];
14
15 for k=[1:1:1008]
16 comp(:,k)= (1/3).*c*[IR(1,k);IS(1,k);IT(1,k)];
17 k= k + 1;
18 end
19
20 C_omp=abs(comp);
21 xlswrite('calculodesbalancel.xlsx', (C_omp))
```

Código 1. Cálculo de la secuencia directa, inversa y homopolar

Una vez calculadas las componentes de secuencia, se procedió a calcular el parámetro mencionado, el cual consiste en el cociente entre la componente de secuencia inversa y directa de la corriente medida. Al calcularlo, se nos indica un desequilibrio relevante a considerar en las cargas conectadas en la instalación (mayor al 20% recomendado). Sin embargo, dado que no existe una regulación actual de este fenómeno para estimar pérdidas debido a posibles penalidades, se procede a calcular las pérdidas producidas en el conductor del neutro, las cuales están fuertemente vinculadas con el desbalance de corrientes. Dichas pérdidas se calculan de manera similar a las pérdidas por armónicos y resultan despreciables frente al resto de pérdidas encontradas en la instalación (aproximadamente 2 kWh al mes) y no justifican económicamente alguna acción de corrección de este fenómeno.



12. Referencias

- [1] UNE-EN 12464-1:2022. “Luz e iluminación Iluminación de los lugares de trabajo Parte 1: Lugares de trabajo en interiores”.
- [2] *¿Cómo calcular el consumo energético?* (2018, 20 noviembre) LA NACION. Extraído de: <https://www.lanacion.com.ar/economia/como-calcular-consumo-energetico-nid2192382/#:~:text=Un%20hogar%20promedio%20consume%20entre,los%20siempre%20presente%20aires%20acondicionados>
- [3] AEA 90364: 2019. “REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN INMUEBLES”. PARTE 8: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE BAJA TENSIÓN. Sección 1: Requisitos generales de eficiencia energética.
- [4] Resolución ENRE 0099/1997. Boletín Oficial n° 28.583, martes 11 de febrero de 1997, p. 77. Anexo A: BASE METODOLOGICA PARA EL CONTROL DE LA EMISIÓN DE PERTURBACIONES - PRODUCTO TÉCNICO - ETAPA 2. Ente Nacional Regulador de la Electricidad.
- [5] ISO 50001:2018. “Energy management systems. Requirements with guidance for use”.