Universidad Nacional de Río Cuarto

Facultad de Ingeniería

Concurso Smart Infrastructure

"Potenciá tus conocimientos en eficiencia energética"

Fundación SIEMENS

Proyecto: Propuesta de mejora en eficiencia energética de la Biblioteca Central "Juan Filloy", Universidad Nacional de Río Cuarto.

Integrantes:

Fraschetti, Ignacio	D.N.I. 39.327.356
Gigena, Gonzalo	D.N.I. 32.995.280
Poy, Fernando	D.N.I. 36.314.006
Radosta, Alejandro	D.N.I. 39.448.103

Docente Tutor:

Pezzani, Martín	D.N.I.: 29.043.595

ÍNDICE

1	RESUMEN	**2**
2	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	**2**
3	DESCRIPCIÓN DE LA BIBLIOTECA	**3**
4	RELEVAMIENTO Y ADQUISICIÓN DE DATOS	**4**
4.1	Análisis de consumo de la Universidad	**4**
4.2	Relevamiento técnico y energético de la biblioteca	**4**
4.3	Mediciones de consumo con SENTRON PAC3200	**5**
4.4	Análisis de datos relevados	**6**
5	PROPUESTAS DE MEJORA	**7**
5.1	Propuesta A: Sin inversión	**7**
5.2	Propuesta B: con inversión reducida	**7**
5.3	Propuesta C: con inversión	**8**
5.3.1	Simulación de propuesta C	**8**
6	ANÁLISIS ECONÓMICO	**9**
7	ANÁLISIS ENERGÉTICO	**10**
7.1	Análisis mediante índices de desempeño energético (IDEn)	**10**
7.2	Análisis de CO2 no emitido	**11**
8	CONCLUSIÓN	**11**
9	PROPUESTA DE TRABAJOS FUTUROS	**12**
10	AGRADECIMIENTOS	**12**
I	ANEXO N°1	**13**
II	ANEXO N°2	**17**
III	ANEXO N°3	**18**
IV	ANEXO N°4	**19**
V	ANEXO N°5	**21**
VI	ANEXO N°6	**23**

1. RESUMEN

En la Universidad Nacional de Río Cuarto (Córdoba), desde la cátedra “Uso Eficiente de la Energía Eléctrica” se trabaja en propuestas que atiendan a la necesidad de mejorar la eficiencia en el consumo de energía eléctrica. En la edición 2019 se trabajó en nuestra casa de altos estudios. Del análisis de las facturas de electricidad de los años 2017 a 2019 y del cuadro tarifario se identificó como período crítico el mes de febrero debido a que el consumo en ese período excede a la demanda de potencia contratada.

Como caso de estudio en este trabajo se presentan los resultados del análisis de la biblioteca central “Juan Filloy” que se encuentra dentro de la Universidad. Se realizaron los relevamientos pertinentes para un completo análisis de la situación de desempeño energético de los principales espacios de la biblioteca. Se relevó el equipo de iluminación: existencia de los equipos, estado, tipo de tecnología e iluminancia. Se recabaron datos sobre hábitos de consumo eléctrico y uso de la biblioteca mediante entrevistas y empleo de la base de datos que utiliza el personal de la biblioteca. Se midió y registró el consumo eléctrico mediante un medidor SENTRON PAC3200 y se realizó la simulación de iluminación de una de las principales salas de la biblioteca. El equipamiento de climatización del espacio fue comprado e instalado este año, por lo que quedó descartado su análisis.

Se elaboraron tres propuestas, evaluando la factibilidad de cada una de ellas. La propuesta A no necesita inversión inicial y genera un ahorro mensual de %2,624. La propuesta B requiere de una inversión de $24,109 con un ahorro de $2,969 con un tiempo de recupero de 9 meses. La propuesta C requiere de una inversión mayor de $68,402 dando un ahorro de $6,880, recuperando la inversión en 10 meses.

Además, se definió la línea de base energética, se analizó la reducción de consumo mediante índices de desempeño energético y se analizó la reducción de emisiones de CO_2, obteniendo como resultado una reducción en los índices y cerca de una tonelada de CO_2 no emitido en la propuesta C. Se logran beneficios mayores implementando las propuestas de manera combinada. Llevar a cabo medidas semejantes en el resto de las instalaciones lograrían controlar la demanda en el período crítico.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Del análisis de las facturas de electricidad de los años 2017 a 2019 de Universidad Nacional de Río Cuarto y del cuadro tarifario se identificó como período crítico el mes de febrero debido a que el consumo en ese período excede a la demanda de potencia contratada.

La Universidad consume más potencia de la que tiene establecida por contrato, lo que se traduce en una multa correspondiente al pago del excedente de potencia por un período de seis meses. Por esto, se propuso realizar una auditoría energética en los distintos edificios de la institución y campañas de concientización específicas para evitar el pico en este mes.

El trabajo se centró en el estudio de eficiencia energética de la biblioteca central de la Universidad como primer caso de estudio. Se identificaron posibilidades de mejora relacionadas con el uso eficiente de la energía eléctrica, debido a que no se cuenta con un responsable del manejo racional de iluminación. Se detectó un uso inadecuado de la iluminación artificial durante las horas de sol, donde la luz natural es suficiente en la zona de lectura. No se cuenta además con un control automático de la iluminación, que refleje el patrón de uso de la biblioteca. Finalmente, se detectaron problemas en el apagado de luces en áreas donde hay poca o nula presencia de personas.

3. DESCRIPCIÓN DE LA BIBLIOTECA

La biblioteca central se encuentra en la entrada principal de la Universidad. Mantiene abiertas sus puertas de lunes a viernes (exceptuando feriados) desde las 08:00 (hs) hasta las 20:00 (hs). Se acentúa la ocupación entre las 10:00 (hs) y las 18:00 (hs). A partir de los registros de ingreso y egreso se observa que el promedio de ocupación es de 345 personas por día.

Es un edifico de dos pisos conformado por distintas áreas utilizadas como espacios de lectura y depósito de libros. Cuenta con una superficie total de 1541 (m^2). Las paredes exteriores están compuestas por hormigón, ladrillo visto y ventanales de distintos tamaños. El lado Este posee ventanales de grandes proporciones con el fin de aprovechar de manera óptima la iluminación natural durante el día (ver Fig. 1) junto con parasoles para evitar encandilamiento. En la Tabla 1 se muestran datos generales de las áreas más concurridas.

Figura 1: Vista Este de la Biblioteca.

Tabla 1: Datos generales de la Biblioteca.

Sala	Superficie (m^2)	Personas unidad	Ventanales de vidrio (m^2)
Sala Lectura	456	200	163
Hall y circulación	241	5	143
Deposito Oeste	222	5	7
EP, depósito y pasillo	105	5	0
Deposito EP + 3,90 (m)	105	5	9
Entre piso pasillo + 5,30 (m)	105	5	14
Sala Lectura PA	307	120	47
	1541	345	383

Para la climatización del lugar, en la sala de lectura principal (ver Fig. 2), durante el año en curso se instalaron dos equipos de climatización marca WESTRIC modelo RT025. Su elección se realizó en función de las características de la biblioteca y datos estadísticos de uso (ver Tabla 1). Posee configuraciones de ciclos programados que acondicionan el lugar desde las 06:00 (hs) hasta las 21:00 (hs) y mantienen la temperatura de calefacción de 21 (°C) en invierno y una temperatura de refrigeración de 24 (°C) en verano. Los equipos son de alta eficiencia energética, por lo tanto, no se consideró en el análisis y propuestas de mejora.

Para el acondicionamiento de las áreas de trabajo del personal se utilizan aires acondicionados que se mantienen encendidos solo cuando es necesario.

Figura 2: Sala de lectura principal.

4. RELEVAMIENTO Y ADQUISICIÓN DE DATOS

4.1. Análisis de consumo de la Universidad

Se observaron las tarifas eléctricas de la facturación de la Universidad de los años 2017, 2018 y 2019 con el fin de analizar hábitos de consumo y posibles ahorros en el pago de la tarifa. De este análisis se observó que, en el mes de febrero, a pesar de ser el mes de menor energía consumida, es el de mayor potencia requerida, superando la potencia solicitada por contrato al distribuidor. La Universidad tiene un contrato T3 con la distribuidora EPEC, con registro de tarifa en media tensión (contrato diferenciado). En la Tabla 2 se muestra el cargo discriminado por energía en periodo pico, resto y valle. Se tiene compensación de factor de potencia superior a 0.95. Se incorpora a la tarifa impuestos de IVA (21%) y otros impuestos, que suman un total de 5.93%.

Tabla 2: Datos de facturación de Universidad Nacional de Rio Cuarto.

PRECIO DE LA ENERGÍA		IMPUESTOS A LA ENERGÍA	
Demanda fuera de pico ($/kW)	$ 200.38810	IVA No. Resp.	(21%)
Demanda en pico ($/kW)	$ 310.28220	Ord. Imp. Municipal	(3.93%)
Energía en pico ($/kWh)	$ 3.11909	Dto. 2298	(0.40%)
Energía en resto ($/kWh)	$ 2.97866	ERSeP–Ley 10281 R.27	(0.10%)
Energía en valle ($/kWh)	$ 2.83716	Fondo Ley 9819	(1.50%)

4.2. Relevamiento técnico y energético de la biblioteca

Se relevaron las luminarias y equipos de ofimática que se encontraban en la instalación utilizando como base la Guía de Apoyo al Desarrollo de Diagnósticos Energéticos para Instituciones de Educación Superior, perteneciente a la AChEE (Agencia Chilena de Eficiencia Energética). A partir de esta se confeccionó la planilla de relevamiento descripta en el Anexo N°1, para relevar descripciones generales, tipo de tecnología, consumo y horas de uso. Se midió también la iluminancia de cada sector mediante el uso de un luxómetro para garantizar los niveles mínimos establecidos en la IRAM AADL J 20-06. Se analizó el plano unifilar de la instalación completa de la biblioteca con el fin de analizar su seccionamiento. Para facilitar el relevamiento, se sectorizó en varias zonas. En la figura 3 se muestra el sectorizado de la biblioteca, planos completos se observan en Anexo N°2.

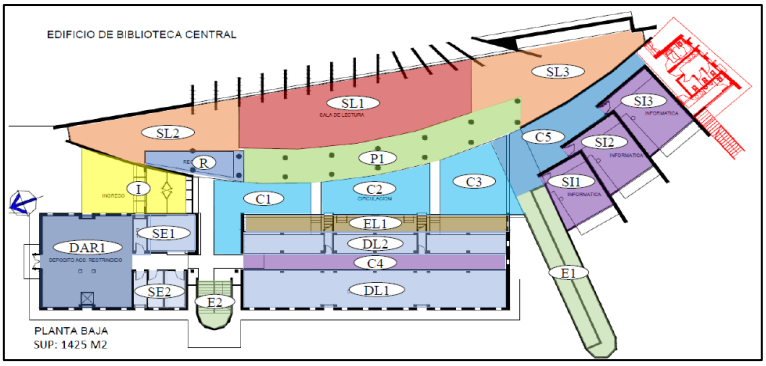


Figura 3: Planta baja de la biblioteca.

Además, se realizó el relevamiento del nivel de ocupación y usos de espacios (ver planilla de relevamiento Anexo N°1) mediante entrevistas realizadas al personal, mediciones de sensores de paso, análisis de datos estadísticos de uso y registros de transacciones de material bibliográfico.

4.3. Mediciones de consumo con SENTRON PAC3200

El registro del consumo de energía eléctrica en la biblioteca, se realizó con un registrador SIEMENS SENTRON PAC3200. En la figura 4 se observa la curva de carga correspondiente a un período de 24 (hs) de un día típico de septiembre. En el Anexo N°3 se muestra gráficas de consumo de energía y potencia.

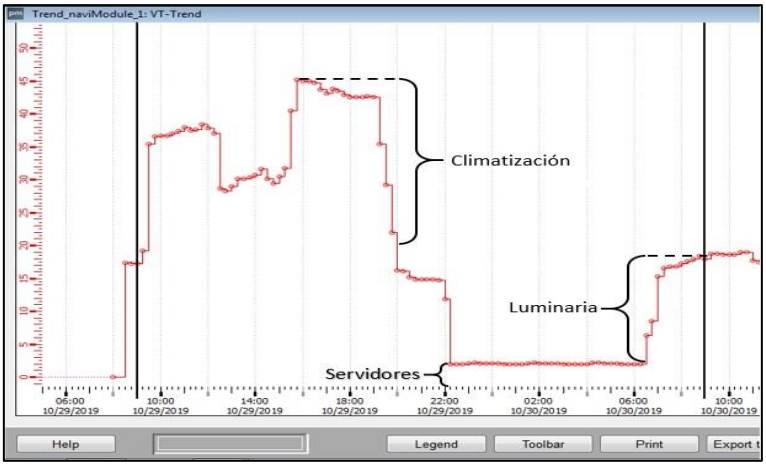


Figura 4: Curva de carga de la biblioteca de un día típico.

La figura 4 muestra un marcado ascenso de la carga cuando se acciona el equipo de climatización durante las horas de mayor concurrencia, entre las 09:30 (hs) y 12:30 (hs), y luego entre las 15:00 (hs) y las 19:30 (hs). Fuera del aporte del equipo de climatización, la luminaria tiene una carga que asciende hasta los 16.5 (kW). Durante las horas de la noche, hay una carga constante de 2 (kW) que se estima es del equipamiento de servidores de red permanente. Del medidor se obtuvieron los datos de energía consumida. Diariamente la biblioteca consume 486.97 (kWh) durante los días hábiles. Considerando 22 días hábiles más el consumo del equipo de servidores únicamente durante los fines de semana se obtiene un total de 11097.34 (kWh) por mes, el cual representa el 4.72% del consumo total de la Universidad.

4.4. Análisis de datos relevados

En la figura 5 se observa una gráfica del conteo de la cantidad de personas presentes dentro de la biblioteca para uso de estudio relevada para el día 16 de septiembre de 2019, donde se observa que entre los horarios de 10:00 (hs) a 17:00 (hs) presenta la mayor cantidad de usuarios permanentes, 180-200 personas. Se identificó que tanto el patrón mostrado en la figura, como el número promedio de personas presentes, es representativo del uso diario a lo largo del cuatrimestre. Datos del sensor de paso mostraron una circulación media de 1376 personas por día y datos estadísticos muestran un promedio de 278 transacciones diarias en préstamo de libros. Un mayor detalle se puede observar en el Anexo N°4.

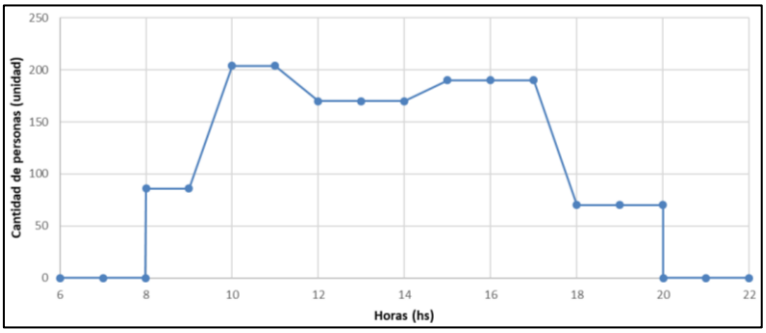


Figura 5: Cantidad de personas presentes en la biblioteca con fin de estudio vs. las horas de un día.

Del relevamiento eléctrico se encontraron múltiples cargas, las cuales se describen en el Anexo N°4. Si bien el número de aparatos es elevado, el mayor porcentaje de consumo se haya en los equipos de iluminación, descartando los equipos de climatización (ver Fig. 6). En la Tabla 3 se muestran los diferentes tipos de luminaria, sumando todos estos se tiene una potencia total instalada de 22.17 (kW). Considerando un mes normalizado de 22 días hábiles, se realizó un estudio sobre el consumo de la luminaria utilizadas en las zonas de acceso público debido que se mantienen encendidas durante toda la jornada (12 (hs)), por lo que se estimó un consumo mensual de 4528 (kWh). Fuera de la jornada laboral, la luminaria de la biblioteca permanece apagada.

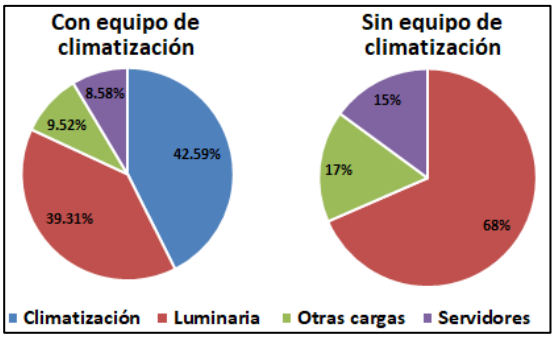


Figura 6: Porcentaje de distribución de consumo (kWh).

Tabla 3: Datos de luminarias instaladas.

TIPO DE LUMINARIA	POTENCIA (W)	Total de luminaria (unidad)	Porcentaje de luminaria total (%)	Porcentaje de luminaria de potencia total (%)
Luminaria HID plafones LED	140	10	1.58%	6.32%
Tubo fluorescente TL-D 16w	28	12	1.90%	1.52%
Tubo fluorescente largo TL-D 36w	36	522	82.46%	84.77%
Dicroica LED	9	89	14.06%	3.61%

5. PROPUESTAS DE MEJORA

De acuerdo a los análisis efectuados se evaluaron diferentes propuestas con el fin de realizar un aporte al uso de las instalaciones de iluminación, logrando reducir su consumo. Las propuestas se agruparon de la siguiente manera: sin inversión, con inversión reducida y con inversión. Las propuestas se realizaron en todas las zonas de la biblioteca, exceptuando zonas de acceso restringido, SI1, SI2, SI3, DAR1, DAR2, SE1, SE2, SE3, SE4, I y R.

5.1. Propuesta A: Sin inversión

Se observó que la instalación ya existente de la biblioteca cuenta con el seccionamiento eléctrico de iluminación manual de los lugares de uso que permite implementar un procedimiento o rutina de operación si/no de las diferentes zonas. Entonces conociendo el comportamiento de las personas (ver Fig. 5), se planteó la reorganización de usuarios, planteando que para el horario cercanos de apertura de 08:00 (hs) a 10:00 (hs) y los horarios cercanos al cierre, de 19:00 (hs) a 20:00 (hs), se apaguen los sectores de planta alta (PA), motivando a la gente a acudir a planta baja (PB), aprovechando que en estos horarios la cantidad de estudiantes es reducida. La potencia de la luminaria de PA es de 6.75 (kW), el cual representa el 38.68% de la cantidad total.

Para su implementación se propone una concientización, en primer lugar, del personal de la biblioteca, designando tareas de encendido de las luminarias acorde al uso. En segundo lugar, la concientización de los profesores y alumnos que utilizan el establecimiento como lugar de estudio, mediante cartelería en los distintos sectores donde se los invite a participar de la campaña y se explique el motivo de la medida a través del uso racional de la energía.

En una planilla de cálculo se realizó una simulación del consumo aplicando el apagado de la iluminación de PA, donde tomando esta conducta, las luminarias de PA solo se mantendrían encendidas 8 (hs) en el período de facturación de resto, y solo 1 (hs) en el período de pico. Se tomó como base un periodo de un mes de 22 días hábiles. En la Tabla 4 se observa los datos de ahorro de energía obtenido de realizar esta propuesta.

Tabla 4: Datos de potencial ahorro de energía mensual con propuesta A.

	SITUACIÓN ACTUAL	PROPUESTA A	AHORRO
ENERGÍA VALLE (kWh)	-	-	-
ENERGÍA RESTO (kWh)	3773.66	3312.72	460.94
ENERGÍA PICO (kWh)	754.73	531.98	222.75

5.2. Propuesta B: con inversión reducida

Se propone la automatización del sistema de la luminaria de los sectores de paso, como los pasillos (PEP), depósitos de libros (DSLL, DL1, DL2), las escaleras (E1, E2) y la zona de circulación 4 (C4) (Ver más sectorizado Anexo N°2). Para ello se requiere diseñar un gabinete de control para cada zona que contenga un contactor monofásico para manejar la carga, accionado por un sensor de movimiento comercial.

Con la planilla de cálculo se simuló la condición de automatización propuesta. Se utilizó datos estadísticos que muestran que las luminarias controladas por movimiento se mantienen encendidas un 50% del tiempo de funcionamiento ya que es un valor típico de ahorro en instalaciones de este tipo. Se tomó como base un periodo de un mes de 22 días hábiles. En la Tabla 5 se observa los datos de ahorro de energía posibles al simular esta propuesta.

Tabla 5: Datos de potencial ahorro de energía mensual con propuesta B.

	SITUACIÓN ACTUAL	PROPUESTA B	AHORRO
ENERGÍA VALLE (kWh)	-	-	-
ENERGÍA RESTO (kWh)	3773.66	3124.22	649.44
ENERGÍA PICO (kWh)	754.73	624.84	129.89

5.3. Propuesta C: con inversión

Se propone el cambio de fuente de luz fluorescentes a tubos LED de cambio directo, manteniendo el resto del equipamiento de luminaria que se encuentran en buenas condiciones. Se propone simular las zonas más utilizadas (total indicado anteriormente), las salas de lectura, pasillos y zonas de acceso al público. Se tiene un total de 522 lámparas tubo fluorescente largo TL-D 36w, y 12 lámparas tubo fluorescente TL-D 16w, tomando solo los equipos ubicados en las zonas más utilizadas nos queda un total de 458 luminarias, representando el 87.74% del total instalado.

Mediante una planilla de cálculo, se simuló el consumo producto del cambio de luminaria y se calculó el ahorro de energía y de potencia. Se tomó como base un periodo de un mes de 22 días hábiles y se mantuvo las mismas horas de funcionamiento (12(hs)). En la Tabla 6 se muestran los cálculos simulados para un cambio directo de tecnología en luminarias fluorescentes.

Tabla 6: Datos de potencial ahorro de energía mensual con propuesta C.

	SITUACIÓN ACTUAL	PROPUESTA C	AHORRO
POTENCIA TOTAL (kW)	22.16	11.95	6.84
ENERGÍA VALLE (kWh)	-	-	-
ENERGÍA RESTO (kWh)	3773.66	2268.86	1504.80
ENERGÍA PICO (kWh)	754.73	453.77	300.96

Para el recambio se seleccionó un tipo de tubo led de 4100 K de temperatura de color y que no emite en el espectro UV ni infrarrojo. Estas características son indicadas para la conservación de los textos. Igualmente, de las opciones disponibles se eligió las de mayor IRC.

5.3.1. Simulación de propuesta C

Mediante software se realizó el modelado y el análisis de un ambiente representativo de la instalación con el objetivo de simular la propuesta C a los fines de verificar que los niveles de iluminación cumplan con lo requerido y que no se altere el confort de los espacios con la aplicación de la propuesta. Inicialmente el ambiente analizado cuenta con 22 luminarias cuyas lámparas son tubos fluorescentes (ver Fig. 7). Se utilizó un factor de mantenimiento de 0.8 por tratarse de un ambiente limpio.

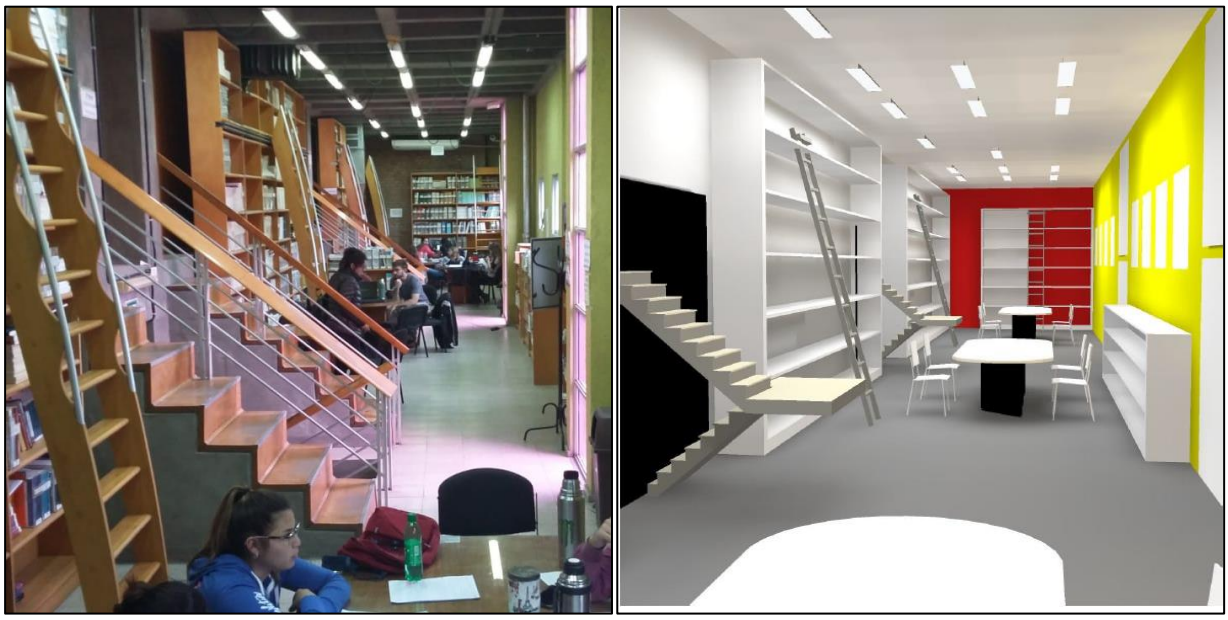


Figura 7: Ambiente real (Izq.). Simulación en Software (Der.).

El cálculo efectuado mediante simulación arrojó los resultados que se muestran en la Tabla 7. Para validar dicha simulación, se contrastaron los resultados de las luminarias actuales obtenidos con el software con los obtenidos en las mediciones campo.

Tabla 7: Datos de Simulación en Software.

TECNOLOGÍA LUMINARIA	FLUORESCENTE	LED
Flujo Luminoso Total (lm)	101530	145200
Potencia Total (W)	1584	1012
Factor de Mantenimiento	0.8	0.8

ILUMINANCIA (Lux)	MEDIDO	SIMULACIÓN DE SITUACIONES	
		SITAUCION ACTUAL	PROPUESTA C
Plano Útil	305	374	644
Pared 1	225	241	281
Pared 3	146.5	128	130

Se observa que actualmente la iluminancia está por debajo del mínimo sugerido por la Norma IRAM-AADL J 20-06 en el plano útil (500Lx), y posterior al recambio este parámetro supera el valor mínimo. La potencia instalada en el ambiente se reduce en un 36,1% y los valores de lux cumplen con los requerimientos de confort (más detalles de simulación Anexo N°5).

6. ANÁLISIS ECONÓMICO

Dado que la propuesta A no requiere inversión inicial, solo se presenta el ahorro mensual originado en una disminución de consumo de energía.

Respecto de las propuestas B y C, el análisis económico se llevó a cabo utilizando las siguientes herramientas:

- Tasa Interna de Retorno (TIR) en un horizonte temporal de 12 meses
- Período de recupero simple.

En el Anexo N°6 se muestran los cálculos a partir de los flujos de fondos. Los criterios adoptados para la construcción del mismo fueron:

- Horizonte temporal de 12 meses, debido a la magnitud de los montos de inversión inicial considerados.
- Valores de desecho de cada propuesta en función de la depreciación de las instalaciones al final del horizonte temporal, contemplando las garantías de fábrica: Para luminarias 5 años de garantía, valor de desecho de 80% de la inversión inicial, y para automatización 2 años de garantía, valor de desecho del 50% del valor inicial.

En la Tabla 8 se sintetizan los resultados obtenidos, utilizando los precios de energía de las tarifas de EPEC, descriptas anteriormente.

Tabla 8: Datos de Análisis económico.

	PROPUESTA A	PROPUESTA B	PROPUESTA C
Inversión inicial ($)	$ 0.00	$ 24109.16	$ 68402.00
Ahorro Mensual ($)	$ 2624.62	$ 2969.65	$ 6880.89
TIR Mensual (%)	-	10%	9%
Período de recupero	-	9 meses	10 meses

Del análisis estrictamente económico la propuesta B presenta la Tasa Interna de Retorno más elevada y el menor período de recupero.

7. ANÁLISIS ENERGÉTICO

7.1. Análisis mediante índices de desempeño energético (IDEn)

Para poder cuantificar el impacto de las mejoras propuestas es necesario definir un índice de desempeño energético (IDEn). Luego se propone establecer como línea de base energética (LBE) la condición actual, en referencia a los indicadores propuestos. Dicha línea base se establece sobre el sistema de iluminación y su consumo. Los IDEn propuestos que podrían emplearse son:

1. **kWh/m^2 (mes):** que indica la cantidad de energía utilizada en el mes por metro cuadrado de superficie.
2. **kWh/hab. (mes):** que indica la cantidad de energía utilizada en el mes por la cantidad de personas que ocupan el establecimiento.
3. **kWh/m^2 año de energía primaria:** que indica la cantidad de energía primaria generada por la fuente en el año por metro cuadrado de superficie.
4. **kWh/hab. año de energía primaria:** que indica la cantidad de energía primaria generada por la fuente en el año por la cantidad de personas que ocupan el establecimiento.

En la figura 8 se observa los valores para cada IDEn de cada propuesta, donde se ve reflejada la reducción de los mismos en todas las propuestas, lo que implica una mejora en el desempeño energético de iluminación.

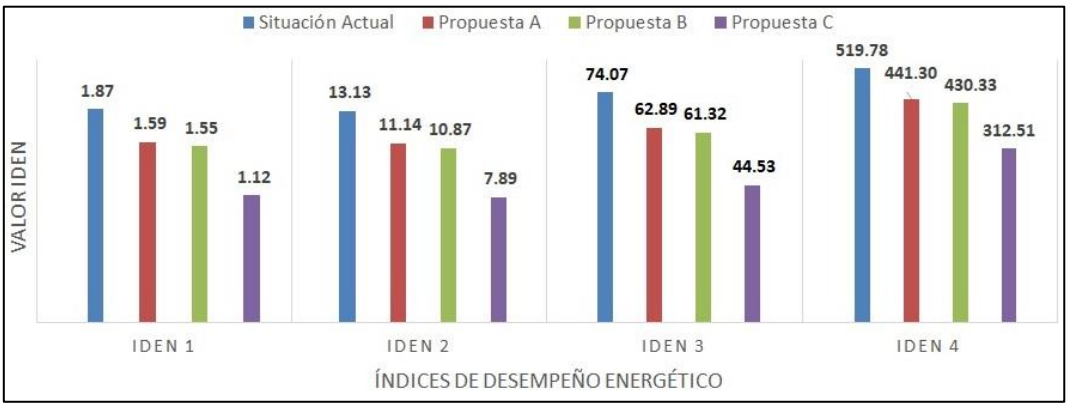


Figura 8: IDEn de cada propuesta.

7.2. Análisis de CO2 no emitido

En la Tabla 9 se muestran los distintos niveles de energía ahorrada en cada simulación con la tabla de cálculos y los diferentes resultados de reducción de CO_2 con cada propuesta. La relación de CO_2 por kWh generado de energía primaria se extrajo de información brindada por la Secretaría de Energía de la Nación.

Tabla 9: Cálculo de emisiones de CO2 anual.

CALCULO DE EMISIONES			
Energía total en iluminación consumida por año	54340.70	(kWh/a)	
CO_2 total emitido por año	27.61	(t/a)	
PROPUESTAS	**A**	**B**	**C**
Ahorro energía después de cambio (kWh/a)	683.69	779.33	1805.76
CO_2 no emitido por año (t/a)	0.35	0.40	0.92

8. CONCLUSIÓN

Realizada la auditoría energética se obtuvieron las siguientes conclusiones y análisis finales:

- Del análisis de la facturación eléctrica de la Universidad se encontró como periodo crítico en demanda el mes de febrero. La universidad consume más potencia de la que tiene contratada, desencadenando en una multa semestral.
- Del relevamiento se identificaron problemas en el uso de las luminarias, falta de automatización y responsabilidad en el uso racional.
- Las tres propuestas son realizables debido a la facilidad de implementación.
- La propuesta A no presenta inversión inicial, por lo que el beneficio se refleja en un ahorro de $2624. La propuesta B requiere de una inversión de $24109 con un ahorro de $2969 con un tiempo de recupero de 9 meses. La propuesta C requiere de una inversión mayor de $68402 dando un ahorro de $6880, recuperando la inversión en 10 meses. Del análisis estrictamente económico la propuesta B presenta la TIR más elevada y el menor periodo de recupero, por lo que es la más factible.
- Todos los IDEn reflejan una mejora en la eficiencia de la biblioteca. Siendo la propuesta C la que brinda mejores resultados.
- Si se cuenta con el nivel de inversión necesario, se puede optar por la implementación de la propuesta C, dado que es la que supone mayores ahorros, la inversión se recupera en menos

de un año, es la que provoca menos emisiones de CO_2 y es la más eficiente. Por otro lado, en caso de no contar con el suficiente nivel de inversión se propone implementar las propuestas siguiendo el orden A, B y C.

- Se puede lograr un beneficio mayor, realizando las propuestas de manera combinadas, reflejando mayores beneficios a nivel energético, disminución de emisiones de CO_2 y mayores ahorros.
- Se propone realizar un seguimiento de los IDEn mediante el soft “SENTRON POWERMANAGER”.
- Si bien la mejora propuesta no sería suficiente para no exceder la demanda de potencia de la Universidad, medidas semejantes en el resto de las instalaciones eventualmente sí lograrían controlar dicha demanda.
- La divulgación de buenas prácticas de uso racional y eficiente de energía en instituciones públicas tiene un efecto multiplicador en el resto de la sociedad, por lo que se considera de gran importancia la implementación de este tipo de prácticas.

Se propone seguir trabajando en el tema, colaborando con la realización de auditorías energéticas dentro de nuestra Universidad, para realizar aportes a la política de etiquetado de edificios públicos. Además, se propone realizar campañas de concientización sobre el uso racional de la energía en nuestra Universidad, frente a las autoridades y los alumnos.

9. PROPUESTA DE TRABAJOS FUTUROS

Como propuesta de trabajos futuros, se plantea la automatización de niveles de iluminación, a través de un control de las diferentes zonas, identificando los momentos en que son utilizadas y la iluminancia necesaria. Se motiva a realizar un relevamiento térmico de las instalaciones, con el objetivo de asentar documentación que aporte información al plan de etiquetado de edificios públicos.

10. AGRADECIMIENTOS

Se agradece la importante colaboración del Sr. Rubén Ezequiel Ustarroz Acuña, estudiante de Ingeniería Electricista por su participación en el proyecto junto a los autores. Se agradece el acompañamiento y colaboración durante el proyecto del Dr. Cristian De Angelo, Dr. Pablo D. Donolo y la C.P. Eliana Chiacchiera, docentes de nuestra facultad. Se agradece al equipo de Arquitectura Arq. Rita Ines Cavaglieri y Arq Marcelo Flores, quienes nos brindaron su experiencia en materia de estructuras. Se agradece a la Facultad de Ingeniería, personal de la biblioteca y personal del Área de Electrotecnia de mantenimiento de la Universidad por su colaboración y buena predisposición frente al proyecto.

I. ANEXO N°1

CONSEJOS A TENER EN CUENTA PARA REALIZAR EL RELEVAMIENTO:

- **NUMERO 1:** Revise la planilla y los planos para tener un conocimiento previo sobre el lugar de estudio.
- **NUMERO 2:** Utilice tanto la planilla como los planos para relevar toda información que considere necesaria a la hora de realizar el relevamiento. Deje documentado ubicación y cualquier información que considere relevante. Utilice los planos como soporte, dibuje y croquice.
- **NUMERO 3:** Evite interferir en la medición de parámetros, por ejemplo, si usted mide la iluminación del lugar, evite situarse sobre el medidor, y considere el punto más apropiado para tomar como referencia, debido a que este será el punto donde se realicen mediciones posteriores para poder utilizarlas de carácter comparativo.
- **NUMERO 4:** Considere relevar y documentar todo dato que considere de interés, independientemente si se agrega en la planilla. Recuerde que puede realizar un relevamiento más específico una vez identificado los inconvenientes en un futuro.
- **NUMERO 5:** Imprima una planilla por cada zona que considere relevar. Dicha planilla se describe con el nombre de "*Planilla por Sala*".
- **NUMERO 6:** Imprima el plano correspondiente a la zona en estudio de relevamiento en tamaño A4.

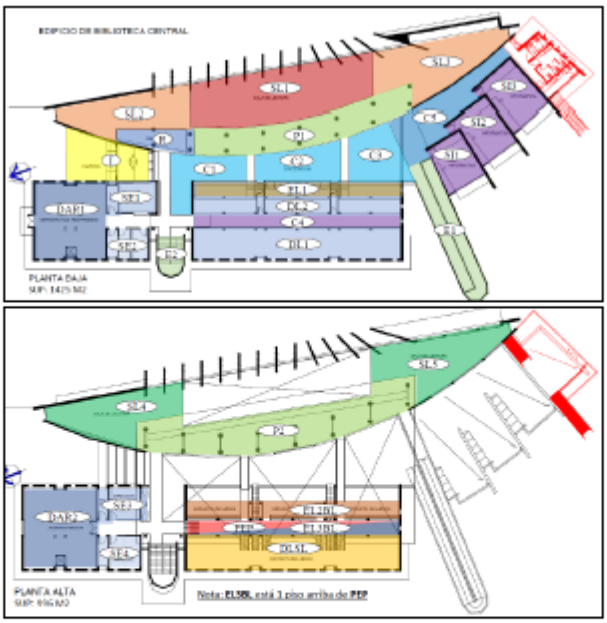


Figura N° 1: Planos generales de la biblioteca pública de la Universidad Nacional de Río Cuarto.

DATOS GENERALES DE RELEVAMIENTO:

IDENTIFICACION DE ZONAS – DESCRIPCION GENERAL DE ARQUITECTURA				
Denom.	Sala	Superficie [m2]	Personas un	Vidrio [m2]
SL1	Sala Lectura	456	200	163
C1+C2+C3+P1	Hall y circulación	241	5	143
DL1	Deposito Oeste	222	5	7
DL2+DL3+DL4	EP, depósito y pasillo	105	5	0
DL2	Deposito EP + 3,90 m	105	5	9
P2	Entre piso pasillo + 5,30 m	105	5	14
SL4+SL5	Sala Lectura PA	307	120	47
		1541	345	383

RELEVAMIENTO GENERAL Y DESCRIPCIÓN DE SALAS:

IDENTIFICACION DE ZONAS – DESCRIPCION PROPIA					
Denom.	Ubicación	Sala	Superficie [m2]	Personas un	Horas uso [hs]
C1	PB	Zona de circulación 1			
C2	PB	Zona de circulación 2			
C3	PB	Zona de circulación 3			
C4	PB	Zona de circulación 4			
C5	PB	Zona de circulación 5			
DAR1	PB	Depósito de Acceso Restringido			
DAR2	PA	Depósito de Acceso Restringido 2			
DLSL	PA	Deposito libros con Sala Lectura			
DL1	PB	Depósito de libros 1			
DL2	PB	Depósito de libros 2			
EL1	PB	Estantería libros 1			
EL2 BL	PA	Estantería libros 2 y Barra de Lectura			
EL3 BL	PA	Estantería libros 3 y Barra de Lectura			
E1	PB	Escaleras 1			
E2	PB	Escaleras 2			
I	PB	Ingreso			
PEP	PA	Pasillo Entre piso			
P1	PB	Pasillo 1			
P2	PA	Pasillo 2			
R	PB	Recepción			
SE1	PB	Sector Especial 1			
SE2	PB	Sector Especial 2			
SE3	PA	Sector Especial 3			
SE4	PA	Sector Especial 4			
SI1	PB	Sala de informática 1			
SI2	PB	Sala de informática 2			
SI3	PB	Sala de informática 3			
SL1	PB	Sala Lectura 1			
SL2	PB	Sala Lectura 2			
SL3	PB	Sala Lectura 3			
SL4	PA	Sala Lectura 4			
SL5	PA	Sala Lectura 5			

PLANILLA POR SALA:

PLANILLA POR SALA		Denom.:					
ILUMINACIÓN	Cantidad de luminarias N° p.u.						
	Medición Lux	Hs					
		Lux					
		Hs					
		Lux					
	Tipo de tecnología						
	Descripción general						
ARTEFACTOS ELÉCTRICOS (SIN ILUMINACION)	EQUIPO 1	Potencia:					
		Cantidad N°					
		Hs uso					
		Descripción general					
	EQUIPO 2	Potencia:					
		Cantidad N°					
		Hs uso					
		Descripción general					
	EQUIPO 3	Potencia:					
		Cantidad N°					
		Hs uso					
		Descripción general					
	EQUIPO 4	Potencia:					
		Cantidad N°					
		Hs uso					
		Descripción general					
OBSERVACIONES GENERALES (Condición paredes, filtraciones, daños, elementos no funcionales, lo que considere necesario relevar)							

PLANILLA REGISTRO DE USO:

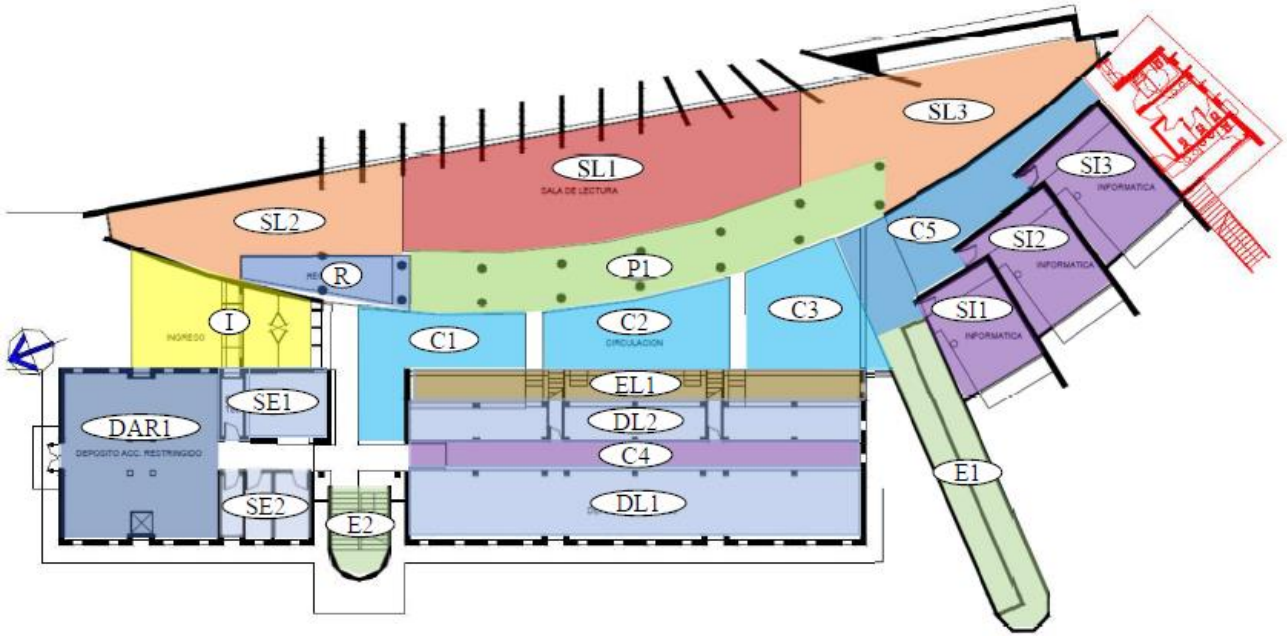
SEMANA:						
FECHA		LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES
MAÑANA	CANTIDAD					
	HORA					
TARDE	CANTIDAD					
	HORA					
NOCHE	CANTIDAD					
	HORA					

SEMANA:						
FECHA		LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES
MAÑANA	CANTIDAD					
	HORA					
TARDE	CANTIDAD					
	HORA					
NOCHE	CANTIDAD					
	HORA					

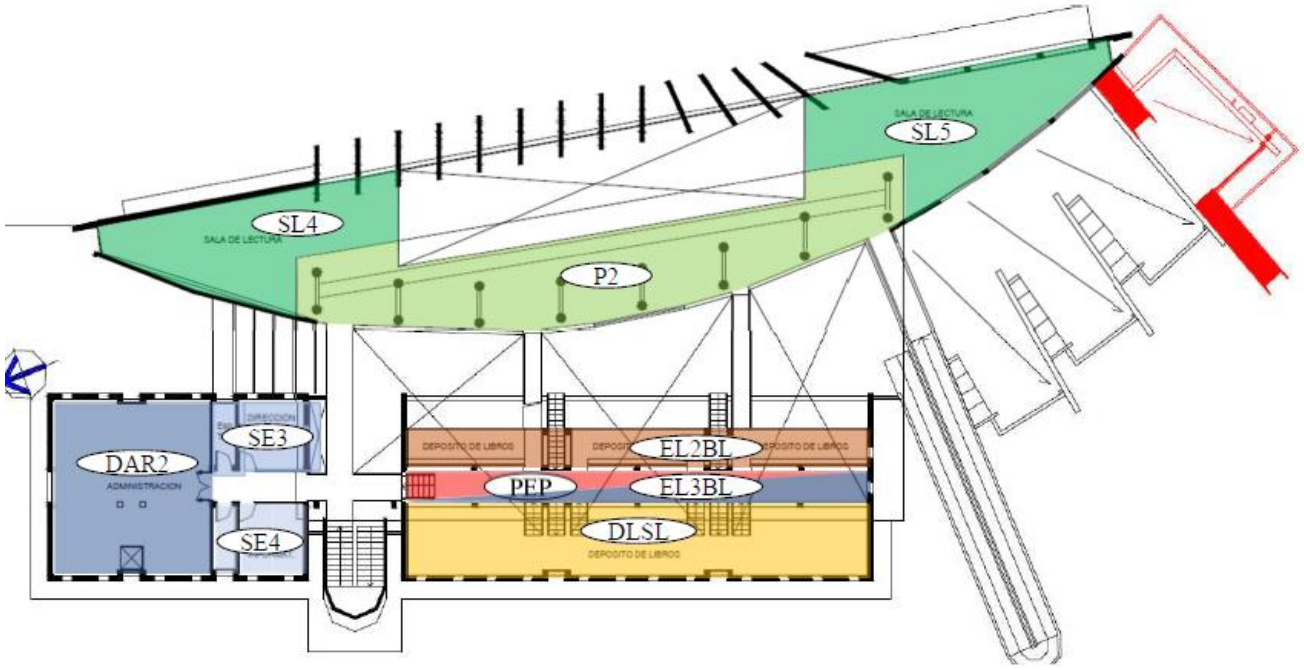
SEMANA:						
FECHA		LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES
MAÑANA	CANTIDAD					
	HORA					
TARDE	CANTIDAD					
	HORA					
NOCHE	CANTIDAD					
	HORA					

II. ANEXO N°2

Planos de la biblioteca:



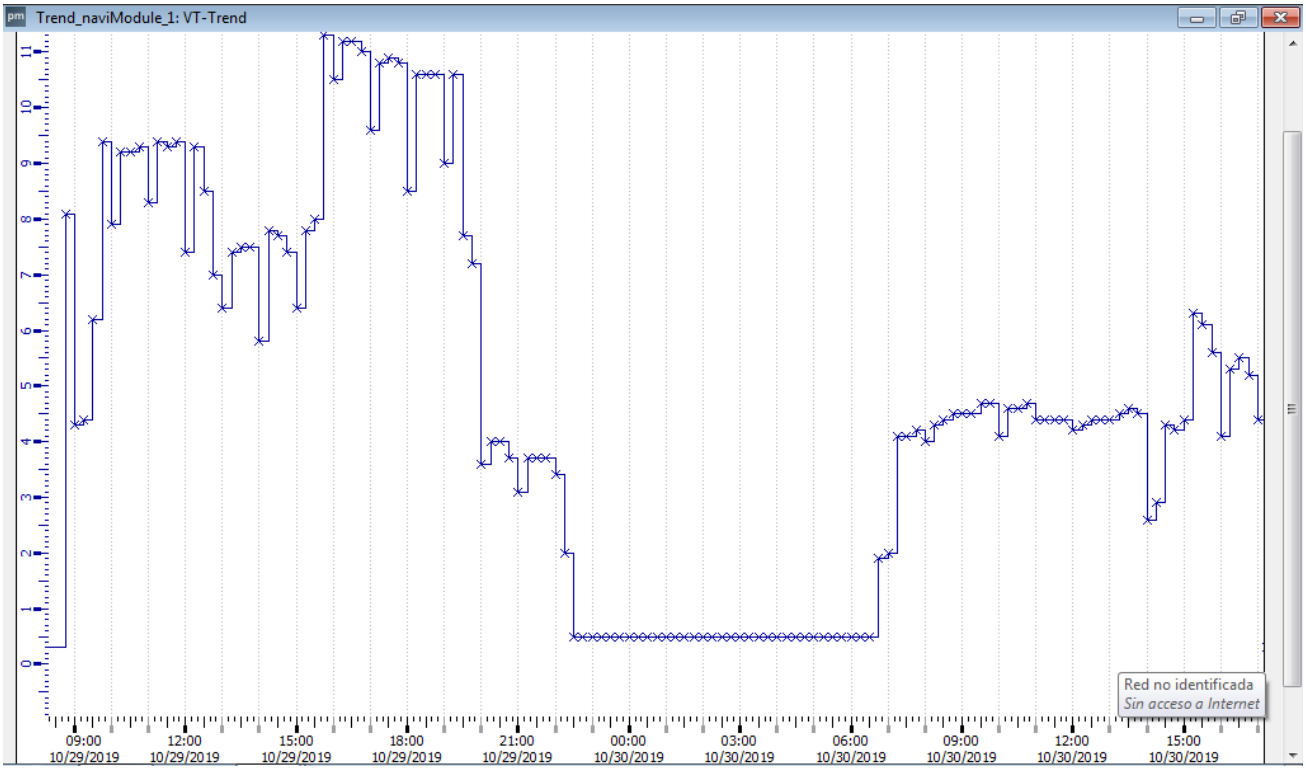
PLANTA BAJA



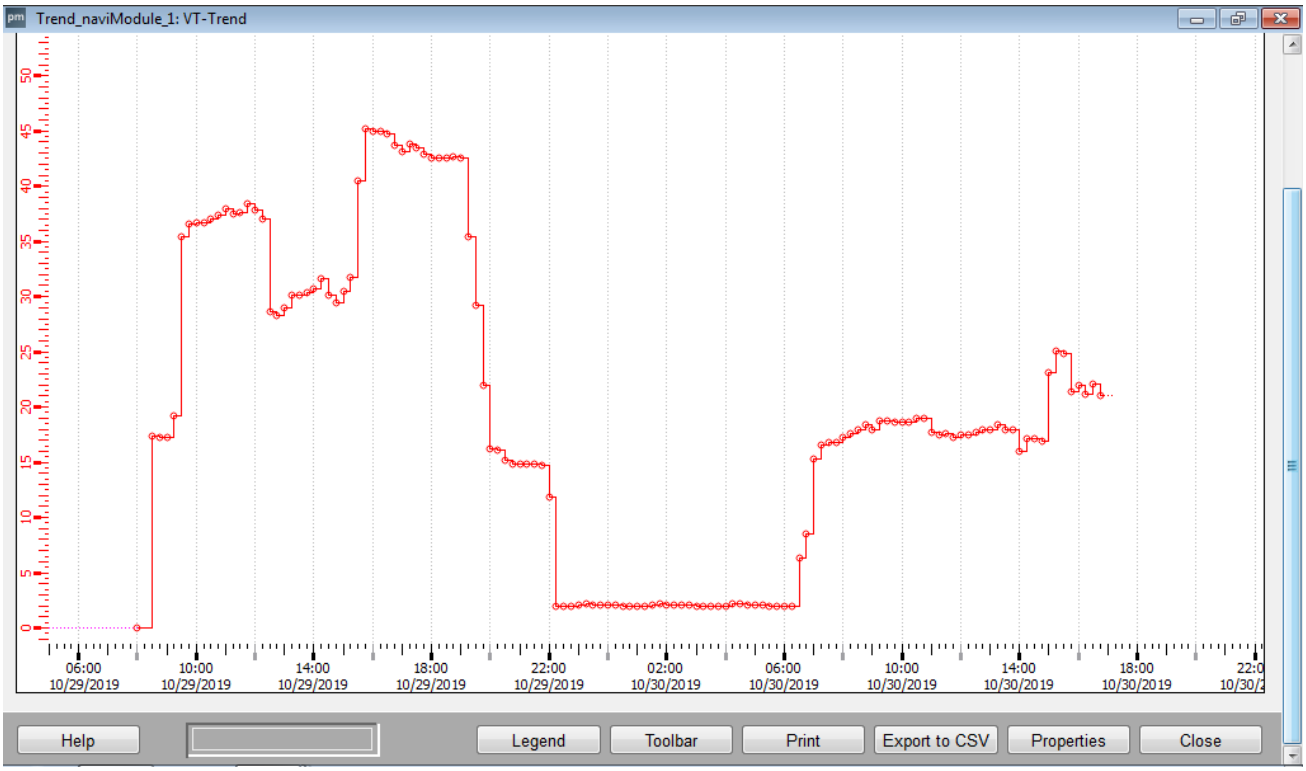
PLANTA ALTA

III. ANEXO N°3

Mediciones de consumo de energía con SENTRON PAC3200:



Mediciones de consumo de potencia con SENTRON PAC3200:



IV. ANEXO N°4

Tabla de relevamiento de iluminación:

CANTIDAD DE LUMMINARIA	TECNOLOGÍA	POTENCIA [W]	CANTIDAD DE LUMMINARIA	TECNOLOGÍA	POTENCIA [W]	POTENCIA TOTAL [W]	PROPUESTA AUTOMATIZACIÓN (Hs de uso estimadas por mes menor a 12 hs entre las 8hs y 20hs)		ENERGIA MES [KWh] (Hs uso dias habiles)		
							Horas DR	Horas DP	ENERGIA MES EN RESTO	ENERGIA MES EN PICO	22
2	H	280.00		NN	0.00	280.00	10.00	2.00	61.60	12.32	73.92
2	H	280.00		NN	0.00	280.00	10.00	2.00	61.60	12.32	73.92
2	H	280.00		NN	0.00	280.00	10.00	2.00	61.60	12.32	73.92
18	FL	648.00		NN	0.00	648.00	10.00	2.00	142.56	28.51	171.07
8	FL	288.00		NN	0.00	288.00	10.00	2.00	63.36	12.67	76.03
28	FL	1008.00		NN	0.00	1008.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	FL	432.00		NN	0.00	432.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
42	FL	1512.00		NN	0.00	1512.00	10.00	2.00	332.64	66.53	399.17
38	FL	1368.00		NN	0.00	1368.00	10.00	2.00	300.96	60.19	361.15
24	FL	864.00		NN	0.00	864.00	10.00	2.00	190.08	38.02	228.10
20	D	180.00		NN	0.00	180.00	10.00	2.00	39.60	7.92	47.52
20	D	180.00		NN	0.00	180.00	10.00	2.00	39.60	7.92	47.52
28	D	252.00		NN	0.00	252.00	10.00	2.00	55.44	11.09	66.53
18	FL	648.00		NN	0.00	648.00	10.00	2.00	142.56	28.51	171.07
8	FL	288.00		NN	0.00	288.00	10.00	2.00	63.36	12.67	76.03
4	FL	144.00		NN	0.00	144.00	10.00	2.00	31.68	6.34	38.02
16	FL	576.00	0	FL	0.00	576.00	10.00	2.00	126.72	25.34	152.06
10	D	90.00	8	FL	288.00	378.00	10.00	2.00	83.16	16.63	99.79
10	D	90.00		NN	0.00	90.00	10.00	2.00	19.80	3.96	23.76
6	FL	216.00	1	D	9.00	225.00	10.00	2.00	49.50	9.90	59.40
14	FL	504.00		NN	0.00	504.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	FL	288.00	12	FC	336.00	624.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	FL	144.00		NN	0.00	144.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	FL	144.00		NN	0.00	144.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	FL	720.00	0	NN	0.00	720.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	FL	720.00	0	NN	0.00	720.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	FL	720.00	0	NN	0.00	720.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	L	560.00	6	H	840.00	1400.00	10.00	2.00	308.00	61.60	369.60
38	FL	1368.00		NN	0.00	1368.00	10.00	2.00	300.96	60.19	361.15
54	FL	1944.00		NN	0.00	1944.00	10.00	2.00	427.68	85.54	513.22
52	FL	1872.00		NN	0.00	1872.00	10.00	2.00	411.84	82.37	494.21
58	FL	2088.00		NN	0.00	2088.00	10.00	2.00	459.36	91.87	551.23
Potencia total instalada en iluminación [W]		22169							3773.66	754.73	4528.39

Relevamiento de artefactos eléctricos:

ARTEFACTOS	CANTIDAD	POTENCIA (W)
COMPUTADORA	12	2400
TOSADORA	1	950
IMPRESORA	4	1080
ETIQUETADORA	1	52
CALOVENTOR	2	3000
PAVA ELECTRICA	2	4000
CAFETERA	1	900
ESTUFA	2	3000
UPS	1	500
LIMPIA MANOS	1	350
SCANER	1	5
HELADERA	1	200
MICROONDAS	1	800
HORNOELECTRICO	1	1500
Otros artefactos	TOTAL	18737
Servidores	6	200
Climatización	2	9750
Luminaria	458	16500

Relevamiento de uso:

Datos semana 2 al 6 de septiembre						
*esta cantidad es la mitad de la que realmente registro el contador del sensor						
Jornada	libros	lunes	martes	miercoles	jueves	viernes
mañana	pedidos	44	67	56	79	72
	devueltos	74	85	79	74	106
tarde	pedidos	71	95	124	82	71
	devueltos	58	71	94	71	36
total del dia		247	318	353	306	285
usuarios (sensor)*		1469	1819	1632	1746	1207

Datos semana 9 al 13 de septiembre						
*esta cantidad es la mitad de la que realmente registro el contador del sensor						
Jornada	libros	lunes	martes	miercoles	jueves	viernes
mañana	pedidos	62	89	20	73	62
	devueltos	88	97	21	117	85
tarde	pedidos	86	104	22	108	85
	devueltos	76	76	27	103	71
total del dia		312	366	90	401	303
usuarios (sensor)*		1621	1930	629	1723	914

Datos semana 16 al 20 de septiembre						
*esta cantidad es la mitad de la que realmente registró el contador del sensor						
Jornada	libros	lunes	martes	miercoles	jueves	viernes
mañana	pedidos	63	74	56	45	45
	devueltos	88	126	72	83	83
tarde	pedidos	113	72	78	77	83
	devueltos	76	69	34	74	58
total del dia		340	341	240	279	269
usuarios (sensor)*		1579	1671	1572	1380	1125.5

V. ANEXO N°5

Datos de simulación con Dialux:

Proyecto 1

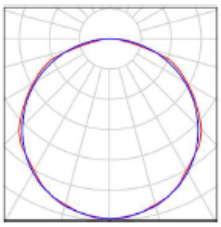
DIALux

29.10.2019

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

DL-SL PA / Lista de luminarias

22 Pieza PHILIPS TMS022 2xTL-D36W HFS +GMS022 R
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 4615 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 6500 lm
Potencia de las luminarias: 72.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 45 77 95 100 71
Lámpara: 2 x TL-D36W/840 (Factor de corrección 1.000).



DL-SL PA / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 101530 lm
Potencia total: 1584.0 W
Factor mantenimiento: 0.80
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx] directo	indirecto	total	Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
Plano útil	310	64	374	/	/
Mesa 1	476	91	567	/	/
Mesa 2	506	83	589	/	/
Mesa 3	479	76	555	/	/
Suelo	207	52	259	27	22
Techo	0.33	106	107	66	22
Pared 1	168	74	241	47	36
Pared 2	33	32	65	20	4.11
Pared 3	60	68	128	50	20
Pared 4	33	28	61	20	3.88

Simetrías en el plano útil
E_{min} / E_m: 0.130 (1:8)
E_{min} / E_{max}: 0.075 (1:13)

Proporción de intensidad lumínica (según LG7): Paredes / Plano útil: 0.460, Techo / Plano útil: 0.285.

Valor de eficiencia energética: 13.17 W/m² = 3.52 W/m²/100 lx (Base: 120.29 m²)

DL-SL PA / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 145200 lm
Potencia total: 1012.0 W
Factor mantenimiento: 0.80
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx] directo	indirecto	total	Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
Plano útil	559	85	644	/	/
Mesa 1	934	119	1052	/	/
Mesa 2	982	109	1090	/	/
Mesa 3	963	102	1065	/	/
Suelo	376	72	448	27	38
Techo	0.05	153	153	66	32
Pared 1	172	109	281	47	42
Pared 2	20	42	62	20	3.95
Pared 3	34	95	130	50	21
Pared 4	26	38	65	20	4.11

Simetrías en el plano útil
E_{min} / E_m: 0.079 (1:13)
E_{min} / E_{max}: 0.038 (1:26)

Proporción de intensidad lumínica (según LG7): Paredes / Plano útil: 0.277, Techo / Plano útil: 0.238.

Valor de eficiencia energética: 8.41 W/m² = 1.31 W/m²/100 lx (Base: 120.29 m²)

DL-SL PA / Rendering (procesado) en 3D

VI. ANEXO N°6

Presupuesto propuesta B:

Precio Dólar U$D *$44.94*	TABLERO ON-OFF				
	COMPONENTES	*CANTIDAD*	*PRECIO/unidad*	*PRECIO TOTAL - $*	*PRECIO TOTAL - U$D*
CONTROL	Sensor Detector Movimiento Exterior Ledvance 180º Ip44 220v	1	$ 757.00	$ 757.00	$ 16.84
GABINETE	Caja Gabinet Estanco Pvc Variplast 270x270x200 Eilat	1	$ 1,632.80	$ 1,632.80	$ 36.33
CONEXIONES	Cable rojo 2.5mm - $/m	2	$ 20.02	$ 40.04	$ 0.89
	Cable celeste 2.5mm - $/m	2	$ 20.02	$ 40.04	$ 0.89
	Terminal preaislado - 100u - 2.5mm	1	$ 139.00	$ 139.00	$ 3.09
ACTUADOR	Contactor Tripolar 12a 1na 220v Sica	1	$ 835.00	$ 835.00	$ 18.58
PRECIO TOTAL				**$ 3,443.88**	**$ 76.63**

Cálculo de TIR:

Propuesta B													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ahorro energía Pico		876.96	876.96	876.96	876.96	876.96	876.96	876.96	876.96	876.96	876.96	876.96	876.96
Ahorro energía Valle		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ahorro energía Resto		3408.90	3408.90	3408.90	3408.90	3408.90	3408.90	3408.90	3408.90	3408.90	3408.90	3408.90	3408.90
Ahorro IVA		900.03	900.03	900.03	900.03	900.03	900.03	900.03	900.03	900.03	900.03	900.03	900.03
Ahorro Otros Impuestos		254.15	254.15	254.15	254.15	254.15	254.15	254.15	254.15	254.15	254.15	254.15	254.15
Valor de desecho													12054.58
Inversion Inicial	-24109.16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo Neto	-24109.16	5440.04	5440.04	5440.04	5440.04	5440.04	5440.04	5440.04	5440.04	5440.04	5440.04	5440.04	17494.62
TIR mensual	21%												
Perìodo de Recupero	5 meses	-18669.12	-13229.07	-7789.03	-2348.99	3091.06							

Propuesta C													
Mes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ahorro energía Pico		938.72	938.72	938.72	938.72	938.72	938.72	938.72	938.72	938.72	938.72	938.72	938.72
Ahorro energía Valle		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ahorro energía Resto		4482.29	4482.29	4482.29	4482.29	4482.29	4482.29	4482.29	4482.29	4482.29	4482.29	4482.29	4482.29
Ahorro IVA		1138.41	1138.41	1138.41	1138.41	1138.41	1138.41	1138.41	1138.41	1138.41	1138.41	1138.41	1138.41
Ahorro Otros Impuestos		321.47	321.47	321.47	321.47	321.47	321.47	321.47	321.47	321.47	321.47	321.47	321.47
Valor de desecho													54721.6
Inversion Inicial	-68402.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo Neto	-68402.00	6880.89	6880.89	6880.89	6880.89	6880.89	6880.89	6880.89	6880.89	6880.89	6880.89	6880.89	61602.49
TIR mensual	9%												
Periodo de Recupero	10 meses	-61521.11	-54640.23	-47759.34	-40878.45	-33997.57	-27116.68	-20235.79	-13354.91	-6474.02	406.87		