

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DE UN  
EDIFICIO EXISTENTE MEDIANTE LA MEJORA DE LA  
GESTIÓN DEL AGUA Y ENERGÍA**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERA CIVIL**

**AUTOR:**

**JOHANNA STEPHANIE BARBARÁN BARBARÁN**

**ASESOR:**

**RAMZY KAHHAT ABEDRABBO, Ph. D.**

Lima, Mayo, 2019

## **RESUMEN**

En las últimas décadas la construcción de edificios de viviendas, oficinas, centros comerciales y demás se incrementó notablemente alrededor del mundo, y con ello, su impacto sobre el medio ambiente. Todos los edificios requieren energía y agua para satisfacer las necesidades de sus usuarios, este consumo se presenta en todas las etapas del ciclo de vida del edificio: extracción de recursos, manufactura de materiales, construcción, operación y demolición. Siendo las etapas de manufactura y operación las más importantes respecto al consumo de energía (Ochoa et al., 2005).

El objetivo de este proyecto es desarrollar una propuesta de conversión de un edificio ya operativo para mitigar los impactos ambientales de su configuración inicial, mediante mejoras en la gestión de la energía y el agua. El objeto de estudio será el Mac Gregor, edificio ubicado dentro de las instalaciones de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Para ello la metodología utilizada fue la siguiente: Se realizaron visitas al edificio para reconocer las oportunidades de mejora de los sistemas de agua y energía. En base a ello se analizó la situación actual de la gestión de agua y la energía en el edificio a través de simulaciones realizadas con el método de Hunter y el *software* de modelamiento EnergyPlus, respectivamente. Luego, se presentaron las propuestas de cambio, para nuevamente ser simuladas en una versión mejorada del edificio y obtener información cuantificable de las mejoras en términos de ahorro. Finalmente, se realizó un análisis de las mejoras ambientales representadas por una cantidad de emisión de GEI evitadas y un análisis de factibilidad económica del proyecto completo.

Con este proyecto, se logró reducir la cantidad de gasto energético en 14%, como de gasto hídrico en 20%; de este modo, se evita la emisión potencial de 34.5 tCO<sub>2</sub>eq anuales y se aminoraron los costos de mantenimiento anuales en los mismos porcentajes de ahorro. Asimismo, se concluye que convertir un edificio de oficinas administrativas ya operativo en uno de menores impactos ambientales resulta económicamente factible, con un periodo de retorno de la inversión de 9 años y una ganancia que asciende a 512,543 USD para un periodo de análisis de 30 años, en este caso.

## **AGRADECIMIENTOS**

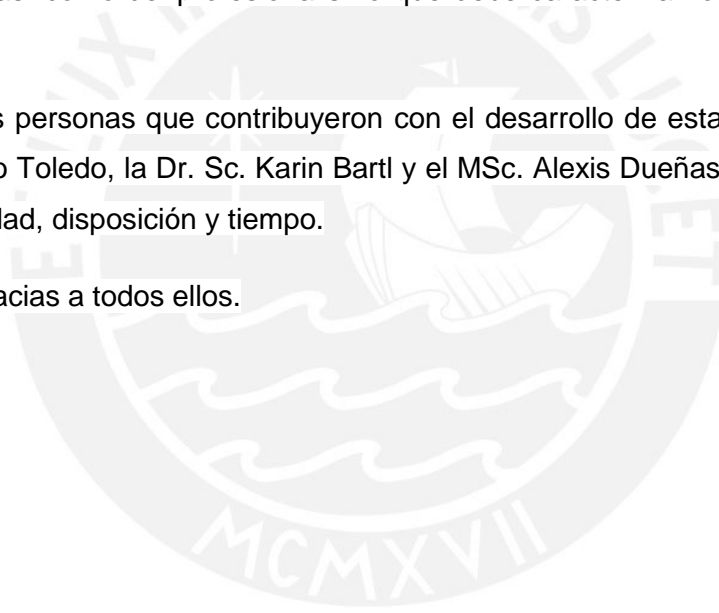
Agradezco a mis padres y hermanos, que me acompañan incondicionalmente en cada decisión que tomo con todo el cariño, comprensión y apoyo que los caracteriza desde siempre. Por haberme enseñado que cada día debo ser mejor que yo misma y a no rendirme ante las dificultades. Por ser mi mejor ejemplo de vida.

A mis mejores amigos, que me apoyaron en el camino a cumplir con este objetivo, con sus consejos, su confianza, su empuje y su cariño.

A mi asesor de tesis, Ph.D. Ramzy Kahhat Abedrabbo, que me apoyó con sus oportunas correcciones y de quien tuve la oportunidad de aprender en un salón de clases acerca de la influencia y responsabilidad que tiene la ingeniería en la preservación del medio ambiente, así como del profesionalismo que debe caracterizarnos al realizar nuestras labores.

A todas las personas que contribuyeron con el desarrollo de esta tesis, como la MSc. Rosa Miglio Toledo, la Dr. Sc. Karin Bartl y el MSc. Alexis Dueñas, muchas gracias por su amabilidad, disposición y tiempo.

Muchas gracias a todos ellos.



## ÍNDICE DE CONTENIDO

Resumen	ii
Índice	iv
Lista de figuras	vi
Lista de tablas	viii
Lista de acrónimos	x

## ÍNDICE

<u>CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN</u>	<u>1</u>
<u>CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES</u>	<u>3</u>
2.1. EFECTO INVERNADERO, CALENTAMIENTO GLOBAL Y CAMBIO CLIMÁTICO	3
2.2. ECO-EFICIENCIA	4
2.3. SITUACIÓN ENERGÉTICA EN EL MUNDO Y EN EL PERÚ	5
2.4. SITUACIÓN HÍDRICA EN EL MUNDO Y EN EL PERÚ	8
2.5. NORMATIVAS DE GESTIÓN AMBIENTAL	10
2.6. DESARROLLO SOSTENIBLE	12
2.7. EDIFICACIÓN SOSTENIBLE	15
2.8. CERTIFICACIONES PARA EDIFICIOS SOSTENIBLES	17
<u>CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA, OBJETIVOS, ALCANCES Y DESCRIPCIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO</u>	<u>19</u>
3.1. METODOLOGÍA	19
3.2. OBJETIVOS	20
3.3. ALCANCE DEL PROYECTO	20
3.4. DESCRIPCIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO	22
<u>CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DEL AGUA</u>	<u>24</u>
4.1. GESTIÓN ACTUAL	24
4.1.1. DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES ACTUALES DEL EDIFICIO	24
4.1.2. CÁLCULO DEL GASTO HÍDRICO INICIAL	25
4.2. PROPUESTAS DE CAMBIO	29
4.2.1. DESCRIPCIÓN DE PROPUESTAS DE CAMBIO	29
4.3. GESTIÓN PROPUESTA	32

iv

4.3.1.	REVISIÓN Y ANÁLISIS DE INSTALACIÓN DE PROPUESTAS DE CAMBIO	32
4.3.2.	CÁLCULO DEL GASTO HÍDRICO CON LAS PROPUESTAS DE CAMBIO	37
4.3.3.	ANÁLISIS COMPARATIVO DEL GASTO HÍDRICO CON LAS PROPUESTAS DE CAMBIO RESPECTO DEL INICIAL	38
4.3.4.	CRITERIOS DE CALIDAD PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES	41
4.3.5.	COMENTARIOS DE LA GESTIÓN PROPUESTA	44
<u>CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DE LA ENERGÍA</u>		<u>45</u>
5.1.	GESTIÓN ACTUAL	45
5.1.1.	DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES ACTUALES DEL EDIFICIO	45
5.1.2.	SIMULACIÓN ENERGÉTICA CON ENERGY PLUS	47
5.1.3.	RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN ENERGÉTICA	52
5.2.	PROPUESTAS DE CAMBIO	55
5.2.1.	DESCRIPCIÓN DE PROPUESTAS DE CAMBIO	55
5.3.	GESTIÓN PROPUESTA	62
5.3.1.	REVISIÓN Y ANÁLISIS DE INSTALACIÓN DE PROPUESTAS DE CAMBIO	62
5.3.2.	SIMULACIÓN ENERGÉTICA EN ENERGYPLUS CON LAS PROPUESTAS DE CAMBIO	64
5.3.3.	ANÁLISIS COMPARATIVO DEL GASTO ENERGÉTICO CON RESPECTO AL CÁLCULO INICIAL	68
5.3.4.	COMENTARIOS DE LA GESTIÓN PROPUESTA	71
<u>CAPÍTULO 6: ANÁLISIS DE LA PROPUESTA COMPLETA Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</u>		<u>72</u>
6.1.	ANÁLISIS DE LAS MEJORAS AMBIENTALES ALCANZADAS	72
6.2.	ANÁLISIS DE LA FACTIBILIDAD ECONÓMICA	73
6.3.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	77
<u>CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u>		<u>80</u>
7.1.	CONCLUSIONES	80
7.2.	RECOMENDACIONES	83
<u>BIBLIOGRAFÍA</u>		<u>84</u>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Producción Bruta Mundial de Energía Eléctrica por Tipo de Fuente .....	6
Figura 2. Mapa del Campus PUCP .....	22
Figura 3. Edificio C del Complejo Mac Gregor .....	22
Figura 4. Red de desagüe del SS.HH. de damas, Mac Gregor .....	30
Figura 5. Red de distribución de agua en el SS.HH. de damas, Mac Gregor .....	30
Figura 6. Urinario Seco .....	31
Figura 7. Porcentaje de Uso de Agua Potable Inicial .....	39
Figura 8. Porcentaje de Ahorro Respecto a Unidades de Gasto Iniciales .....	39
Figura 9. Porcentaje de Uso de Agua Potable Final.....	40
Figura 10. Comparación de Unidades de Gasto Inicial y Final de la Gestión del Agua	40
Figura 11. Comparación de Costos por Servicios de Agua Potable Final respecto al Inicial .....	41
Figura 12. Modelo del Edificio C en SketchUp – Vista Lateral Izquierda .....	51
Figura 13. Modelo del Edificio C en SketchUp – Vista Lateral Derecha .....	51
Figura 14. Gasto Energético en Porcentaje por Tipo de Uso .....	52
Figura 15. Consumo Energético Mensual por Tipo de Uso (KWh x 1000) .....	53
Figura 16. Costo Mensual por Servicios de Electricidad Inicial (USD).....	54
Figura 17. Ubicación de Paneles Fotovoltaicos en el Edificio C - SketchUp.....	56
Figura 18. Esquema de Requerimientos Mínimos de Equipos de Aire Acondicionado Instalados .....	56
Figura 19. Esquema de Equipos de Aire Acondicionado y Paneles fotovoltaicos.....	57
Figura 20. Dimensiones del Panel Fotovoltaico .....	58
Figura 21. Paneles Fotovoltaicos Vista en Planta .....	59
Figura 22. Modelo del Edificio C con Paneles Fotovoltaicos en SketchUp.....	64
Figura 23. Gasto Energético con las Propuestas de Cambio en Porcentaje .....	67
Figura 24. Consumos de Energía Mensual y Generación de Energía Mensual (KWh x 1000) .....	67
Figura 25. Costo Mensual por Servicios de Electricidad con Propuestas de Cambio (USD) .....	68
Figura 26. Comparación de Consumo Energético Anual Inicial y Final por Tipo de Uso (KWh x 1000).....	69
Figura 27. Comparación de Consumo Energético Inicial y Final por Mes (KWh x 1000) .....	69

Figura 28. Comparación de Costos por Servicios de Electricidad Final respecto a la Inicial ..... 70

Figura 30. Flujo de Caja Económico ..... 75

Figura 31. Balance Acumulado de la Inversión ..... 76



## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Consumo Final Total de Energía por Sectores al 2016 (TJ).....	7
Tabla 2. Oferta Hídrica, Población y Cuencas según Vertientes.....	9
Tabla 3. Porcentaje de Uso de Agua por Sectores Productivos.....	10
Tabla 4. Taxonomía de los Objetivos del Desarrollo Sostenible.....	13
Tabla 5. Uso detallado del Edificio C del Complejo Mac Gregor.....	23
Tabla 6. Cantidad de Aparatos Sanitarios por Piso en el Edificio C del Mac Gregor....	24
Tabla 7. Unidades de Gasto para el Cálculo de Distribución de Agua en Edificios.....	26
Tabla 8. Gastos Probables para Aplicación de Método de Hunter.....	27
Tabla 9. Cálculo de Gasto Máximo Probable de Agua con el Método de Hunter.....	28
Tabla 10. Unidades de Gasto a Tratar.....	32
Tabla 11. Unidades de Gasto de Demanda.....	32
Tabla 12. Porcentajes de Ahorro de la Propuesta 1 de la Gestión del Agua.....	32
Tabla 13. Cálculo de Generación de Aguas Grises y Demanda de Inodoros.....	33
Tabla 14. Selección de Planta de Tratamiento.....	34
Tabla 15. Selección de Tanques para Planta de Tratamiento.....	34
Tabla 16. Selección de Bomba para Planta de Tratamiento.....	34
Tabla 17. Costo de Inversión para la Propuesta 1 de la Gestión del Agua.....	35
Tabla 18. Costo de Operación Anual de la Propuesta 1 de la Gestión del Agua.....	35
Tabla 19. Porcentajes de Ahorro de la Propuesta 2 de la Gestión del Agua.....	36
Tabla 20. Costo de Inversión para la Propuesta 2 de la Gestión del Agua.....	36
Tabla 21. Costo de Operación de la Propuesta 2 de la Gestión del Agua.....	37
Tabla 22. Gasto Hídrico con las Propuestas de Cambio de la Gestión del Agua.....	38
Tabla 23. Calidad del agua de entrada a la Planta de Tratamiento.....	42
Tabla 24. Calidad del Agua de Salida y Frecuencia de Control de la Planta de Tratamiento para Uso Residencial.....	43
Tabla 25. Descripción de Tipos de Luminarias.....	45
Tabla 26. Cantidad de Luminarias por Piso en el Edificio C del Mac Gregor.....	46
Tabla 27. Cantidad de Computadoras en el Edificio C.....	46
Tabla 28. Cantidad de Componentes del Sistema HVAC en el Edificio C del Mac Gregor.....	47
Tabla 29. Potencia por Piso - Computadoras.....	48
Tabla 30. Potencia por Piso – Sistema HVAC, Ascensores y Bomba.....	48
Tabla 31. Potencia por Piso - Luminarias.....	49



Tabla 32. Horarios de Uso y Fechas de Actividades del Edificio C .....	50
Tabla 33. Gasto Energético Inicial del Edificio C (KWh).....	52
Tabla 34. Costo de Suministro de Electricidad de Enel Distribución Perú S.A.A (2018) 54	
Tabla 35. Especificaciones Técnicas Panel Fotovoltaico .....	58
Tabla 36. Descripción de Tipos de Luminaria de Reemplazo .....	61
Tabla 37. Costo de Inversión para la Propuesta 1 de la Gestión de la Energía.....	62
Tabla 38. Costo de Operación Anual de la Propuesta 1 de la Gestión de la Energía ....	63
Tabla 39. Costo de Inversión para la Propuesta 2 de la Gestión de la Energía.....	63
Tabla 40. Potencia por Piso de Luminarias con las Propuestas de Cambio.....	65
Tabla 41. Gasto Energético del Edificio C con las Propuestas de Cambio.....	66
Tabla 42. Comparación de Costos por Servicios de Electricidad Final respecto al Inicial y Porcentajes de Ahorro .....	70
Tabla 43. Cálculo de Emisión de GEI Evitados.....	72
Tabla 44. Ahorro Bruto de Agua .....	73
Tabla 45. Ahorro Neto de Agua .....	73
Tabla 46. Inversión Total de la Gestión del Agua.....	73
Tabla 47. Ahorro Bruto de Energía .....	74
Tabla 48. Ahorro Neto de Energía .....	74
Tabla 49. Inversión Total de la Gestión de la Energía.....	74
Tabla 50. Consideraciones para el Análisis de Flujo de Caja.....	75
Tabla 51. Indicadores para el Análisis de Factibilidad de la Inversión.....	76

## LISTA DE ACRÓNIMOS

ACV: Análisis de Ciclo de Vida

ANSI: American National Standards Institute

ASHRAE: American Society Of Heating, Refrigerating And A-C Engineers

BRE: Building Research Establishment

BREEAM: Building Research Establishment Environmental Assesment Metodology

CASBEE: Comprehensive Assesment System for Building Environmental Efficiency

CONAMA: Congreso Nacional del Medio Ambiente Chile

DOE: Department of Energy of the U.S

FONAM: Fondo Nacional del Ambiente del Perú

GEI: Gases de Efecto Invernadero

HVAC: Heating, Ventilating and Air Conditioned

ISO: International Organization for Standardization

JSBC: Japan Sustainable Building Consortium

LCA: Life Cycle Assesment

LCC: Life Cycle Cost

LEED: Leadership in Energy and Environmental Design

NTP: Norma Técnica Peruana

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible

OMS: Organización Mundial de la Salud

PNUD: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

PTAR: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

RNE: Reglamento Nacional de Edificaciones

TIR: Tasa interna de retorno

UG: Unidades de Gasto

USGBC: United States Green Building Council

VAN: Valor Actual Neto

WBCSD: World Business Council for Sustainable Development



## **CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN**

En las últimas décadas, el sector inmobiliario tuvo su auge alrededor del mundo; la construcción de edificios de viviendas, oficinas, edificios multifamiliares, entre otros, se incrementó exponencialmente en un corto periodo y con ello la preocupación de su impacto en el medio ambiente (The Economist, 2005; Gestión, 2012).

El sector construcción genera un alto impacto ambiental y coste energético en sus diferentes etapas, desde la extracción de materiales, la construcción del edificio, la ocupación (operación), hasta la demolición (Espí, 2001). Estos impactos, como todos los provocados por la actividad humana, afectan directamente al medio ambiente y a los usuarios. Algunos de los problemas que ocasionan son el agotamiento de recursos no renovables de energía primaria, el agotamiento del agua potable, la pérdida de fertilidad del suelo, los cambios en la biodiversidad, la disminución de la productividad en los usuarios, los problemas respiratorios debidos a la inadecuada ventilación de los espacios, entre otros (Macías & García Navarro, 2010).

Estos impactos son producidos por la emisión de CO<sub>2</sub> debido al uso de combustibles fósiles como el petróleo, el carbón mineral y el gas natural, que actualmente son la fuente principal de producción de energía secundaria (electricidad) en el Perú, según el balance energético 2016 del MINEM. El CO<sub>2</sub> es uno de los gases de efecto invernadero que más contribuye con el cambio climático, uno de los principales problemas que enfrenta la humanidad en la actualidad (Macías & García Navarro, 2010).

Diversos estudios se realizaron para evaluar las cargas ambientales asociadas a los edificios y determinar sus gastos energéticos en cada una de sus etapas, utilizando herramientas como el análisis de ciclo de vida (ACV), con la conclusión de que las etapas de extracción, construcción y demolición a pesar de ser procesos energéticamente intensos representan una minoría del gasto total de energía respecto al que se presenta en la fase de ocupación del edificio (Ochoa et al., 2005; Cáceres, A., 2016). En función al tiempo de vida útil de un edificio, el porcentaje de gasto energético utilizado solo en la construcción se calcula aproximadamente en 9% del total para un edificio de 50 años de vida útil y se reduce a 5% para uno de 100 años (Espí, 2001). Por ello, el planeamiento de la gestión eficiente de recursos para la fase de ocupación del edificio se convierte en una prioridad en el diseño de este.

Estas circunstancias dieron cabida al movimiento para la edificación verde; una concepción para diseñar edificios orientados al ahorro energético y la gestión eficaz de recursos. En el diseño de estos edificios se toman en cuenta diversos factores que contribuyen con la disminución de impactos ambientales, como los rendimientos ambientales de los materiales de construcción, el entorno en el que será construido, la eficiencia de los espacios, el coste de mantenimiento a lo largo de su vida útil, la producción de energía renovable en la parcela, la disposición de sus efectos al concluir su ciclo de vida, entre otros (Macías & García Navarro, 2010).

Sin embargo, aunque los nuevos lineamientos implementados para mejorar el rendimiento de un edificio nuevo contribuyen con la reducción de impactos ambientales con respecto a un edificio diseñado y construido tradicionalmente, en realidad no disminuyen los daños ambientales a nivel colectivo, ya que toda nueva edificación genera nuevas necesidades energéticas. Por ello, es importante entender que una de las soluciones, que efectivamente pueden reducir las cargas actuales sobre el medio ambiente, es la rehabilitación de edificios existentes o en su defecto, la sustitución de estos por edificios de bajo consumo (Moewes, 1997).

Es evidente que la mayoría de edificios que se encuentran en funcionamiento actualmente no fueron diseñados tomando en cuenta los parámetros discutidos, dado que el movimiento por la edificación verde es reciente, y que, por ende, son parte del cambio que es necesario realizar para disminuir efectivamente la carga ambiental actual.

La idea de este estudio surge como parte de la solución frente al problema planteado, la polución originada por edificios existentes diseñados sin lineamientos de sostenibilidad. En este se desarrollará una propuesta para la conversión de un edificio en operación en uno de menores impactos ambientales mediante mejoras en la gestión de la energía y agua.

## CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES

### 2.1. EFECTO INVERNADERO, CALENTAMIENTO GLOBAL Y CAMBIO CLIMÁTICO

El efecto invernadero es un mecanismo natural mediante el cual la Tierra se calienta. Esto se explica de la siguiente manera, la Tierra recibe radiaciones solares que no pueden ser totalmente absorbidas por la atmósfera debido a los gases que la componen, el planeta logra reflejar el 30% de las radiaciones solares hacia el espacio, que se conoce como albedo; el 20% es absorbido por la atmósfera; y el 50% logra llegar hasta la superficie de la Tierra (Caballero, Lozano & Orteaga, 2007).

La atmósfera está compuesta de Nitrógeno ( $N_2$ ) en un 78%, de Oxígeno ( $O_2$ ) en un 21% y de gases de efecto invernadero en el 1% restante, estos últimos están conformados principalmente de vapor de agua ( $H_2O$ ) y dióxido de carbono ( $CO_2$ ), gases constituidos por tres o más moléculas, y que a diferencia de los gases diatómicos o monoatómicos, como el  $N_2$  y el  $O_2$ , que son transparentes a la radiación terrestre, los gases de efecto invernadero no lo son. Estos son importantes para mantener la vida en la Tierra de encontrarse en concentraciones normales ya que sin ellos el planeta sería tan respirable como ahora, pero se encontraría a una temperatura de  $-18^{\circ}C$  (Garduño, 2004).

La Tierra al calentarse emite radiaciones de calor llamadas infrarrojas y una parte de ellas no logra ser reflejada al espacio debido al aumento en la concentración de gases de efecto invernadero que la retienen, principalmente el  $CO_2$ , y evitan la liberación del calor. Estos gases incrementan el efecto invernadero natural y provocan lo que se conoce como calentamiento global (Caballero et al., 2007).

Naturalmente a lo largo de la historia del planeta ha habido otros calentamientos y enfriamientos naturales, y, por ende, el clima también ha cambiado, de hecho "*Lo único constante del clima es su variabilidad*" (Garduño, 1998). Entonces el término calentamiento global se entiende como el sobrecalentamiento de la Tierra que provoca un desbalance en el sistema natural del medio ambiente, en la que las actividades humanas constituyen un aporte importante en el incremento de gases de efecto invernadero (Garduño, 2004).

A partir de lo anterior se desprende el término cambio climático que se definió dentro del marco de la convención de las Naciones Unidas sobre el cambio climático llevada a cabo

en 1992 en Río de Janeiro como *“un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables”* (Naciones Unidas, 1992).

De esta definición se infiere que la Tierra presenta cambios en su temperatura de manera natural pero que únicamente la variabilidad en el clima de origen antropogénico se denomina cambio climático (García, 2013).

## **2.2. ECO-EFICIENCIA**

La eco-eficiencia es un concepto que fue ampliamente definido en la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro en 1992, como una propuesta empresarial, por la WBCSD (*World Business Council for Sustainable Development*), como la creación de más bienes, servicios y calidad de vida, mientras se reduce progresivamente el uso de recursos, y con ello, los desperdicios y contaminación al medio ambiente (Ehrenfeld, 2005).

Este término no solo está relacionado directamente con el cuidado del medio ambiente, sino también involucra un concepto de sostenibilidad en todos los aspectos, pues implica la sinergia de tres factores principales, lo social, lo económico y lo ambiental (Leal, J, 2005).

La Unión Europea, con la Fundación Fórum Ambiental de la Agencia Europea del Medio Ambiente, elaboró un esquema de trabajo para promover la eco-eficiencia en proyectos a través de los siguientes principios:

- *“Concienciar sobre la necesidad de incorporar criterios de eco-eficiencia en el sistema económico y en la cultura social, con el fin de alcanzar un factor de mejora necesario para asegurar la sostenibilidad y la equidad en el planeta en las próximas décadas;*
- *Dar a conocer las oportunidades que ofrece la eco-eficiencia para mejorar la posición competitiva de las empresas y el país;*
- *Destacar qué supone la conciliación de la economía con el medio ambiente, al potenciar la eficiencia en la gestión de recursos de todo tipo en la empresa;*
- *Debatir la disponibilidad de instrumentos y los mecanismos financieros necesarios para su implantación; • Identificar las lagunas existentes para avanzar y hacerla viable; y*
- *Documentar iniciativas y experiencias significativas que se han realizado en este campo, destacando sus contribuciones económicas y ambientales.”* (Leal, 2005).

Por su parte el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), a través del FOMIN (Fondo Multilateral de Inversiones), en su objetivo de fomentar la eco-eficiencia en proyectos de emprendimiento (PYMES), definió su propio esquema de trabajo bajo las siguientes premisas (Leal, J, 2005):

- Regulaciones Ambientales (Normativas).
- Formación de Recursos Humanos (Capacitación).
- Mecanismos Financieros y de Inversión (Instrumentos).

Según su experiencia, el BID detalla que los impactos en una empresa que adopta la eco-eficiencia en sus prácticas a través de un programa de producción limpia, no solo significan un ahorro económico para la empresa y una reducción de la contaminación ambiental pensada inicialmente, sino también se mejoró la productividad laboral de los empleados, se logró ahorros de energía y materias primas, se disminuyeron los riesgos civiles ambientales, hubo descensos en las primas financieras y de seguros. También se encontraron factores emocionales vinculados los empleados y a los clientes, como mano de obra más motivada, enfoque para una mejora continua, mejor imagen pública y una mayor confianza del consumidor (FOMIN-BID, 2003).

Sin embargo, en la actualidad existen diferentes puntos de vista respecto a la definición completa de indicadores y medidores de la eco-eficiencia, estos generalmente son determinados por las empresas bajo diferentes enfoques y en función de sus objetivos (Leal, J, 2005).

### **2.3. SITUACIÓN ENERGÉTICA EN EL MUNDO Y EN EL PERÚ**

La energía ha sido uno de los temas de mayor preocupación en el mundo durante las últimas décadas, después de la primera crisis del petróleo de 1973 y la crisis ecológica de 1990 los países conocidos como mayores consumidores empezaron a tomar medidas tangibles para el ahorro energético y la diversificación de fuentes de energía (Macas Pallo, 2015). Sin embargo, con el paso de los años la demanda se ha ido incrementando de manera gradual y alarmante.

Según la Agencia Internacional de la Energía (2018), América del Norte y Oceanía son los continentes que consumen más de 10MWh de energía eléctrica per cápita, seguidos por gran parte de Asia y Europa con un consumo entre 5 a 10MWh, mientras que América del Centro y Sur consume entre 2.5 a 5MWh y por último África consume menos



de 1MWh. Dentro del gasto de energía eléctrica a nivel mundial el sector productivo que más consume es la industria con cerca de 10000TWh, seguida del sector residencial con 5000TWh, el sector comercial y de servicios públicos con 4000TWh, y finalmente por el sector transporte con menos de 400TWh.

Esto indica que, de mejorarse la gestión energética en el sector residencial, se podría obtener un alto impacto en el consumo de electricidad mundial. Y con ello, una reducción de impactos ambientales vinculados a la emisión de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) que emiten los combustibles al combustionar, dado que según el Informe general de la electricidad publicado por la Agencia Internacional de la Energía (2018), en el mundo aún el 67% de energía eléctrica se produce con combustibles, como se muestra en la Figura 1.

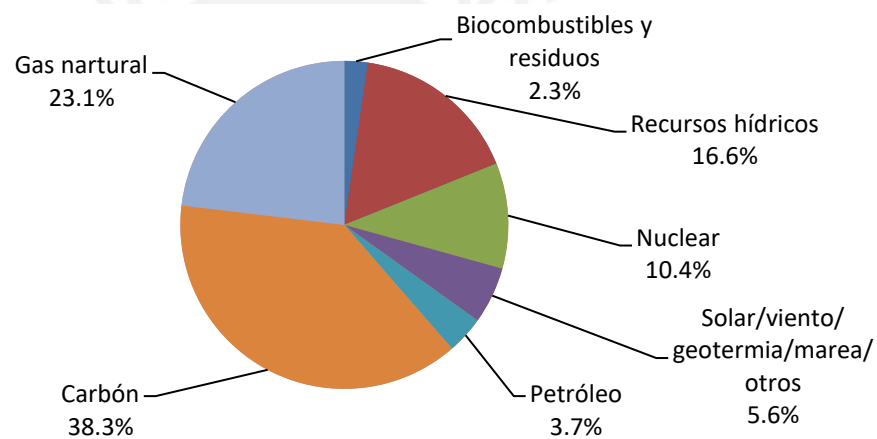


Figura 1. Producción Bruta Mundial de Energía Eléctrica por Tipo de Fuente

Fuente: Adaptado de la Agencia Internacional de la Energía (IEA), 2018.

Las fuentes combustibles provienen del carbón, el gas natural, los biocombustibles, el petróleo y sus derivados, y de residuos municipales e industriales. Solo el 5.6% de electricidad es producida por fuentes alternativas renovables, a nivel mundial.

En este contexto, el Perú también ha presentado una demanda energética ascendente en los últimos años a razón del crecimiento económico del país. Entre el 2003 y 2015, el Producto Bruto Interno (PBI) en porcentaje se incrementó en 97%; mientras que la producción de electricidad se incrementó en 115% (Quintanilla, 2016). Por otro lado, cada vez más personas habitan zonas urbanas y presentan nuevas necesidades que se

deben satisfacer, por ello la cobertura eléctrica promedio nacional pasó de 57% en el año 1993, a 71 % el año 2003 y ha llegado a tener el 91% de cobertura en el año 2013, actualmente se espera que este valor sea cercano al 100% (MINEM, 2014).

Asimismo, es preciso acotar el consumo de energía por sectores económicos en el Perú, la Tabla 1 presenta esta información con datos al 2016:

Tabla 1. *Consumo Final Total de Energía por Sectores al 2016 (TJ)*

SECTOR	2016	%
Transporte	346,197	44%
Residencial, comercial y público	210,823	27%
Industria y minería	199,092	25%
Agropecuario, agroindustria y pesca	15,130	2%
No energético	16,697	2%
<b>TOTAL</b>	<b>787,939</b>	<b>100%</b>

Fuente: Adaptado del Ministerio de Energía y Minas (MINEM), 2016.

Este consumo de energía total está compuesto en su mayoría por energía para combustible: Diesel B5 / Diesel 2, en un 28% y por energía eléctrica en un 20%. Según la Tabla 1 el sector residencial, comercial y público se sitúa como segundo mayor consumidor de energía después del Transporte, es decir, el consumo por aparatos que se utilizan cotidianamente en viviendas, escuelas, universidades, centros comerciales, edificios de oficinas, etc., es uno de los rubros con mayor consumo de energía en el Perú y dentro de este sector la energía de uso principal es la eléctrica (MINEM, 2016).

La energía eléctrica se ha vuelto imprescindible en la vida de las personas sobre todo después del boom de la tecnología, por lo que es coherente que sea una de las que mayor gasto presente. Tan solo entre 1990 y el 2016 el incremento del consumo de energía eléctrica fue de 288% aproximadamente (IEA, 2018).

Así como aumentó el consumo eléctrico también se incrementaron las fuentes que la producen. El Perú ha utilizado por excelencia fuentes hidroeléctricas y el petróleo para la generación de energía eléctrica durante muchos años; sin embargo, en la última década el uso de fuentes biocombustibles se ha incrementado y el uso del petróleo, para este fin, ha disminuido. Además, desde el 2015 se han sumado un poco más notoriamente que en otros años las fuentes de energía renovables como la solar y eólica (IEA, 2018).

Acerca de las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas por los combustibles en el Perú se registró un aumento de más del 50% entre 1990 al 2016 y la emisión por persona actualmente supera las 1.5 toneladas de CO<sub>2</sub> al año (IEA, 2018).

Sin duda, el Perú está enfrentando un proceso de enorme crecimiento en la demanda energética y al ser un país rico en recursos naturales podría aprovechar más de una fuente renovable, como la energía solar, eólica, biomasa, entre otras, para abastecerse y además contrarrestar la polución también creciente que la demanda ocasiona. Implementar cambios en los sectores de alto impacto como el residencial resultaría beneficioso para contribuir con la disminución de las cifras mostradas, es por ello que los edificios en general, representan una oportunidad significativa para reducir el consumo energético, ya sea a través de la reducción de desperdicios, mejoras en la eficiencia o cambios en la operación.

#### **2.4. SITUACIÓN HÍDRICA EN EL MUNDO Y EN EL PERÚ**

El Perú es un país rico por sus recursos naturales, posee aproximadamente el 4.6% del agua dulce de la Tierra, ocupa el 0.87% de la superficie terrestre y alberga al 0.005% de la población mundial (UNESCO, 2006), es considerado el país con mayor disponibilidad de agua dulce por persona de América Latina, con un promedio anual de agua disponible de 776600 m<sup>3</sup> por habitante (MINAM, 2012) pese a ello presenta problemas de abastecimiento en el territorio. A causa de dos principales problemas: la desproporcionada distribución de la población respecto de la ubicación natural de recursos hídricos y la deficiencia en el uso de agua por los principales sectores consumidores (PNUD, 2013).

En la Tabla 2 se muestra la oferta hídrica en el Perú, constituida por 3 vertientes.

Tabla 2. *Oferta Hídrica, Población y Cuencas según Vertientes*

VERTIENTE	POBLACIÓN 2010 (estimada)	EXTENSIÓN (Km <sup>2</sup> )	AGUA (Hm <sup>3</sup> )			NÚMERO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS
			SUPERFICIAL	SUBTERRÁNEA	TOTAL (%)	
Pacífico	62.3	21.8	2.0	100	2	62
Atlántico	33.5	74.4	97.4	-	97	84
Lago Titicaca	4.2	3.8	0.6	-	1	13
Total (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100	-
Total absoluto	29,461,933	1,285,215	1,765,323	2,849	1,768,172	159

Fuentes: Autoridad Nacional del Agua – ANA (2012)

La vertiente del pacífico abastece al 62.3% de la población nacional a pesar de contar únicamente con el 2.2% de agua disponible en el Perú, lo cual es parte de la distribución natural que presenta el territorio peruano, pero acompañando a este gran déficit de agua, se conoce que se vierten al mar más de 630 millones de m<sup>3</sup> (20 m<sup>3</sup>/s) de aguas servidas al año sin recibir algún tipo de tratamiento para ser reutilizadas, tan solo en la ciudad de Lima (Parodi, 2016). Reutilizar el agua sería una solución muy conveniente para aminorar este enorme desequilibrio hídrico; a la fecha existen plantas de tratamiento de aguas residuales que reutilizan el agua en riego para cultivos, después de cumplir los estándares de calidad establecidos en el Artículo 150 (Criterios para evaluar la calidad del agua para reuso) del Decreto Supremo N° 001-2010-AG, Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos; sin embargo, son menos los proyectos que reutilizan agua en edificios, viviendas o centros comerciales, es decir esta práctica aún no es común en el Perú. Evidentemente, esta situación se traduce en un caso de escasez y uso ineficiente del agua.

Por otro lado, la Tabla 3 muestra la distribución de usos de agua en el Perú de acuerdo al sector que abastecen.

Tabla 3. Porcentaje de Uso de Agua por Sectores Productivos

VERTIENTE	USO CONSUNTIVO, QUE AGOTA EL RECURSO								NO CONSUNTIVO (energético)	
	POBLACIONAL %		AGRÍCOLA %		INDUSTRIAL %		MINERO %			TOTAL
Pacífico	2,086	12,0	14,051	80	1,103	6,0	302	2,0	17,542	4,245
Atlántico	345	14,0	1,946	80	43	2,0	97	4,0	2,437	6,881
Titicaca	27	30,0	61	66,0	3	3,0	2	3,0	93	13
<b>PERÚ</b>	<b>2,458</b>	<b>12,0</b>	<b>16,058</b>	<b>80</b>	<b>1,155</b>	<b>6,0</b>	<b>401</b>	<b>2,0</b>	<b>20,072</b>	<b>11,139</b>

Fuentes: MINAM (2010)

El sector poblacional se sitúa como segundo mayor consumidor de agua a nivel nacional después del sector agrícola; es decir, solamente el consumo humano propiamente dicho gasta aproximadamente el 12% del agua en el Perú, cantidad que supera al sector industrial y minero en más del doble (PNDU, 2013). Resulta fácil comprender, entonces, que la gestión eficiente del agua para consumo tendría un impacto enormemente positivo dentro de la situación hídrica en el Perú, en especial en ciudades como Lima que alberga casi a la tercera parte de la población nacional y en donde cerca de 800,000 personas aún no cuentan con el servicio de agua potable (Parodi, 2016).

## 2.5. NORMATIVAS DE GESTIÓN AMBIENTAL

Los sistemas de gestión ambiental son procesos cíclicos mediante los cuales se planifica, implanta, verifica y mejora las acciones y procedimientos de productos o servicios que realiza una organización para garantizar el cumplimiento de sus objetivos ambientales. Estos obedecen a una serie de objetivos y metas específicos para cada caso de evaluación (García, 2013).

Actualmente las normas principales de la gestión ambiental a nivel global son las siguientes:

- **BS 7750**, por sus siglas en inglés *British Standard 7750* fue la primera norma nacional de la Unión Europea creada en Inglaterra por la Institución de Normalización Británica en 1992, esta sirvió para uniformizar el sistema de gestión ambiental en la Unión Europea y fue base para la creación posterior de otros sistemas ambientales que pudieran ser utilizados internacionalmente como la ISO 14000 (Romero, 2009).

- **EMAS**, por sus siglas en inglés *Eco-Management and Audit Scheme* fue desarrollada en 1993 y autorizada por la norma 1836/03 de la Comunidad Económica Europea (Romero, 2009). Se encuentra exigida en el reglamento de la Unión Europea y se aplica a instalaciones individuales y actividades específicas (Joseph, Woods & Philip, 1997).
- **ISO-14001**, desarrollada por primera vez por la ISO en 1996, es una certificación voluntaria previo consenso, está orientada al sector privado y es aceptada internacionalmente (Romero, 2009). Su aplicabilidad es flexible, es posible certificar productos, actividades o servicios de una organización entera de cualquier sector o solo a una parte de ella. Su enfoque se encuentra en el sistema de administración ambiental y las auditorías incluyen vigilancia y medición de las características ambientales clave (Joseph et al. 1997).

Durante el 2017 se aumentó en 5% el número de certificaciones ISO 14001 a nivel mundial, con una cifra final de 362,610 certificaciones, dentro de las que la mayoría se encuentran en China, Japón y el Reino Unido. El sector industrial con mayores certificaciones fue el de la construcción, seguido de productos metálicos y materiales base (ISO, 2018).

En el Perú se estableció en el 2015 la modificación de la Norma Técnica Peruana NTP-ISO 14001:2009 por la NTP-ISO 14001:2015 Sistemas de Gestión Ambiental. Requisitos con orientación para su uso, por el INACAL (Instituto Nacional de Calidad). Esta norma es una adopción del ISO 14001:2015 en donde se describen los objetivos del sistema de gestión ambiental detallados a continuación:

- La protección del ambiente mediante la prevención o mitigación de impactos adversos a este.
- La mitigación del efecto potencial adverso de las condiciones ambientales sobre la organización.
- La asistencia en el cumplimiento de los requisitos legales y otros requisitos.
- La mejora del desempeño ambiental.
- La perspectiva de ciclo de vida de todo producto o servicio de modo que se pueda controlar la forma en que la organización diseña, fabrica, distribuye, consume y dispone finalmente de este.
- La obtención de beneficios financieros que provengan de la implementación de las alternativas ambientales que fortalezcan la posición comercial de la organización.

- La fluida comunicación de la información ambiental a todas las partes involucradas (NTP-ISO 14001:2015).

Si bien las NTP son de carácter voluntario, sirven de referencia técnica para incorporar mejoras en la gestión ambiental de las organizaciones interesadas en alcanzar los mencionados objetivos.

## **2.6. DESARROLLO SOSTENIBLE**

El término de desarrollo sostenible surge en La Cumbre de la Tierra, llevada a cabo en junio de 1992 en Río de Janeiro Brasil, organizada durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Esta fue cuna de la AGENDA 21 que planteó la sostenibilidad como un concepto que abarca cuatro dimensiones: social, económica, ambiental e institucional. Entendidas cada una como sigue: La dimensión social, el factor humano, su comportamiento y todo lo que le concierne; la económica, el capital generado por el factor humano como subsistema de la sociedad; la ambiental, los procesos biogeológicos y sus elementos; y la institucional, como todo lo relativo a las instituciones y las normas que las rigen (Spangenberg & Deller, 2002).

El concepto de sostenibilidad cuya definición más breve es la capacidad de hacer sostenible el desarrollo satisfaciendo las necesidades del presente sin destruir los recursos necesarios para las del futuro; termina de ser ampliamente explicada haciendo énfasis en, primero, las necesidades a ser satisfechas, especialmente del sector humano en situación de pobreza, para lo cual se requiere de una mejor distribución de recursos y oportunidades; y segundo, como la limitación del crecimiento debido al deterioro que causan las actividades humanas en el medio ambiente (Keeble, 1998).

Además, la WCED (*World Commission on Environment and Development*) establece que para lograr dicho propósito será necesario crear una nueva era de crecimiento económico que elimine la pobreza y un cambio importante en la calidad del desarrollo, que por muchos años estuvo vinculado a la falta de consideración con el deterioro del medio ambiente y la sentencia de pobreza hacia un sector de la población. Recalca que solo con la colaboración internacional se podrá lidiar con este objetivo global (Keeble, 1998).

En la Tabla 4 se muestra la taxonomía de los objetivos detrás del concepto de desarrollo sostenible en cada una de sus dimensiones.

Tabla 4. Taxonomía de los Objetivos del Desarrollo Sostenible

LO QUE DEBE SER SOSTENIDO	LO QUE DEBE SER DESARROLLADO
<b>Naturaleza</b> Tierra Biodiversidad Ecosistemas	<b>Personas</b> Supervivencia infantil Expectativa de vida Educación Equidad Igualdad de oportunidades
<b>Apoyo a la vida</b> Servicios del ecosistema Recursos Medio ambiente	<b>Economía</b> Riqueza Sectores productivos Consumo
<b>Comunidad</b> Culturas Grupos Lugares	<b>Sociedad</b> Instituciones Capital social Estados Regiones

Adaptado y traducido de “Characterizing and measuring sustainable development” de Parris & Kates, 2003.

Actualmente existen diversas estrategias políticas para cumplir tales objetivos, como las que plantea Acosta & Cilento (2005):

- La descentralización y desconcentración.
- La innovación en la normativa, tomando en cuenta las nuevas necesidades de la sociedad.
- La innovación y desarrollo en temas que contribuyan con el objetivo
- El apoyo a las comunidades organizadas

Las estrategias generales mencionadas resultan útiles para cumplir el objetivo en cualquier parte del mundo, no cabe duda que cada país en función a su realidad plantea sus propias estrategias y sectores de enfoque. En el año 2002, en el Perú, se identificaron cuatro principales sectores para impulsar el crecimiento económico y el desarrollo sostenible: Agroindustria, turismo, diversidad biológica y biotecnología, e infraestructura (Galarza, Gómez de Zea & Gonzales, 2002).



En el ámbito de la infraestructura, se fomenta el crecimiento y el otorgamiento de concesión de puertos, aeropuertos, ferrocarriles y caminos; con el fin de promover la sostenibilidad social y económica en el país, dejando de lado la estrategia para lograr la sostenibilidad ambiental en este rubro (Galarza et al., 2002).

En el 2015, las Naciones Unidas logró establecer los ODS (Objetivos para el Desarrollo Sostenible) como continuidad de los ODM (Objetivos del Milenio) cuya agenda finalizaba en 2015, para darle continuidad al objetivo trazado de transición hacia la sostenibilidad, implementada para todos los países miembros de la ONU, el Perú dentro de ellos (Vilchez, Gil Pérez, Calero, Toscano & Macías, 2014).

Los ODS persiguen tres objetivos principales: Acabar con la pobreza, cuidar el medio ambiente y brindar una buena calidad de vida a todos; y están organizados en 17 objetivos, que se mencionan a continuación (PNUD, 2019):

1. Fin de la pobreza
2. Hambre cero
3. Salud y bienestar
4. Educación de calidad
5. Igualdad de género
6. Agua limpia y saneamiento
7. Energía asequible y no contaminante
8. Trabajo decente y crecimiento económico
9. Industria, innovación e infraestructura
10. Reducción de las desigualdades
11. Ciudades y comunidades sostenibles
12. Producción y consumo responsable
13. Acción por el clima
14. Vida submarina
15. Vida de ecosistemas terrestres
16. Paz, justicia e instituciones sólidas
17. Alianzas para lograr los objetivos

De esta manera se logra estandarizar objetivos, metas y el rumbo de la sostenibilidad en los países miembros de la ONU.

## 2.7. EDIFICACIÓN SOSTENIBLE

El concepto de edificación sostenible nace a partir del movimiento hacia la edificación verde que ocurrió en los años 70 y que estuvo enfocada principalmente en la eficiencia energética y conservación de energía en edificios. Posteriormente al conocerse la magnitud del impacto que genera un edificio en su etapa de mantenimiento, tanto al medio ambiente por la contaminación ocasionada en su operatividad, como a los usuarios a causa de la mala ventilación y calidad del aire, surgió una mayor preocupación por el tema (Macías & Navarro, 2010).

Los problemas hallados en la sociedad actual como el despilfarro energético, el creciente consumo de recursos, los hábitos de consumo, el alto aumento de la huella ecológica y los microclimas urbanos han creado la necesidad de enfocar el desarrollo urbano de manera sostenible, y con ello la creación del concepto de edificación sostenible y su desarrollo (Higueras, 2009).

Actualmente ya existen metodologías, como el ACV (Análisis de Ciclo de Vida), que nos proporcionan herramientas para identificar y determinar la magnitud de los impactos que se generan en las diferentes etapas de un proceso de producción. De este modo se le puede asignar un impacto ambiental a cada producto o actividad realizado por el hombre (Lamana & Aja, 2010).

Autores como Margarita de Luxán (1996) afirman que el ACV es una herramienta de evaluación necesaria para la construcción sostenible:

*"Si se analiza la actividad entera que implica una construcción, se habrá de valorar su incidencia medioambiental en todo el proceso:*

- *Extracción de rocas, minerales y materiales de todo tipo.*
- *Gastos energéticos y procedimientos para la fabricación de elementos constructivos.*
- *Gastos energéticos y procedimientos para la fabricación de sistemas y equipos de instalaciones.*
- *Transporte de materiales, elementos y equipos.*
- *Puesta en obra, medios y maquinaria.*
- *Gastos energéticos en climatización e iluminación y contaminación derivada.*
- *Mantenimiento y uso, agua, residuos y vertidos.*

- *Reutilización y procedimientos para cambios de uso.*
- *Derribo y derivaciones del abandono de las edificaciones.*

*Al relacionar cada una de estas fases con los principales problemas medioambientales actuales, se descubre la verdadera extensión de las repercusiones derivadas de la construcción” (Luxán, 1996).*

Al notar cuáles serían los impactos ocasionados por la construcción de un edificio, se asimila que esta en sí misma implica desde su concepción un factor perjudicial para el medio ambiente puesto que requiere grandes cantidades de energía para generar los componentes básicos de sus principales materiales y, además, durante y después de la ejecución del proyecto expide residuos que contribuyen aún más con la degradación del medio ambiente. Existen empresas que han rehabilitado sus instalaciones con el objetivo de cambiar la gestión de sus recursos e incrementar su rentabilidad. Por este motivo, un edificio debería ser tomado como un producto “imperfecto” que es susceptible de cambios y es necesario que pueda adaptarse a las circunstancias que se le presenten en determinada ocasión; estos cambios pueden ser espaciales, estructurales o de servicio y aun así el edificio debería ser capaz de ser versátil en su uso (Goñi, 2014).

Es así que analizar el impacto ambiental que la construcción de un edificio puede generar es de vital importancia para que su diseño sea enfocado de manera sostenible y su posterior renovación sea mínima de acuerdo a los avances tecnológicos en el tiempo. Algunas estrategias planteadas por Acosta & Cilento (2005) para implementar en el diseño de un edificio y alcanzar una edificación sostenible se mencionan a continuación:

- Reducción del uso de recursos
- Eficiencia energética
- Reducción de la contaminación y toxicidad desde el diseño
- Construir bajo la premisa de “desperdicio cero”
- Producción local y manufactura flexible

En el mundo se han construido edificios eco-eficientes que cuentan con un excelente desempeño e impactos ambientales controlados. Sin embargo, la gran mayoría de constructores aún no adopta las recomendaciones mínimas necesarias para desarrollar proyectos eco-eficientes y continúan diseñando tradicionalmente. Es necesario entender que, los edificios (espacios cerrados) son los lugares donde los seres humanos

permanecemos casi el 90% de nuestras vidas y consumen entre el 20 y 50% de los recursos naturales que se consumen en actividades humanas (materias primas) como el agua y la energía (Ramírez, 2002).

## **2.8. CERTIFICACIONES PARA EDIFICIOS SOSTENIBLES**

La certificación de edificios consiste en evaluar el desempeño de estos de acuerdo a criterios establecidos por algún sistema de certificación. Actualmente estos sirven para cuantificar el nivel de sostenibilidad del edificio y categorizarlo en función a este (Ding, 2008). Sirve como incentivo para promover prácticas sostenibles en el rubro de la construcción, agrega valor a los proyectos dado que simboliza un reconocimiento formal de una entidad confiable (ICLEI, 2011).

A continuación, se mencionan tres metodologías de evaluación representativas por contener herramientas avanzadas de evaluación y servir para crear nuevas metodologías de evaluación (Molina, 2014):

**LEED** (*Leadership in Energy and Environmental Design*): Este sistema de evaluación ha sido la herramienta más difundida a nivel global para fomentar la construcción sostenible y proporcionar medidas estándar para la evaluación de la sostenibilidad de un edificio, con la salvedad de que estas medidas deben ser adaptadas y escaladas a la realidad del país donde se realice la evaluación (Re & Blasco Lucas, 2009). Esta fue desarrollada por el USGBC (*United States Green Building Council*) en 1998 que consiste en una lista de verificación de requisitos establecidos para una gama de edificios por categorías de acuerdo al sistema de valoración vigente. Dentro de esta gama se encuentran los siguientes tipos certificación: LEED-NC para nuevas construcciones y grandes remodelaciones; LEED – EB para edificios existentes, operación y mantenimiento; LEED-ND desarrollo de urbanizaciones; LEED-H para viviendas unifamiliares; LEED-CS envolvente y estructura; LEED-CI interiores comerciales o remodelaciones menores.

Los criterios de evaluación son los siguientes: Sitios sostenibles (SS), ubicación y transporte (LL), eficiencia en el agua (WE), energía y atmósfera (EA), material y recursos (MR), calidad del ambiente interior (EQ) e innovación y diseño (ID). Cada criterio presenta una lista de requisitos a cumplir para acumular puntos y de acuerdo a ello se le asigne una certificación, que puede ser LEED Platino con 80 a más puntos, LEED Oro

con 60 a 79 puntos, LEED Plata con 50 a 59 puntos o Certificado LEED con 40 a 49 puntos (USGBC, 2014).

**BREEAM** (*Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology*): Este método de evaluación es ampliamente utilizado en el Reino Unido, fue desarrollado por el BRE (*Building Research Establishment*) en 1990. Sus categorías de certificación son BREEAM EcohomesXB, BREEAM Salud, BREEAM Industrial, BREEAM Internacional (para certificaciones adaptadas a edificios fuera del Reino Unido), BREEAM Multi-residencial, BREEAM Prisiones, BREEAM Oficinas, BREEAM Comercio, BREEAM Educación, BREEAM Comunidades, BREEAM En Uso y BREEAM Tribunales. Contempla criterios de evaluación que varían de acuerdo al tipo de edificación y los tipos de certificación que ofrece son *Pass* (Aprobado), *Good* (Bueno), *Very Good* (Muy bueno), *Excellent* (Excelente), *Outstanding* (Sobresaliente) (ICLEI, 2011).

**CASBEE** (*Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency*): Este sistema de evaluación fue creado para el mercado japonés en el 2003 por el JSBC (*Japan Sustainable Building Consortium*). Contempla 4 campos de investigación: Eficiencia energética, eficiencia de recursos, ambiente local y ambiente interno, que a su vez se dividen en calidad y cargas. Calidad (Q): Q1 - ambiente interior cómodo, saludable y seguro; Q2 - sostenibilidad a la vida útil; Q3 - contribución regional para la vista y la ecología. Cargas (L): LR1 - conservación de energía y agua; LR2 - conservación de recursos y reducción en la generación de residuos de construcción; y LR3 - contribución a la mejora en el entorno regional y mundial.

Los tipos de edificios que se evalúan son los siguientes: CASBEE para Pre-Proyecto; CASBEE para Nuevas Construcciones; CASBEE para Edificios Existentes; y CASBEE para Reformas. Cada una puede abarcar diversos usos (oficinas, viviendas, etc.). Y las certificaciones que ofrecen se clasifican de la siguiente manera: Clase S, Clase A, Clase B+, Clase B- y Clase C, que se traduce en categoría excelente a baja, respectivamente (ICLEI, 2011).

## **CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA, OBJETIVOS, ALCANCES Y DESCRIPCIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO**

### **3.1. METODOLOGÍA**

La metodología utilizada para este proyecto es en primer lugar, identificar las oportunidades de ahorro de los sistemas de agua y energía por lo que se realizarán visitas a las instalaciones del edificio. En esta etapa es necesaria la disponibilidad de planos de arquitectura e instalaciones sanitarias y eléctricas para facilitar su reconocimiento durante la visita; es importante observar las características y modos de funcionamiento de los aparatos de gasto, tanto de agua como de energía, de modo que se pueda realizar una primera evaluación de las deficiencias en su uso.

Se procede con la mejora en la gestión del agua, en este capítulo se realizarán propuestas para disminuir el gasto hídrico de este edificio. Primero se estimará el gasto total de agua a través del método de Hunter (método basado en gastos máximos probables para diseño de tuberías), tomando en cuenta todos los aparatos pertinentes, que en este caso serán los inodoros, urinarios, lavatorios y lavaderos. Luego se elaborarán propuestas de cambio con sistemas que optimicen el gasto de agua, en las que se incluirán reemplazo de aparatos y sistemas de reciclaje de agua. Finalmente se realizará una nueva estimación de gasto hídrico a través del mismo método para compararla respecto a la estimación inicial.

La segunda parte de este proyecto consiste en mejorar la gestión de la energía, para ello se realizará el modelaje del edificio en su condición actual utilizando el EnergyPlus, programa de simulación energética para edificios que se describirá en el alcance de este manuscrito. En la simulación inicial se tomarán en cuenta todos los equipos que utilicen energía, tales como aparatos eléctricos, luminarias y aire acondicionado. Luego se presentarán propuestas de cambio para optimizar el gasto energético, en las que se incluirán cambios de equipos y cambios de fuente energética. Finalmente, se simulará el edificio con las propuestas implementadas para compararla con los resultados de la simulación inicial.

Seguidamente, se realizará una cuantificación de las mejoras ambientales alcanzadas con este proyecto y un análisis de factibilidad económica.

Por último, se detallarán las conclusiones y recomendaciones del proyecto.

## **3.2. OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

El objetivo general de este proyecto es desarrollar una propuesta de conversión del edificio C del complejo Mac Gregor, para mitigar los impactos ambientales asociados a su configuración inicial mediante mejoras en la gestión de la energía y el agua.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar propuestas para la mejora de la eficiencia hídrica del edificio y evaluarla mediante una simulación de gasto con el método de Hunter.
- Realizar propuestas para la mejora de la eficiencia energética del edificio y evaluar su desempeño mediante una simulación en EnergyPlus.
- Realizar un análisis de las mejoras ambientales alcanzadas con las propuestas implementadas y la factibilidad económica del proyecto.

## **3.3. ALCANCE DEL PROYECTO**

El alcance del proyecto estará limitado a la evaluación de, únicamente, la gestión del agua y energía del Mac Gregor, parte C.

### **GESTIÓN DEL AGUA: USO DEL MÉTODO DE HUNTER**

Dado que en el campus no cuenta con medidores en cada edificio, las estimaciones de gasto hídrico, tanto inicial como final, se realizarán con el método de Hunter que es utilizado por la Norma IS.010 del Reglamento Nacional de Edificaciones para el diseño de redes de distribución en edificaciones. Teóricamente este método se aplica a edificios de departamentos u oficinas que contemplan una gran cantidad de aparatos sanitarios, debido a que se basa en gastos probables para un determinado número de unidades que, aunque tengan probabilidad de no ser excedidos, puede que en alguna ocasión lo sean (Pérez & Martin, 2008). Por lo tanto, los resultados obtenidos serán gastos máximos del edificio, estos serán calculados de acuerdo al diseño de los planos del edificio.

## **GESTIÓN DE LA ENERGÍA: USO DEL ENERGYPLUS**

Para el cálculo de gasto de energía se utilizará el EnergyPlus, que es un programa de análisis energético y simulación de carga térmica creado por el Departamento de Energía de Estados Unidos, U.S. DOE por sus siglas en inglés. Surge de dos programas base, el BLAST y el DOE-2 que fueron lanzados a fines de los años 70 debido a la crisis energética de entonces y posteriormente reemplazadas por el EnergyPlus (EnergyPlus Overview, 2018). Sus funciones son múltiples y se pueden adaptar a numerosas situaciones, para este caso en particular se utilizará la definición de horarios específicos y diferentes para cada día, el análisis de la iluminación interior, el cálculo de energía eléctrica y cálculo de energía producida. Cabe resaltar que en este proyecto no se realizará un análisis de confort térmico ni de las redes de ventilación, dado que el Edificio C se conecta con la parte A y B del complejo Mac Gregor mediante aberturas en los muros y en diferentes niveles, por lo que convendría realizar un análisis más específico para esos aspectos. Por lo mismo, las propuestas de cambio no estarán enfocadas en el sistema HVAC.

### **ANÁLISIS DEL PROYECTO COMPLETO**

#### **▪ ANÁLISIS DE LAS MEJORAS AMBIENTALES ALCANZADAS**

Se analizará las mejoras ambientales mediante un cálculo de GEI (Gases de Efecto Invernadero) evitados, obtenidos a partir del equivalente del ahorro energético e hídrico en tCO<sub>2</sub>eq. Los factores de emisión que se utilizarán provienen de estudios previos de ACV (Análisis de Ciclo de Vida) realizados en Perú tanto para la producción de energía eléctrica como para un sistema de tratamiento de agua potable.

#### **▪ ANÁLISIS DE LA FACTIBILIDAD ECONÓMICA**

Se realizará el análisis de la factibilidad económica del proyecto mediante un flujo de caja elaborado en función a los ahorros presentados por los cambios realizados y los parámetros económicos actuales. Este proyecto se considerará factible económicamente si de acuerdo al flujo de caja económico las ganancias en el tiempo superan la inversión inicial del proyecto, para un periodo de 30 años (tomado del caso de un proyecto de inversión orientado a obtener ahorros de energía y agua en una edificación (Fuller, 2010)).



### 3.4. DESCRIPCIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO

El complejo Felipe Mac Gregor se encuentra ubicado dentro de la Pontificia Universidad Católica del Perú, lo conforman tres edificios denominados A, B y C; este proyecto se enfoca en realizar los cambios en el Edificio C, con un área construida de 8100 m<sup>2</sup> aproximadamente, distribuidos entre doce pisos y un sótano. Alberga alrededor de 650 usuarios al día entre alumnos y trabajadores. Sus usos principales son el de oficinas administrativas y aulas informáticas. Se muestra su ubicación dentro del campus universitario en la Figura 2 y su distribución por piso en la Tabla 5.

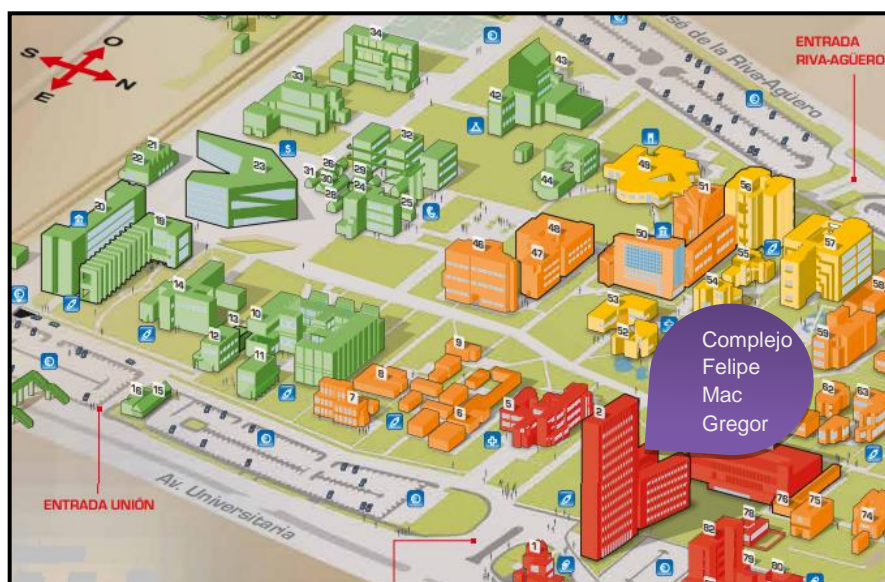


Figura 2. Mapa del Campus PUCP

Fuente: Recuperado de <http://pucp.edu.pe/>



Figura 3. Edificio C del Complejo Mac Gregor

Fuente: Recuperado de <http://descubre.pucp.edu.pe/>

Tabla 5. *Uso detallado del Edificio C del Complejo Mac Gregor*

	<b>USO PRINCIPAL</b>	<b>SSHH</b>	<b>SERVICIOS ADICIONALES</b>
<b>1.er piso</b>	<b>Sala VEO (Vincular, Experimental y Observar)</b> 1 oficina 1 cuarto de control 1 sala de entrevistas 1 sala de informes	SSHH Damas SSHH Caballeros	-
<b>2.o piso</b>	<b>Salas informáticas</b> 3 Aulas informáticas	SSHH Damas SSHH Caballeros	-
<b>3.er piso</b>	<b>Salas informáticas</b> 2 Aulas informáticas 1 sala de servicios	SSHH Damas SSHH Caballeros	-
<b>4.o piso</b>	<b>Salas informáticas</b> 2 Aulas informáticas 1 sala de administración y soporte	SSHH Damas SSHH Caballeros	-
<b>5.o piso</b>	<b>Salas informáticas</b> 3 Aulas informáticas	SSHH Damas SSHH Caballeros	-
<b>6.o piso</b>	<b>Centro de educación continua</b> Oficinas administrativas	SSHH Damas SSHH Caballeros	Kitchenette
<b>7.o piso</b>	<b>Escuela de graduados</b> Salas de reuniones	SSHH Damas SSHH Caballeros	Kitchenette
<b>8.o piso</b>	<b>Escuela de graduados</b> Oficinas administrativas	SSHH Damas SSHH Caballeros	Kitchenette
<b>9.o piso</b>	<b>Instituto para la calidad</b> Oficinas administrativas Salas de reuniones	SSHH Damas SSHH Caballeros	Kitchenette
<b>10.o piso</b>	<b>Innova PUCP</b> Oficinas administrativas Salas de reuniones	SSHH Damas SSHH Caballeros	Kitchenette
<b>11.o piso</b>	<b>PUCP virtual</b> Oficinas administrativas Salas de reuniones	SSHH Damas SSHH Caballeros	Kitchenette
<b>12.o piso</b>	<b>Salas de reuniones</b> Oficinas administrativas Salas de reuniones	SSHH Damas SSHH Caballeros	Kitchenette

Nota: Adaptado de la página web del mapa virtual del campus PUCP.

## CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DEL AGUA

### 4.1. GESTIÓN ACTUAL

#### 4.1.1. DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES ACTUALES DEL EDIFICIO

El Edificio C del complejo Mac Gregor, actualmente, cuenta con los siguientes aparatos sanitarios en cada piso:

Tabla 6. Cantidad de Aparatos Sanitarios por Piso en el Edificio C del Mac Gregor

	LAVAMANOS	LAVATORIO LIMPIEZA	LAVADEROS	INODOROS	URINARIOS
1er piso	4	-	-	4	2
2do piso	4	1	-	4	2
3er piso	4	-	-	4	2
4to piso	4	1	-	4	2
5to piso	4	-	-	4	2
6to piso	4	1	1	4	0
7mo piso	4	1	1	4	2
8vo piso	4	1	1	4	2
9no piso	6	1	1	4	0
10mo piso	4	1	1	4	2
11mo piso	4	1	1	4	0
12mo piso	5	1	2	4	2
Total	51	9	8	48	18

**LAVAMANOS, LAVADEROS Y LAVATORIOS DE LIMPIEZA:** Estos cuentan con grifos temporizados, que se accionan al pulsar un botón y son adecuados para uso público, como en este caso, para evitar desperdicios innecesarios. Además, poseen aireadores que mezclan el agua con aire para aumentar el volumen del chorro y disminuir el gasto de agua.

**INODOROS Y URINARIOS:** Estos utilizan un fluxómetro en vez de un tanque y están conectadas directamente a la red para expedir grandes cantidades de agua en poco tiempo.

#### 4.1.2. CÁLCULO DEL GASTO HÍDRICO INICIAL

Para estimar el gasto de agua en el Edificio C del Mac Gregor, se hallará el caudal de diseño de acuerdo a los aparatos que tiene instalado, según los planos de instalaciones sanitarias, puesto que en el campus no cuentan con medidores en cada edificio y no se podrá realizar una comparación entre el máximo gasto, hallado con las tablas del RNE; y el promedio de gasto real, obtenido con un medidor de consumo.

En este caso se hallará el máximo gasto probable, que es el que se suele utilizar para diseño de redes de distribución de agua, dadas las condiciones, este cálculo incluye una estimación que toma en cuenta el uso de equipos en simultáneo, lo cual se ajusta a la realidad del Mac Gregor. Para ello se utilizará el método de Hunter, que propone unidades de gasto por cada aparato sanitario y luego relaciona el total de unidades de gasto con valores de caudal expresado en litros por segundo (l.p.s).

Cabe resaltar que para realizar la comparación de gastos al final del capítulo se utilizará el mismo método para que el porcentaje de mejora hallado sea proporcional al que se obtendría con una estimación real.

Los equipos de gasto de agua instalados en el edificio son los siguientes:

- ✓ Lavatorios
- ✓ Lavaderos
- ✓ Inodoros
- ✓ Urinarios

Para determinar las unidades de gasto de estos aparatos sanitarios se utilizará la Tabla 7, que se recomienda por el RNE.

Tabla 7. Unidades de Gasto para el Cálculo de Distribución de Agua en Edificios

UNIDADES DE GASTO PARA EL CALCULO DE DISTRIBUCION DE AGUA EN LOS EDIFICIOS				
(APARATOS DE USO PUBLICO)				
APARATOS SANITARIOS	TIPO	UNIDADES DE GASTO		
		TOTAL	AGUA FRIA	AGUA CALIENTE
INODORO	Con tanque - descarga reducida	2.50	2.50	-
INODORO	Con tanque - descarga reducida	5.00	5.00	-
INODORO	Con válvula semi automática	8.00	8.00	-
LAVATORIO	Corriente	2.00	1.50	1.50
LAVATORIO	Múltiple/cada salida	2.00 (*)	1.50	1.50
LAVADERO	Hotel restaurante	4.00	3.00	3.00
LAVADERO	Cocina y/o repostería	3.00	2.00	2.00
LAVADERO DE ROPA	Lavadora eléctrica	3.00	2.00	2.00
LAVADERO DE ROPA		6.00	4.50	4.50
DUCHA		4.00	3.00	3.00
TINA - JACUZI		6.00	3.00	3.00
URINARIO	Con tanque	3.00	3.00	-
URINARIO	Con válvula semi automática	5.00	5.00	-
URINARIO	Múltiple (por MI)	3.00	3.00	-
BEBEDERO		1.00	1.00	-
BEBEDERO	Con tanque	1.00 (*)	1.00 (*)	-
BOTADERO	Con válvula semi automática	3.00	2.00	2.00

Para calcular tuberías de distribución que conduzcan agua fría solamente o agua fría más el gasto de agua a ser calentada, se usarán las cifras indicadas en la PRIMERA COLUMNA. Para calcular diámetros de tuberías que conduzcan agua fría o agua caliente a un aparato sanitario que requiera de ambas, se usarán las cifras indicadas en la SEGUNDA Y TERCERA COLUMNA.  
 (\*) Debe asumirse este número de unidades de gasto por cada salida

Fuente: Anexo N° 2 del Reglamento Nacional de Edificaciones, IS 0.10.

Para hallar la relación de gasto total con un caudal (Método de Hunter), se utilizará la Tabla 8, también del RNE, con las siguientes consideraciones:

1. Asigna a cada aparato sanitario un número de unidades de gasto (UG  $1.0 \text{ pie}^3 \text{ p.m.} = 7.48 \text{ g.p.m.} = 0.47 \text{ l.p.s.}$ )
2. El uso de los aparatos sanitarios es intermitente. Cuanto mayor es el número de aparatos, la proporción del uso simultáneo de los aparatos disminuye. Se toma en cuenta el servicio privado o público de los aparatos.
3. El gasto obtenido por este método es tal que existe la probabilidad de que sea sobrepasado en la realidad. Sin embargo, esta condición puede presentarse en pocas ocasiones y es más remota cuanto mayor sea el número de aparatos

Tabla 8. *Gastos Probables para Aplicación de Método de Hunter*

GASTOS PROBABLES PARA APLICACIÓN DE MÉTODO DE HUNTER											
Nº UNIDADES	GASTO PROBABLE TANQUE	GASTO PROBABLE VÁLVULA	Nº UNIDADES	GASTO PROBABLE TANQUE	GASTO PROBABLE VÁLVULA	Nº UNIDADES	GASTO PROBABLE TANQUE	GASTO PROBABLE VÁLVULA	Nº UNIDADES	GASTO PROBABLE TANQUE	GASTO PROBABLE VÁLVULA
0.75	0.03	-	30	0.75	1.55	120	1.83	2.72	380	3.83	4.6
1	0.04	-	32	0.79	1.59	130	1.91	2.8	400	3.97	4.72
1.5	0.06	-	34	0.82	1.63	140	1.98	2.85	420	4.12	4.84
2	0.08	-	36	0.85	1.67	150	2.06	2.95	440	4.27	4.96
2.5	0.1	-	38	0.88	1.7	160	2.14	3.04	460	4.42	5.08
3	0.12	-	40	0.91	1.74	170	2.22	3.12	480	4.57	5.2
4	0.18	-	42	0.95	1.78	180	2.29	3.2	500	4.71	5.31
5	0.23	0.91	44	1	1.82	190	2.37	3.25	550	5.02	5.57
6	0.25	0.94	46	1.03	1.84	200	2.45	3.36	600	5.34	5.83
7	0.28	0.97	48	1.09	1.92	210	2.53	3.44	650	5.85	6.09
8	0.29	1	50	1.13	1.97	220	2.6	3.51	700	5.95	6.35
9	0.32	1.05	55	1.19	2.04	230	2.65	3.58	750	6.2	6.61
10	0.34	1.06	60	1.25	2.11	240	2.75	3.65	800	6.6	6.84
12	0.38	1.12	65	1.31	2.17	250	2.84	3.71	850	6.91	7.11
14	0.42	1.17	70	1.36	2.23	260	2.91	3.79	900	7.22	7.36
16	0.46	1.22	75	1.41	2.29	270	2.99	3.87	950	7.53	7.61
18	0.5	1.27	80	1.45	2.35	280	3.07	3.94	1000	7.84	7.85
20	0.54	1.33	85	1.5	2.4	290	3.15	4.04			
22	0.58	1.37	90	1.56	2.45	300	3.32	4.12			
24	0.61	1.42	95	1.62	2.5	320	3.37	4.24			
26	0.67	1.45	100	1.67	2.55	340	3.52	4.35			
28	0.71	1.51	110	1.75	2.6	360	3.67	4.46			

Fuente: Anexo N° 3 del Reglamento Nacional de Edificaciones, IS 0.10.

### **Cálculo de gasto actual con los aparatos instalados en el edificio:**

A continuación, se define los pasos seguidos para el cálculo de gasto de agua en el edificio. Primero se contabilizan los aparatos que utilizan agua en cada piso, en este caso son urinarios, inodoros, lavatorios y lavaderos; luego se obtienen las unidades de gasto por cada aparato con la Tabla 7 y se halla el gasto total (para todos los pisos) de cada tipo de aparato. Finalmente, con la suma de unidades de gasto de todos los aparatos se obtiene el total de gasto en todo el edificio y con la Tabla 8 se calcula el máximo gasto probable en litros por segundo (lps). El resultado de este procedimiento se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Cálculo de Gasto Máximo Probable de Agua con el Método de Hunter

	LAVAMANOS	LAVATORIO LIMPIEZA	LAVADEROS	INODOROS	URINARIOS
Total Aparatos	51	9	8	48	18
Unidades de Gasto por un (1) aparato	2	2	3	8	5
Unidades de Gasto Total por aparato sanitario	102	18	24	384	90
Total UG	618				
Gasto total (l.p.s.)	6				

A partir de este resultado se realizará un cálculo de gasto diario con el horario de atención del edificio, como sigue:

Horarios de atención:

Oficinas administrativas: 8:00 a.m. a 17:00 p.m. (en promedio)

Aulas informáticas: 8:00 a.m. a 22:00 p.m.

Con un promedio ponderado con el número de pisos, se halla el horario promedio de uso del edificio:

Oficinas administrativas: 9 horas (8 pisos)

Aulas informáticas: 16 horas (4 pisos)

$$\text{Horas que trabaja el edificio} = \frac{9 \times 8 + 16 \times 4}{12} = 11.3 \text{ horas}$$

$$\text{Horas que trabaja el edificio} = 11 \text{ horas y } 18 \text{ minutos}$$

Entonces el gasto máximo probable diario se calcula de este modo:

$$\text{Gasto máximo diario} = 6 \times 3600 \times 11 + 6 \times 60 \times 18$$

$$\text{Gasto máximo diario} = 244080 \text{ l}$$

$$\text{Gasto máximo diario} = 244 \text{ m}^3$$

Se puede notar que es un valor considerablemente alto y es lógico, dada la magnitud del edificio, pues cuenta con 24 servicios higiénicos, 7 kitchenettes y aproximadamente

alberga a 650 usuarios en total. Además, los aparatos instalados tienen un gasto alto por cada descarga, debido a que utilizan válvula (fluxómetro).

Cabe resaltar que al utilizar los valores de las tablas del RNC se obtiene la capacidad máxima de red instalada; además, se considera que todos los aparatos sanitarios operan intermitentemente y mientras más equipos existan, la proporción de aparatos usados simultáneamente disminuye (enfoque probabilístico).

Este análisis se realizó en base a los datos de unidades de gasto de la tabla de aparatos de USO PÚBLICO (Tabla 7), dado que el Mac Gregor está disponible para todos los estudiantes.

## **4.2. PROPUESTAS DE CAMBIO**

### **4.2.1. DESCRIPCIÓN DE PROPUESTAS DE CAMBIO**

#### **PROPUESTA 1: IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES**

Debido a la reducción de fuentes hídricas disponibles y al constante aumento de demanda por parte de la población, es necesario buscar alternativas que puedan darle mayor uso al agua potable que se consume diariamente, como parte de esta premisa se plantea el reciclaje del agua.

En este caso, se propone tratar las aguas grises y reciclarla en inodoros, ya que estos, para la función que cumplen, no requieren utilizar agua potable.

**AGUAS GRISES:** Toda aquella descarga procedente de duchas, bañeras y lavamanos. Se excluyen las aguas provenientes de cocinas, bidets, lavadoras, lavavajillas, procesos industriales o con productos químicos contaminantes y/o un elevado número de agentes patógenos y/o restos fecales (EcoSanRes, 2004).

Entonces en el caso específico del edificio analizado las aguas grises provienen únicamente de los lavamanos y lavatorios de limpieza.

Para instalar una planta de tratamiento se requiere que la red de descarga de aguas grises esté separada de la de aguas residuales, de modo que las estas vayan por tuberías separadas y se puedan tratar únicamente las aguas grises. Sin embargo, en el Mac Gregor la descarga de aparatos tiene una sola red, es decir existe una tubería que reúne todas las descargas tanto las de inodoros como lavatorios, como se muestra en la Figura 4.



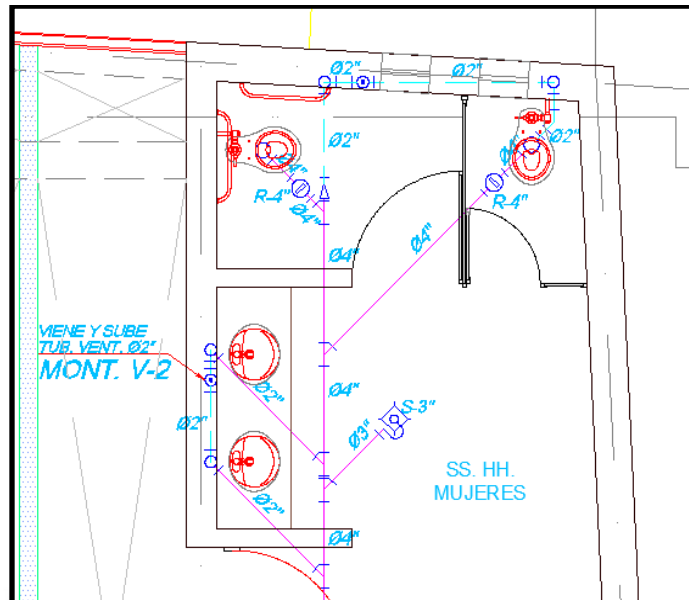


Figura 4. Red de desague del SS.HH. de damas, Mac Gregor

Por otro lado, también se debe observar la red de distribución de agua, ya que se necesitará una red que distribuya el agua tratada solo a inodoros y no a lavatorios; sin embargo, se cuenta con una la misma red para todos los aparatos sanitarios, como se muestra en la Figura 5.

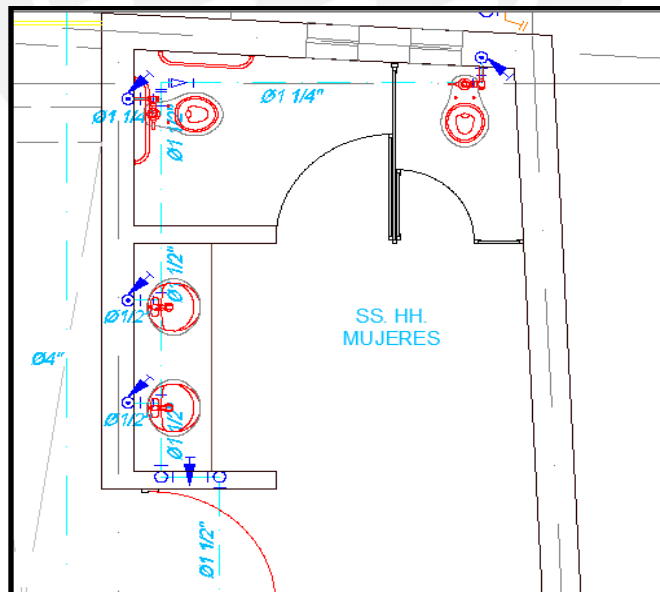


Figura 5. Red de distribución de agua en el SS.HH. de damas, Mac Gregor

Ciertamente, esta configuración de las redes dificulta la implementación de la planta de tratamiento, pero dado que los servicios higiénicos se encuentran ubicados en el mismo lugar en todas las plantas se podría hacer una separación de redes instalando una nueva red de desagüe que solo tome las descargas de lavamanos y lavatorios e instalando una nueva red de distribución que solo llegue a inodoros.

También se tomará en cuenta que exista espacio suficiente para instalar la planta de tratamiento junto al edificio o en el sótano. Además, deberá instalarse un tanque que almacene las aguas tratadas con una bomba capaz de llenar otro tanque en la azotea para que el agua sea conducida por gravedad a cada inodoro.

## **PROPUESTA 2: REEMPLAZO DE APARATOS SANITARIOS**

Se propone instalar urinarios secos en el edificio, ya que después de los inodoros, los urinarios son los que más agua consumen. Hoy en día, existen urinarios que permiten ahorrar el 100% de agua, estos poseen un sifón especialmente diseñado para crear un flujo lento del líquido residual, de modo que no desplace el sellador biodegradable que evita el paso de malos olores. Este sellador tiene menor densidad que la orina por ello se mantiene siempre por encima, como se muestra en la Figura 6.



Figura 6. Urinario Seco

Fuente: Rivelsa S.A.C.

### 4.3. GESTIÓN PROPUESTA

#### 4.3.1. REVISIÓN Y ANÁLISIS DE INSTALACIÓN DE PROPUESTAS DE CAMBIO

#### PROPUESTA 1: IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES

En esta propuesta se plantea reciclar la descarga de aguas grises en inodoros, por lo tanto, una estimación aproximada del porcentaje de ahorro se podrá hallar comparando la cantidad de aguas grises tratadas con la demanda de los inodoros. Es decir, las unidades de gasto de lavatorios y lavamanos con las unidades de gasto de inodoros. Como se muestra en las Tablas 10, 11 y 12.

Tabla 10. *Unidades de Gasto a Tratar*

	LAVAMANOS	LAVATORIO LIMPIEZA
Número de aparatos	51	9
UG por un (1) aparato	2	2
UG Total por aparato sanitario	102	18
UG a ser tratadas	120	

Tabla 11. *Unidades de Gasto de Demanda*

	INODOROS
Número de aparatos	48
UG por un (1) aparato	8
UG de demanda	384

Tabla 12. *Porcentajes de Ahorro de la Propuesta 1 de la Gestión del Agua*

	AHORRO DE LA PROPUESTA 1	
Respecto a las UG de inodoros	120/384	31%
Respecto a las UG totales	120/618	19%

Asumiendo que la planta de tratamiento no tiene pérdidas de agua importantes, obtenemos un porcentaje de ahorro en inodoros de 31% aproximadamente. Y un ahorro de agua global de 19% en todo el edificio.

De la Tabla 12 se entiende que las aguas grises generadas por los lavamanos y lavatorios de limpieza no serán suficientes para cubrir la demanda de inodoros, por lo tanto, se requerirá cubrir un remanente con agua potable.

Para presentar una propuesta económica de la planta de tratamiento primero se requerirá realizar un cálculo de la cantidad de generación de aguas grises y la demanda, es decir el consumo de inodoros. Se realiza nuevamente con el Método de Hunter ya que es para el diseño de la planta de tratamiento. El cálculo de generación de aguas grises y demanda de inodoros se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13. *Cálculo de Generación de Aguas Grises y Demanda de Inodoros*

	GENERACIÓN DE AGUAS GRISES		DEMANDA DE AGUA TRATADA
	LAVAMANOS	LAVATORIO LIMPIEZA	INODOROS
Total UG	120		384
Gasto total (l.p.s.)	2.7		4.6
Gasto por día (m3/día)	111		188

El cálculo del gasto por día se realiza utilizando el promedio de horas operativas del edificio hallado en el apartado 3.1.2, que es 11.3 h.

De la Tabla 13 se infiere, que se requerirá cubrir aproximadamente 77m<sup>3</sup> (diferencia entre demanda y generación) de agua potable al día solo para inodoros.

A continuación, se presentará la selección y precios de los equipos y accesorios necesarios para la implementación de la Propuesta 1:

#### PLANTA DE TRATAMIENTO:

Se observa que la cantidad máxima a tratar sería 110 m<sup>3</sup> de aguas grises al día. Con este valor se realizó la cotización con BlueRainCore S.A.C., empresa dedicada a las soluciones en tratamiento de aguas, y se detalla en la Tabla 14.

Tabla 14. Selección de Planta de Tratamiento

DATOS PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO	
Flujo diario (m <sup>3</sup> /día)	111
Horas de operación de la máquina (h/día)	16
Flujo (m <sup>3</sup> /h)	6.9
SELECCIÓN DE EQUIPO	
Modelo Seleccionado	GW D3U
Capacidad de flujo (m <sup>3</sup> /h)	7
Costo equipo (USD)	<b>78,914</b>

Fuente: BlueRainCore S.A.C.

Con 16 horas de operación del equipo se requiere tratar 6.9 m<sup>3</sup>/h, por lo que el proveedor seleccionó un equipo que trata 7 m<sup>3</sup>/h, denominado GW D3U. El costo del equipo es de \$78,914.

#### TANQUES Y BOMBA:

Se debe considerar el precio de la bomba y los tanques de almacenamiento, el diseño se realizó según las recomendaciones del proveedor de la siguiente manera:

- ✓ El tanque que recibirá el agua tratada abajo se diseñó para 4 horas:  $6.9 \times 4 = 27.6 \text{ m}^3$ , por lo tanto, es de 28m<sup>3</sup>
- ✓ El tanque elevado que recibirá el agua tratada se diseñó para 1 hora y media  $6.9 \times 1.5 = 10.4 \text{ m}^3$ , por lo tanto, es de 11m<sup>3</sup>.

La Tabla 15 y 16 muestran el resumen de la selección de tanques y bomba para la Propuesta 1.

Tabla 15. Selección de Tanques para Planta de Tratamiento

TANQUES	COSTO (PEN)	COSTO (USD)
Tanque TVC - S de 11,000 litros. Color Blanco o negro	7,250	2132
Tanque TVC - S de 28,000 litros. Color Blanco o negro	18,450	5426
1 Flete en cama baja Lurín - Lima Metropolitana	1,100	324
<b>TOTAL</b>		<b>7882</b>

Fuente: Rotoplas

La capacidad de la bomba fue seleccionada a recomendación del proveedor.

Tabla 16. Selección de Bomba para Planta de Tratamiento

BOMBA	COSTO (USD)
Electrobomba Multi-H 203N SE-T/6-0.75KW	<b>292</b>

Fuente: Hidrostral

## TUBERÍAS:

En cuanto al costo del suministro e instalación de tuberías para colección de aguas grises, distribución a inodoros de agua tratada y de tanque a tanque se calculan utilizando un porcentaje aproximado de 5% respecto del monto total de la inversión, factor recomendado por el proveedor de BlueRainCore S.A.C., basado en su experiencia con proyectos anteriores.

## COSTO TOTAL DE INVERSIÓN:

A continuación, se presenta el costo total de la Propuesta 1:

Tabla 17. Costo de Inversión para la Propuesta 1 de la Gestión del Agua

	<b>COSTO (USD)</b>
Planta de Tratamiento	78,914
Tanques	7,882
Bomba	292
Suministro e instalación de Tuberías (Colección, distribución y de bomba a tanque elevado) 5%	4,354
<b>TOTAL</b>	<b>91,442</b>

## COSTO DE OPERACIÓN:

Además del costo de inversión para implementar la propuesta se debe tomar en cuenta el costo de operación de la misma, como se muestra en la Tabla 18.

Tabla 18. Costo de Operación Anual de la Propuesta 1 de la Gestión del Agua

<b>COSTO DE OPERACIÓN (OPEX) ANUAL</b>	
Potencia Eléctrica (KW-h/und)	7.5
Unidades	1
Potencia Eléctrica Total (KW-h)	7.5
Horas de Operación (h/día)	16
Días de Operación Anuales	290*
Costo de Energía Eléctrica (\$/KW-h)	0.07*
<b>Costo de Energía Eléctrica Anual (\$/año)</b>	<b>2,436</b>
Repuestos Anual (\$/año)	500
<b>OPEX TOTAL (\$/año)</b>	<b>2,936</b>

Fuente: BlueRainCore S.A.C.

\*Se consideró 290 días de operación anual, dado que el edificio no opera durante un mes (entre diciembre y enero) y tampoco recibe usuarios ningún domingo del año.

\*La tarifa de energía eléctrica se tomó del Pliego Tarifario Máximo del Servicio Público de Electricidad de Osinergmin (2018).

En resumen, para implementar una planta de tratamiento de aguas grises se deberá invertir \$ 91,442 como monto inicial y \$ 2,936 anualmente como costo operativo.

## PROPUESTA 2: REEMPLAZO DE APARATOS SANITARIOS

Se propone reemplazar los urinarios con fluxómetro por urinarios secos. El porcentaje de ahorro se muestra en la Tabla 19.

Tabla 19. Porcentajes de Ahorro de la Propuesta 2 de la Gestión del Agua

	AHORRO DE LA PROPUESTA 2	
Respecto a las UG de urinarios	90/90	100%
Respecto a las UG totales	90/618	15%

En este caso, el aparato presenta 100% de ahorro de agua para urinarios y 15% de ahorro con respecto al gasto total de agua.

A continuación, se presentará la selección y precios de los equipos y accesorios necesarios para la implementación de la propuesta 2:

### URINARIOS SECOS:

Se cotizó con RIVELSA S.A.C., empresa dedicada a la venta de aparatos sanitarios. Y se detalla en la Tabla 20.

Tabla 20. Costo de Inversión para la Propuesta 2 de la Gestión del Agua

	COSTO (USD)
Costo Urinario Seco	336
Sellador Biodegradable	127
Subtotal por Aparato	463
N° Aparatos	24
<b>Total</b>	<b>11,112</b>

Fuente: Rivelsa S.A.C.

Se asume que se instalarán 2 urinarios por piso, incluso en los pisos que no cuenten con ellos actualmente.

#### COSTO DE OPERACIÓN:

El costo de operación de estos aparatos se detalla en la Tabla 21.

Tabla 21. *Costo de Operación de la Propuesta 2 de la Gestión del Agua*

<b>COSTO DE OPERACIÓN (OPEX) ANUAL</b>	
3 Selladores biodegradable (\$)	380
Agua para limpieza (m3/año)	0.25
Costo de agua para limpieza (s./m3)	5.21*
Costo por limpieza (s./año)	1.30
Costo por limpieza (\$/año)	0.38
<b>Total (\$/año)</b>	<b>380</b>

Adaptado de Rivelsa S.A.C.

\*Se consideró un tipo de cambio de 3.4 y el costo del agua potable por m<sup>3</sup> de la Estructura tarifaria aprobada mediante resolución de consejo directivo n° 022-2015-sunass-cd de Sedapal (2015).

En resumen, para implementar esta propuesta se necesitará invertir \$11,112 como monto inicial y \$ 380 como costo operativo o de mantenimiento.

#### **4.3.2. CÁLCULO DEL GASTO HÍDRICO CON LAS PROPUESTAS DE CAMBIO**

La gestión propuesta incluirá la planta de tratamiento y el reemplazo de urinarios en todo el edificio.

Este nuevo cálculo se realizará restándole las unidades de gasto ahorradas a las unidades de gasto de los inodoros. Además, se considerará que los urinarios poseen cero (0) unidades de gasto.

El cálculo de gasto hídrico final se observa en la Tabla 22.



Tabla 22. Gasto Hídrico con las Propuestas de Cambio de la Gestión del Agua

	LAVAMANOS	LAVATORIO LIMPIEZA	LAVADEROS	INODOROS	URINARIOS
Total	51	9	8	48	18
Unidades de Gasto por un (1) aparato	2	2	3	8	0
Unidades de Gasto Total por aparato sanitario	102	18	24	384	0
Unidades de gasto ahorradas				120	
Unidades de gasto final	102	18	24	264	0
Total UG	408				
Gasto total (l.p.s.)	4.78				

Con las propuestas realizadas se obtiene un gasto de 4.78 l/s. Entonces con el promedio de horas operativas de edificio de 11 horas con 18 minutos hallados en el apartado 3.1.2, el nuevo gasto máximo probable diario se calcula del siguiente modo:

$$\text{Gasto máximo diario} = 4.78 \times 3600 \times 11 + 4.78 \times 60 \times 18$$

$$\text{Gasto máximo diario} = 194450 \text{ l}$$

$$\text{Gasto máximo diario} = 194 \text{ m}^3$$

Con las propuestas de cambio se obtiene un gasto máximo probable de 194 m<sup>3</sup> al día, lo que implica una reducción de 50m<sup>3</sup> respecto del gasto máximo probable inicial.

#### 4.3.3. ANÁLISIS COMPARATIVO DEL GASTO HÍDRICO CON LAS PROPUESTAS DE CAMBIO RESPECTO DEL INICIAL

Los porcentajes de uso de agua potable por aparato con la configuración actual se muestran en la Figura 7.

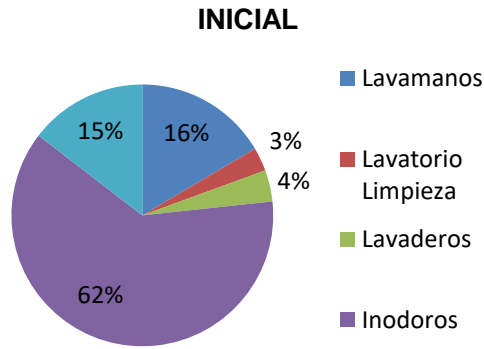


Figura 7. Porcentaje de Uso de Agua Potable Inicial

Inicialmente, el mayor uso de agua lo tenía el inodoro con el 62%, seguido de los lavamanos y urinarios con el 16% y 15% respectivamente, todo ello de un total de 618 unidades de gasto, que, según la Tabla 8 y los horarios de atención del edificio, se traducen en 244 m<sup>3</sup> al día.

Con las propuestas de cambio se pretende obtener un ahorro como el mostrado en la Figura 8.

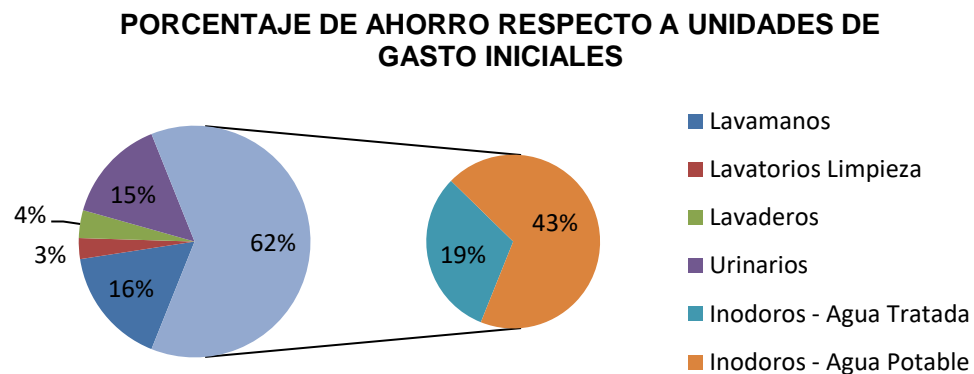


Figura 8. Porcentaje de Ahorro Respecto a Unidades de Gasto Iniciales

El porcentaje de ahorro sería en urinarios del 15% mediante el reemplazo de aparatos, y en inodoros del 19% a través del reciclaje de aguas grises, Todo esto respecto a la capacidad máxima de las instalaciones sanitarias de acuerdo al diseño del edificio.

Ahora, con las propuestas de cambio realizadas se obtiene un nuevo gasto máximo probable de agua potable, cuyos porcentajes de uso se muestran en la Figura 9.

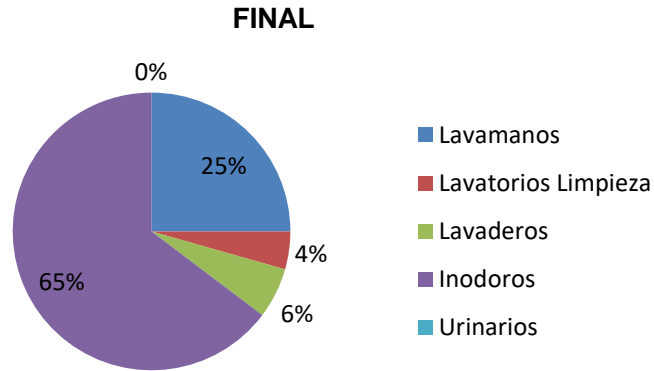


Figura 9. Porcentaje de Uso de Agua Potable Final

De la Figura 9 se obtiene que el 31% (lavamanos y lavaderos) del nuevo gasto de agua potable del edificio podrá ser tratada y servirá para alimentar una parte del gasto de inodoros, que no está incluido en el 65%, dado que la figura muestra únicamente los porcentajes de uso de agua potable para un total de 408 unidades de gasto, que, según la Tabla 8 y los horarios de atención del edificio, se traducen en 194 m<sup>3</sup> al día.

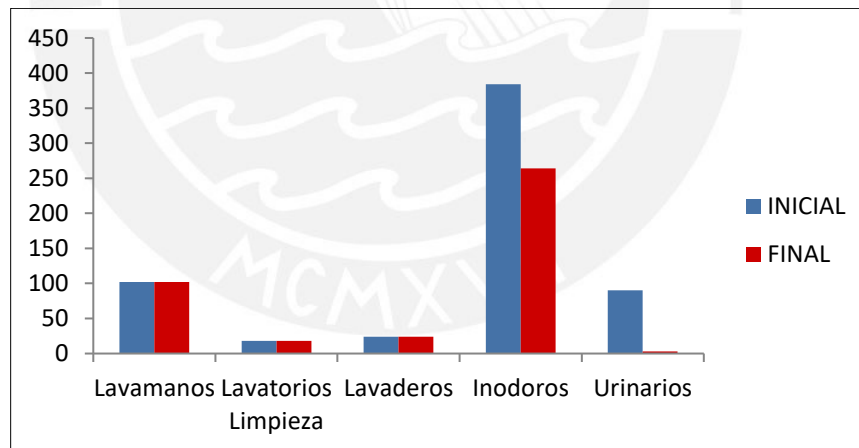


Figura 10. Comparación de Unidades de Gasto Inicial y Final de la Gestión del Agua

La diferencia de unidades de gasto generada por las propuestas de cambio en cada uno de los aparatos sanitarios se muestra en la Figura 10.

Se impactó únicamente en el uso de urinarios e inodoros. Sin embargo, este impacto logró un volumen diario de 194 m<sup>3</sup>, que significa un ahorro de agua del 20% aproximadamente, respecto al volumen diario inicial de 244 m<sup>3</sup>. De este ahorro el 11.5%

corresponde a la implementación de una planta de tratamiento de aguas grises; y el 8.5%, al reemplazo de urinarios.

Finalmente, la diferencia de costos antes y después de la implementación de las propuestas de cambio se muestra en la Figura 11.

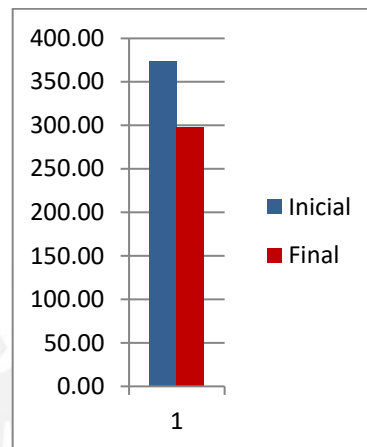


Figura 11. Comparación de Costos por Servicios de Agua Potable Final respecto al Inicial

\*Se consideró un tipo de cambio de 3.4 y el costo del agua potable por m<sup>3</sup> de la Estructura tarifaria aprobada mediante resolución de consejo directivo n° 022-2015-sunass-cd de Sedapal (2015).

Este costo por servicio de agua potable es únicamente de un día de operación, dado que el cálculo de gasto también se realizó para este periodo, como resultado se obtiene un 20% de ahorro económico en la gestión del agua. Este porcentaje de ahorro se mantendrá constante para cualquier periodo que se necesite evaluar.

#### **4.3.4. CRITERIOS DE CALIDAD PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES**

Existen normativas en el Perú que establecen estándares de calidad ambiental del agua para diversas categorías, como el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM (2017), así como entidades que fiscalizan el tratamiento de aguas, como la Organización de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) y la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS). Dentro de las disposiciones de los estándares de calidad ambiental del agua, la categoría de uso poblacional en general contempla

únicamente agua tratada para ser potable. Es decir, no se considera una división más detallada en función al uso dentro de la categoría poblacional. Del mismo modo, las entidades que se encargan de regular y fiscalizar el proceso de tratamiento de aguas están orientadas, en su mayoría, a las PTAR (plantas de tratamiento de aguas residuales) y no de aguas grises; por ello, a la espera de nuevas normativas en curso, para el presente proyecto se considerarán lineamientos de una guía técnica española específicamente para el caso de aplicación y sugerencias de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

La guía técnica española de recomendaciones para el reciclaje de aguas grises en edificios, realizada por la Asociación Española de Empresas del Sector Agua, AQUA España (2011), sugiere requisitos mínimos de calidad del agua de entrada a la planta de tratamiento como la frecuencia de control de calidad y mínimos exigibles del agua de salida.

En la Tabla 23 se muestran los valores considerados por AQUA España para la calidad del agua de entrada a una planta de tratamiento:

Tabla 23. Calidad del agua de entrada a la Planta de Tratamiento

PARÁMETRO	VALOR	DEFINICIÓN
Sólidos en suspensión	45 - 330 mg/l	Son aquellos que se encuentran dispersos en la masa de agua y que podemos separar por filtración o centrifugación, bajo condiciones específicas.
Turbidez	22 - 200 NTU	Opalescencia o falta de transparencia de un líquido. Es una expresión de la propiedad óptica que origina que la luz se disperse y se absorba en lugar de transmitirse en línea recta a través de la muestra. Se mide mediante un turbidímetro y se expresa en NTU ( <i>Nephelometric Turbidity Units</i> ).
DBO <sub>5</sub>	90 - 290 mg/l	Indica la cantidad de materia orgánica susceptible de ser descompuesta biológicamente. Este parámetro mide la concentración de oxígeno disuelto consumida por los microorganismos después de incubación durante 5 días a 20°C. Esta concentración se expresa en mgO <sub>2</sub> /litro.
Coliformes totales	10 <sup>1</sup> - 10 <sup>6</sup> UFC/100ml	Grupo que comprende distintas especies bacterianas con características bioquímicas comunes y que se utilizan como indicadores de la contaminación del agua. Las bacterias pertenecientes al grupo de los coliformes (excepto E.coli) están presentes tanto en aguas residuales como naturales. Algunas de estas bacterias se excretan en las heces de personas y animales. Otras tienen un origen ambiental.
Escherichia Coli	10 <sup>1</sup> - 10 <sup>5</sup> UFC/100ml	Es el coliforme más representativo de contaminación fecal, siendo el más abundante en la flora intestinal de animales de sangre caliente.
Nitrógeno Kjeldahl	2,1 - 31,5 mg/l	Contenido de nitrógeno orgánico y nitrógeno amoniacal de una muestra, determinado después de su mineralización bajo condiciones específicas. No se incluye el nitrógeno en forma de nitrito o nitrato.

Cabe mencionar que la composición de las aguas grises dependerá de su origen y que la Tabla 23 otorga valores básicos orientativos, ya que además de la contaminación orgánica a la que está sometida el agua para la higiene personal, estas también pueden contener detergentes, pelos, cosméticos, dentífricos, etc. (AQUA España, 2011). Del mismo modo, se estableció la calidad del agua de salida y la frecuencia de control, como se muestra en la Tabla 24.

Tabla 24. *Calidad del Agua de Salida y Frecuencia de Control de la Planta de Tratamiento para Uso Residencial*

APLICACIÓN	CISTERNAS DE INODOROS - RIEGO DE JARDINES PRIVADOS - LAVADORAS		
	FRECUENCIA	RESULTADOS USO RESIDENCIAL	ACCIONES EN CASO DE INCUMPLIMIENTO
Turbidez (NTU)	Quincenal	< 2	Verificar tratamiento; realizar las operaciones de limpieza necesarias.
E. Coli (UFC/100ml)	Semestral	Ausencia	Realizar una desinfección de la instalación y repetir análisis.
Biocida Activo. En caso de cloro residual libre, si se adiciona cloro (Cl <sub>2</sub> mg/l)	Quincenal	0,5 - 2,0	Verificar los sistemas de dosificación y control de cloro.
pH, si se adiciona cloro	Quincenal	7,0 - 8,0	Verificar los sistemas de dosificación y control de pH.

Fuente: AQUA España (2011)

Se entiende de la Tabla 24 que el agua tratada debe mostrar un nivel de turbidez menor a 2 NTU (*Nephelometric Turbidity Units*), que representa casi el 1% de la turbidez del agua de entrada. Además, el Escherichia Coli, que es el coliforme más representativo de la contaminación fecal, debe ser eliminado por completo. Y finalmente, el agua de salida debería mantenerse entre neutral y alcalina, con un pH entre 7 y 8.

Así mismo es pertinente dar a conocer a los usuarios del edificio que debe evitarse el vaciado de tintes, pinturas, medicamentos y materias orgánicas en los lavamanos, dado que estos no pueden ser atrapados en los filtros y podría afectar la calidad final del agua tratada.

#### 4.3.5. COMENTARIOS DE LA GESTIÓN PROPUESTA

Respecto al cálculo del gasto diario del agua: En este no se tomó en cuenta que los lavamanos cuentan con un sistema temporizado y aireadores para disminuir el gasto hídrico, ya que no se cuenta con un porcentaje de ahorro establecido para estos aparatos en el caso de estudio. Ello influirá de manera importante en el gasto real del edificio, dado que la mayor demanda de caudal proviene de estas 51 unidades instaladas.

Respecto a la Propuesta 1: Implementación de una planta de tratamiento de aguas grises: Se podría utilizar el agua tratada también para la irrigación de jardines colindantes al edificio y se evitaría la instalación de nuevas redes de descarga y distribución. Sin embargo, no se tomó en cuenta esta opción debido a que la irrigación de jardines no forma parte del gasto de agua del Edificio C del complejo Mac Gregor, y por lo tanto al ser utilizado para este fin no tendría visibilidad dentro de los ahorros del edificio.

Para específicamente la irrigación de jardines se podría plantear un proyecto para implementar una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de algunos edificios del campus y cubrir la demanda de área verde (Castillo, 2016), de este modo se podrían aprovechar las aguas residuales que sin duda son mayores en volumen que las aguas grises. Siguiendo el ejemplo de la PTAR María Reiche que irriga 15 parques en el distrito de Miraflores (Municipalidad de Miraflores, 2016).

Respecto a las propuestas de cambio: Podrían haberse propuesto algunas opciones adicionales a las mencionadas que sean también eficientes e incluso más económicas y fáciles de implementar, como por ejemplo la instalación de tanques en los inodoros o grifos ahorradores para un edificio en general; sin embargo, se eligieron esas dos propuestas debido a que se intenta exponer tecnologías nuevas, una mayor cantidad de ahorro e incluir el concepto de reciclaje del agua dentro de la gestión propuesta.

Desde su diseño el edificio ya cuenta con grifos ahorradores que son temporizados y poseen aireadores, y se podrían obtener mejores resultados todavía si las propuestas elaboradas se complementaran con otras como la instalación de tanques en los inodoros, que disminuiría el requerimiento de agua para inodoros y por ende un mayor ahorro hídrico total.

## CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DE LA ENERGÍA

### 5.1. GESTIÓN ACTUAL

#### 5.1.1. DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES ACTUALES DEL EDIFICIO

Los aparatos que presentan gasto energético en el Edificio C del complejo Mac Gregor, actualmente, son las luminarias, las computadoras, el sistema HVAC, los ascensores y la bomba que alimenta el tanque elevado.

A continuación, se presenta una descripción de cada uno de estos:

#### Luminarias:

Existen en el edificio ocho tipos de luminaria, las cuales son descritas en la Tabla 25.

Tabla 25. Descripción de Tipos de Luminarias

DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN	FOCOS POR PUNTO (und)
LRC	Luminaria Fluorescente empotrada en cielo raso con difusor acrílico	2
S4	Down Light empotrada en cielo raso con vidrio serigrafiado de 4mm	2
S6	Down Light empotrada en cielo raso con vidrio serigrafiado de 4mm	2
S4U	Down Light empotrada en cielo raso con difusor de vidrio	2
G1	Luminaria de sección circular, adosada a techo, con difusor acrílico y lámpara ahorradora	2
H2	Luminaria fluorescente hermética irrompible, adosada a techo con difusor acrílico especial	2
J1	Luminaria tipo linear, equipado con lámpara	1
CM2	Luminaria fluorescente para canales de montaje, adosada a techo con difusor acrílico especial (ESCALERAS DE EMERGENCIA)	2

Fuente: Planos de Instalaciones Eléctricas del Edificio C del complejo Mac Gregor  
(Véase Anexo 1 para mayor información)

Y la cantidad de luminarias por piso se muestran en la Tabla 26.



Tabla 26. Cantidad de Luminarias por Piso en el Edificio C del Mac Gregor

TIPO DE LUMINARIA	PUNTOS POR PISO							
	LRC	S4	S6	S4U	G1	H2	J1	CM2
Sótano	-	-	-	-	-	-	-	16
1er	34	7	6	7	-	-	-	-
2do	24	7	6	15	-	-	-	-
3er	24	7	6	15	-	-	-	-
4to	24	7	6	15	1	-	-	-
5to	24	7	6	15	1	-	-	-
6to	54	-	6	13	2	-	-	-
7mo	54	-	6	13	2	-	-	-
8vo	54	-	6	13	2	-	-	-
9no	54	-	6	13	2	-	-	-
10mo	54	-	6	13	2	-	-	-
11mo	54	-	6	13	2	-	-	-
12mo	54	-	6	13	2	-	-	-
Azotea	-	-	-	-	-	2	10	-
Escaleras de Emergencia	-	-	-	-	-	-	-	39

Fuente: Planos de Instalaciones Eléctricas del Edificio C del complejo Mac Gregor (Véase Anexo 2 para mayor información)

### Computadoras:

Se muestra en la Tabla 27 la cantidad de computadoras por piso en el Edificio C del complejo Mac Gregor:

Tabla 27. Cantidad de Computadoras en el Edificio C del Mac Gregor

	CANTIDAD DE COMPUTADORAS
1er	10
2do	93
3er	93
4to	90
5to	93
6to	28
7mo	35
8vo	34
9no	33
10mo	30
11mo	47
12mo	70
<b>TOTAL</b>	<b>656</b>

Fuente: Recopilación de datos en el edificio C del Complejo Mac Gregor

### Sistema HVAC:

El sistema HVAC utilizado en el edificio contiene condensadores, inyectores y extractores, que son cuantificados en la Tabla 28.

Tabla 28. *Cantidad de Componentes del Sistema HVAC en el Edificio C del Mac Gregor*

SISTEMA HVAC	CANTIDAD
Condensador tipo paquete	3
Condensador independiente 1	4
Condensador independiente 2	8
Condensador independiente 3	4
Inyector 1	1
Inyector 2	1
Inyector 3	1
Extractor 1	1

La cantidad de componentes del sistema HVAC fue hallada mediante una visita al edificio.

### Ascensores y bomba:

Existen en el Edificio C, únicamente dos (2) ascensores y una (1) bomba que traslada el agua al tanque elevado.

#### **5.1.2. SIMULACIÓN ENERGÉTICA CON ENERGY PLUS**

La simulación energética se realizará con Energy Plus, *software* de libre disposición del DOE (*Department of Energy of the U.S*) que modela de forma integral un edificio. Será útil para hallar el consumo energético por los servicios que el edificio presta. Toma en cuenta diversos factores que afectan de manera directa e indirecta al gasto energético. Entre los datos de entrada que influyen directamente en el consumo se encuentran las luminarias, los equipos (computadoras, ascensores y bombas), el sistema HVAC y el horario de uso de cada uno de ellos, ya que pueden disminuir o aumentar el gasto si variaran; y entre los que afectan de manera indirecta al gasto se encuentran la orientación del edificio y el clima del lugar, ya que son condiciones del lugar. Para mostrar en orden los datos de entrada requeridos por el programa de simulación, la información será dividida en factores directos, indirectos y el modelaje en SketchUp.

## FACTORES DIRECTOS

Se realizará un cálculo previo de potencia por piso para cada aparato, como se muestra en las Tablas 29, 30, 31.

### Computadoras:

Tabla 29. Potencia por Piso - Computadoras

	CANTIDAD DE COMPUTADORAS	POTENCIA POR COMPUTADORA (W)	POTENCIA POR PISO (W)
1er	10	270	2700
2do	93	270	25110
3er	93	270	25110
4to	90	270	24300
5to	93	270	25110
6to	28	270	7560
7mo	35	270	9450
8vo	34	270	9180
9no	33	270	8910
10mo	30	270	8100
11mo	47	270	12690
12mo	70	270	18900

La potencia de las computadoras se obtuvo mediante una visita al edificio.

### Sistema HVAC, ascensores y bomba:

Tabla 30. Potencia por Piso – Sistema HVAC, Ascensores y Bomba

	CANTIDAD	POTENCIA (W)	POTENCIA SUBTOTAL (W)	POTENCIA TOTAL (W)	POTENCIA POR PISO (W)
Sistema HVAC	1	8200	8200	8200	683
Ascensor	2	12800	25600	45600	3800
Bomba	1	20000	20000		

Fuente: Planos de Instalaciones Eléctricas del Edificio C del complejo Mac Gregor (Véase Anexo 1 para mayor información)

Las potencias del sistema HVAC, ascensores y bombas se tomaron del plano de Instalaciones Eléctricas, Leyendas y Cuadro de Cargas Generales, se consideró la máxima demanda de cada uno. Así mismo, la potencia por piso se determinó dividiendo la potencia total entre doce pisos, de modo que se le asigne una carga uniforme a cada piso para la simulación.

Asumiremos ascensores y bomba como un solo aparato para fines de la simulación.

Luminarias:

Tabla 31. *Potencia por Piso - Luminarias*

DENOMINACIÓN	POTENCIA (W)	FOCOS POR PUNTO (und)	PUNTOS POR PISO														Escaleras Emergencia	
			Sótano	1ro	2do	3ro	4to	5to	6to	7mo	8vo	9no	10mo	11mo	12mo	Azotea		
LRC	28	2	-	34	24	24	24	24	24	54	54	54	54	54	54	54	-	-
S4	26	2	-	7	7	7	7	7	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S6	18	2	-	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	-	-
S4U	26	2	-	7	15	15	15	15	15	13	13	13	13	13	13	13	-	-
G1	26	2	-	-	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	-	-
H2	40	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
J1	28	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-
CM2	40	2	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39
<b>POTENCIA POR PISO (W)</b>			<b>1280</b>	<b>2848</b>	<b>2756</b>	<b>2756</b>	<b>2756</b>	<b>2756</b>	<b>2756</b>	<b>4020</b>	<b>4020</b>	<b>4020</b>	<b>4020</b>	<b>4020</b>	<b>4020</b>	<b>4020</b>	<b>440</b>	<b>3120</b>

Fuente: Planos de Instalaciones Eléctricas del Edificio C del complejo Mac Gregor  
(Véase Anexo 1 para mayor información)

Las potencias de las luminarias fueron tomadas de la leyenda de luminarias en los planos de Instalaciones Eléctricas.

Por otro lado, si bien el edificio será modelado por pisos, se dividirá también una zona que abarque los doce pisos en la parte de escaleras de emergencia, de modo que sea rápidamente modificable cuando se realice la simulación con las propuestas de cambio.

### Horarios:

Para definir los horarios y fechas de actividades se dividirán los espacios en cuatro grupos diferentes, como se muestra en la Tabla 32.

Tabla 32. *Horarios de Uso y Fechas de Actividades del Edificio C*

	<b>GRUPO 1</b>	<b>GRUPO 2</b>	<b>GRUPO 3</b>	<b>GRUPO 4</b>
Fechas de Actividad	19 Ene - 15 Dic	19 Ene - 28 Feb 14 Mar - 07 Jul 20 Ago - 07 Dic	19 Ene - 15 Dic	19 Ene - 15 Dic
Horarios	8:00 - 17:30	8:00 - 22:00	19:00 - 7:00	00:00 - 00:00

En donde:

Grupo 1: Oficinas administrativas (Piso 1 y piso 6 al piso 12).

Grupo 2: Aulas Informáticas (Piso 2 al piso 5).

Grupo 3: Azotea.

Grupo 4: Escaleras de emergencia y sótano.

### FACTORES INDIRECTOS

#### Clima del lugar:

La data del clima se consiguió de la página del EnergyPlus, para la zona de Lima – Perú (2018). Esta se descargó en formato epw. que es compatible con el programa de simulación.

#### Orientación del edificio:

La orientación del edificio se obtuvo de los Planos de Arquitectura del complejo Mac Gregor. El edificio tiene una orientación Este – Oeste respecto a su lado más largo, con latitud  $12^{\circ}4'7''$ , longitud  $77^{\circ}44'3''$ , como se puede observar en la Figura 2. Mapa del Campus PUCP.

### MODELO EN SKETCHUP:

El SketchUp se utiliza como herramienta vinculada al EnergyPlus para modelar el edificio, este se muestra en las Figuras 12 y 13.

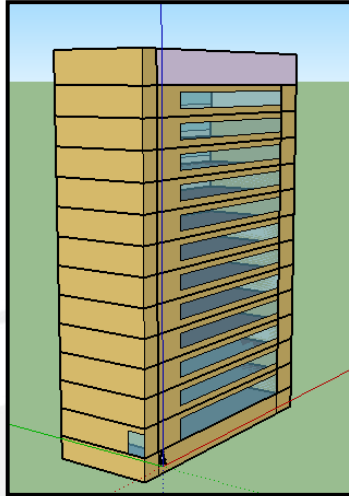


Figura 12. Modelo del Edificio C en SketchUp – Vista Lateral Izquierda

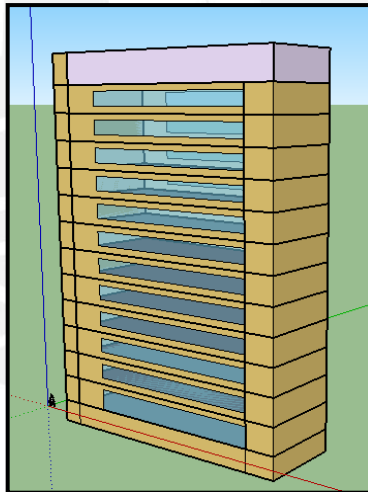


Figura 13. Modelo del Edificio C en SketchUp – Vista Lateral Derecha

Se incluyen los doce pisos, el sótano y la azotea. Además, se divide una parte de la zona izquierda que representa las escaleras de emergencia.

Finalmente, el ingreso de datos al EnergyPlus será detallado en el Anexo 4.

### 5.1.3. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN ENERGÉTICA

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de la simulación en EnergyPlus en la Tabla 33:

Tabla 33. Gasto Energético Inicial del Edificio C (KWh)

	LUMINARIAS	EQUIPAMIENTO			SISTEMA HVAC	GASTO TOTAL
		COMPUTADORAS	ASCENSORES	BOMBA		
<b>Enero</b>	5239	19837	1203	1440	258	27978
<b>Febrero</b>	12163	48199	2969	3521	676	67528
<b>Marzo</b>	11943	37854	3391	4001	701	57890
<b>Abril</b>	12482	49594	3008	3601	639	69323
<b>Mayo</b>	13795	54592	3391	4001	496	76275
<b>Junio</b>	13251	52461	3251	3841	475	73279
<b>Julio</b>	9625	23092	3008	3601	416	39741
<b>Agosto</b>	11943	37854	3391	4001	441	57630
<b>Setiembre</b>	12951	51725	3148	3761	484	72069
<b>Octubre</b>	13326	52461	3251	3841	617	73495
<b>Noviembre</b>	13251	52461	3251	3841	701	73504
<b>Diciembre</b>	6810	26230	1625	1920	350	36936
<b>SUBTOTAL</b>	136780	506359	34887	41368	6254	725648
<b>TOTAL</b>	136780	582614			6254	

#### GASTO ENERGÉTICO EN PORCENTAJE

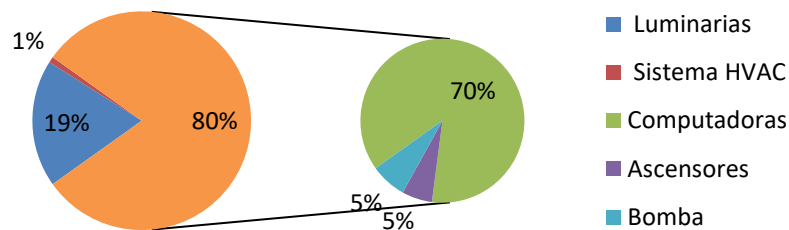


Figura 14. Gasto Energético en Porcentaje por Tipo de Uso

En la Tabla 33 y la Figura 14, se observa que el 80% del consumo energético total del edificio lo tiene el equipamiento, que está conformado por computadoras, ascensores y la bomba que alimenta el tanque elevado, lo cual es lógico ya que contiene la mayor cantidad de equipos de una potencia de medianamente alta para este edificio y contiene tres de cinco tipos de uso. Le sigue en gasto las luminarias, con el 19%, y finalmente el sistema HVAC, con el 1%, que es coherente con el poco uso que le dan al sistema de ventilación.

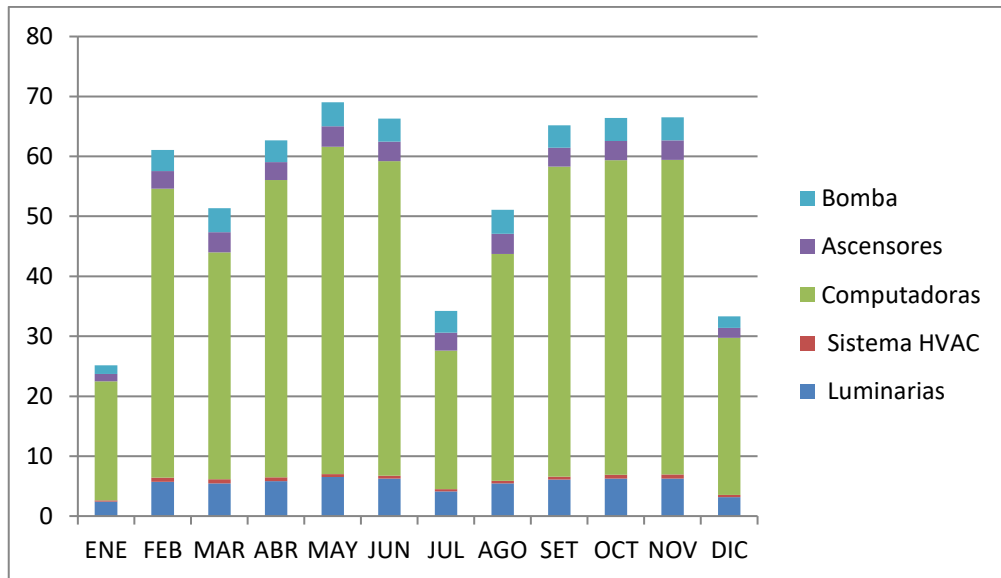


Figura 15. Consumo Energético Mensual por Tipo de Uso (KWh x 1000)

En la Figura 15 se observa el consumo de energía mensual, este varía de acuerdo a los horarios de cada grupo definido en el apartado 4.1.2., es por ello que en enero, julio y diciembre el gasto es casi reducido a la mitad pues son los meses de cierre de ciclo o inicio de año de la universidad y los pisos de aulas informáticas no se utilizan. También influye el clima de la ciudad, así es que, en la temporada de verano, febrero, marzo y noviembre, los gastos del sistema HVAC son mayores que en otros meses, aunque este sea el que menor gasto presenta a comparación de los demás equipos. Además, los aparatos que mayor impacto tienen en el gasto total del edificio son las computadoras y las luminarias.

Por otro lado, se halla el costo mensual por servicios de electricidad de acuerdo al plan tarifario de Enel Distribución Perú S.A.A (2018) mostrado en la Tabla 34.



Tabla 34. Costo de Suministro de Electricidad de Enel Distribución Perú S.A.A (2018)

TARIFA MT2:	TARIFA HORARIA CON MEDICIÓN DOBLE DE ENERGÍA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE DOS POTENCIAS.- 2E2P	UNIDAD	LIMA
	Cargo fijo mensual	S./cliente	5.12
	Cargo por energía activa en horas punta	Cent. S./ kWh	27.45
	Cargo por energía activa en horas fuera de punta	Cent. S./ kWh	23.00
	Cargo por potencia activa de generación en horas punta	S./ kW-mes	58.28
	Cargo por potencia activa por uso redes distribución en horas punta	S./ kW-mes	10.34
	Cargo por exceso de potencia en horas fuera de punta	S./ kW-mes	10.37
	Cargo por energía reactiva que exceda del 30% del total de la energía activa	Cent. S./ kvarh	5.24

Fuente: Pliegos Tarifarios para la venta de Energía Eléctrica de Enel Distribución Perú S.A.A (2018)

De la Tabla 34, se tomará en cuenta el cargo fijo mensual de S/5.12, que equivale a \$1.5 a un tipo de cambio de 3.4, y para el cálculo de la carga fija mensual se considerará la situación menos favorable, el cargo por energía activa en horas punta de 27.45 Cent S./ kWh, que equivale a \$ 0.081 / kWh. De lo cual se obtiene los costos mensuales del servicio de electricidad como se muestra en la Figura 16.

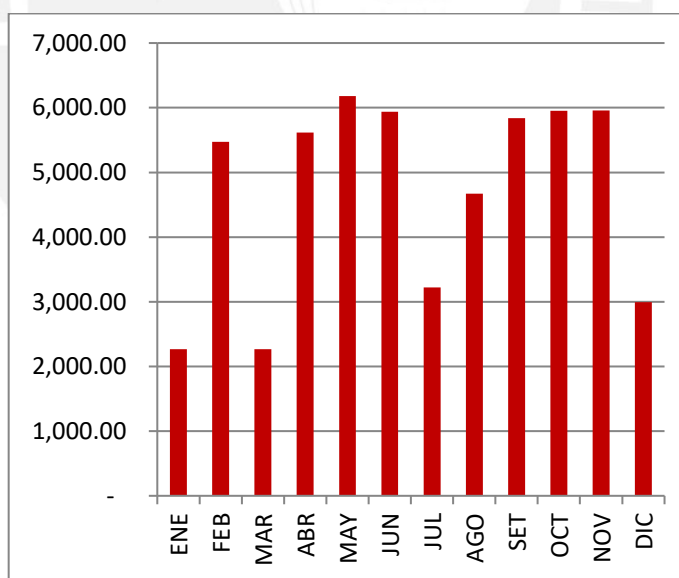


Figura 16. Costo Mensual por Servicios de Electricidad Inicial (USD)

El edificio gasta alrededor de \$ 5900 en los meses de atención completa a estudiantes y personal administrativo, y de \$ 3900 en meses de cierre o atención parcial; sin duda montos importantes.

## 5.2. PROPUESTAS DE CAMBIO

### 5.2.1. DESCRIPCIÓN DE PROPUESTAS DE CAMBIO

#### PROPUESTA 1: IMPLEMENTACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS

Uno de los principales problemas respecto al gasto de energía es que las fuentes utilizadas para su generación son finitas, lo cual compromete los recursos naturales que poseemos para futuras generaciones y además, el proceso de generación resulta perjudicial para el medio ambiente. En vista de ello, se propone instalar un sistema de paneles fotovoltaicos que provea energía de una fuente renovable y así reducir el consumo energético de fuentes tradicionales.

A continuación, se detallan los aspectos considerados para el diseño de este sistema:

##### Orientación e inclinación de paneles fotovoltaicos:

La orientación e inclinación de los paneles fotovoltaicos son muy importantes para su óptimo rendimiento. La orientación depende de la zona donde se ubique el proyecto respecto de la línea del ecuador, en este caso el Perú se ubica en el hemisferio Sur y por ello los paneles deberán orientarse hacia el Norte.

La inclinación es un parámetro que depende directamente de la latitud de la zona del proyecto y también de la temporada en la que se vaya a utilizar los paneles, en verano se obtendrá mayor radiación en un ángulo y probablemente en invierno, en otro; ya que, la irradiancia varía por temporadas (Véase Anexo 3). En este caso, los paneles serán utilizados durante todo el año por lo que el arreglo deberá fijarse en un ángulo que favorezca la colección de energía sobre una base anual (Ruiz & Silva, 2005).

El Perú está muy cerca de la línea ecuatorial, tal como se menciona en el apartado 4.1.2., la latitud es de 12°4'7" que equivale a 12.07°, se estimará la inclinación recomendable para esta latitud con la siguiente expresión (Valdiviezo, 2014):

$$\text{Inclinación óptima: } 3.7 + (L \cdot 0.69) = 12^\circ$$

Siendo el parámetro "L" la latitud de Lima.

Entonces los paneles fotovoltaicos serán inclinados 12° y orientados hacia el Norte.

Se muestra en la Figura 17 el modelo en SketchUp de los paneles ubicados en los muros de la azotea, con inclinación y orientación recomendadas:

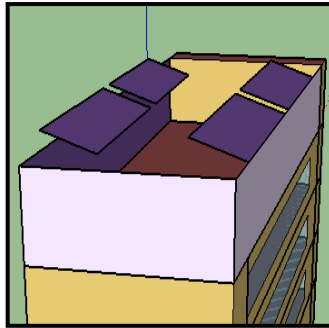


Figura 17. Ubicación de Paneles Fotovoltaicos en el Edificio C - SketchUp

Los paneles estarán sujetos a estructuras metálicas ancladas a los muros.

Ubicación de paneles fotovoltaicos:

La ubicación de los paneles fotovoltaicos en el edificio se propone en la azotea, dado que este cuenta con muros altos que protegen los equipos de aire acondicionado que ahí se encuentran. Se podrá instalar en la parte superior de los muros unas estructuras metálicas que puedan sostener los paneles de modo que no interfieran con el adecuado funcionamiento del sistema HVAC.

Se realizó una verificación con la ficha técnica de los equipos instalados en la azotea y en la Figura 18 se presentan los mínimos espaciamientos para objetos ubicados encima de los equipos:

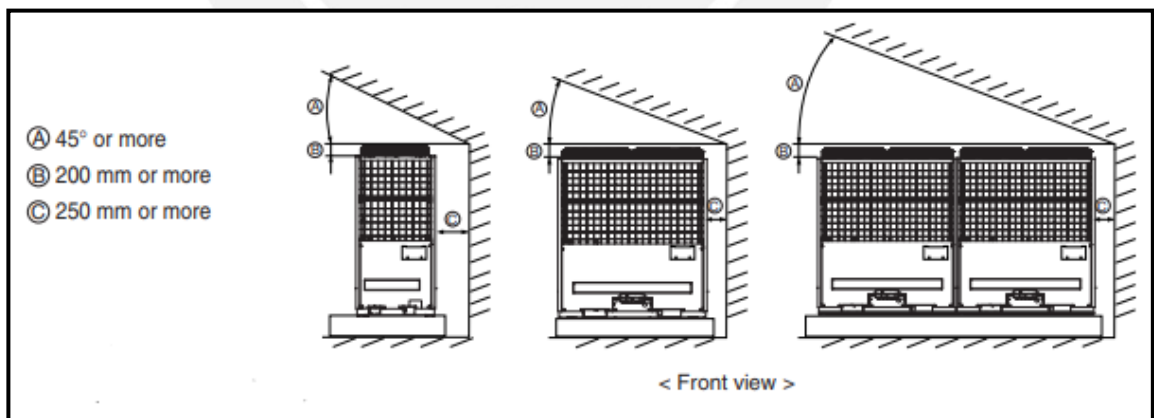


Figura 18. Esquema de Requerimientos Mínimos de Equipos de Aire Acondicionado Instalados

Fuente: Ficha técnica de equipos LG Multi V Plus Outdoor Unit

A partir de ello y de la información en planos se elaboró la Figura 19 para verificar que no existan inconvenientes con la instalación.

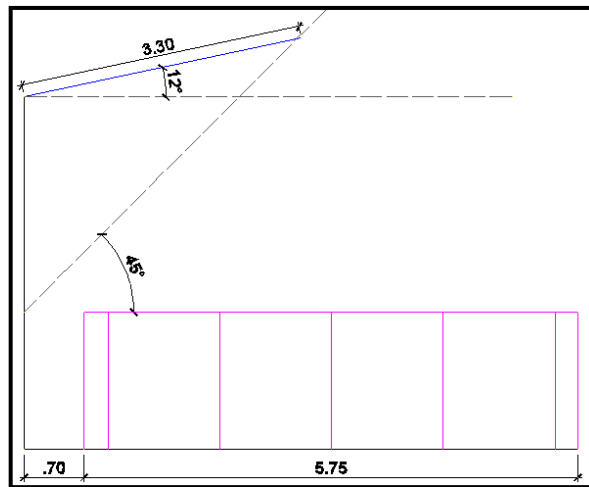


Figura 19. Esquema de Equipos de Aire Acondicionado y Paneles fotovoltaicos

Según la Figura 19 no existe interferencia, por lo tanto, la instalación de los paneles no supondrá ningún problema para el funcionamiento de los equipos del sistema HVAC.

#### Arreglo de paneles fotovoltaicos:

Normalmente en el dimensionamiento de paneles fotovoltaicos el factor determinante para hallar el número de paneles a instalar es la energía calculada que se necesita producir. Sin embargo, en este caso el edificio presenta valores muy altos de energía requerida para su funcionamiento por lo que la cantidad de paneles será definida por el espacio del que se dispone en la azotea, tomando en cuenta la función que actualmente cumple esta.

Para elegir los paneles adecuados para el proyecto, se recibió el apoyo técnico de la empresa Delta Volt S.A.C, ya que por la limitante del espacio se requerirían paneles de mayor potencia y eficiencia. La recomendación apostó por paneles monocristalinos dado que debido a su proceso de fabricación son más eficientes que los policristalinos, que son la otra opción en el mercado.

Los paneles seleccionados son de la marca Canadian Solar de 48V y 315 W, sus características técnicas y dimensiones se muestran en la Tabla 35.

Tabla 35. Especificaciones Técnicas Panel Fotovoltaico

<b>ELECTRICAL DATA   STC*</b>				
<b>CS3K</b>	<b>300MS-FG</b>	<b>305MS-FG</b>	<b>310MS-FG</b>	<b>315MS-FG</b>
Nominal Max. Power (Pmax)	300 W	305 W	310 W	315 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	32.5 V	32.7 V	32.9 V	33.1 V
Opt. Operating Current (Imp)	9.24 A	9.33 A	9.43 A	9.52 A
Open Circuit Voltage (Voc)	39.3 V	39.5 V	39.7 V	39.9 V
Short Circuit Current (Isc)	9.82 A	9.90 A	9.98 A	10.06 A
Module Efficiency	18.05%	18.36%	18.66%	18.96%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C			
Max. System Voltage	1500V (IEC) or 1000V (IEC/UL)			
Module Fire Performance	TYPE 3 / Type 13 (UL 1703) or CLASS A (IEC61730)			

Fuente: Ficha técnica de panel monocristalino de 315 W Canadian Solar

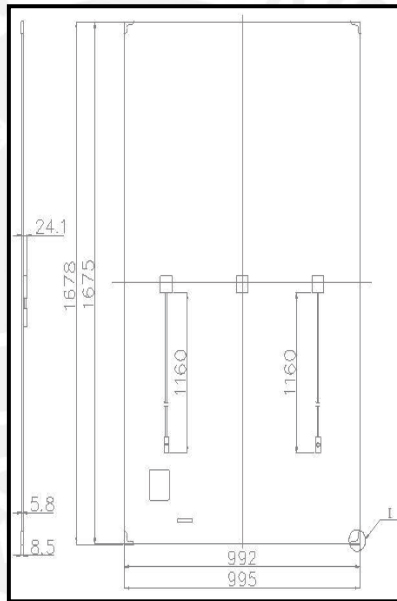


Figura 20. Dimensiones del Panel Fotovoltaico

Fuente: Ficha técnica de panel monocristalino de 315 W Canadian Solar

Los paneles seleccionados ocupan 1.675 m<sup>2</sup>, según la Figura 20, y bajo las recomendaciones del proveedor para el mantenimiento y limpieza se necesitará espacios de al menos 1.25 m entre grupos de paneles de 11 m de largo como máximo.

Ahora bien, se debe hallar el número de paneles en serie y en paralelo para la configuración requerida. Los cálculos se muestran a continuación:

Número de paneles en serie:

$$N_{pp} = \frac{\text{Voltaje del Sistema}}{\text{Tensión Nominal Panel}}$$

$$N_{pp} = \frac{48}{33.1} = 1.45 = 2$$

Se necesitarán entonces dos filas de paneles en serie.

Número de paneles en paralelo:

Para calcular el número de paneles en paralelo se debe tomar en cuenta la máxima distancia permitida de cada uno de los lados donde se instalarán los paneles. Por uno de los lados se tiene disponible 25 m, que se traduce en un máximo de 22 paneles en paralelo, por el otro lado se dispone de 23 m, que se convierte en 20 paneles en paralelo, considerando los espacios para el mantenimiento cada 11 m como máximo. Se podrán instalar entonces cuatro grupos de paneles, dos grupos con diez paneles en paralelo y dos en serie; y dos grupos con once paneles en paralelo y dos en serie, como se muestra en la Figura 21.

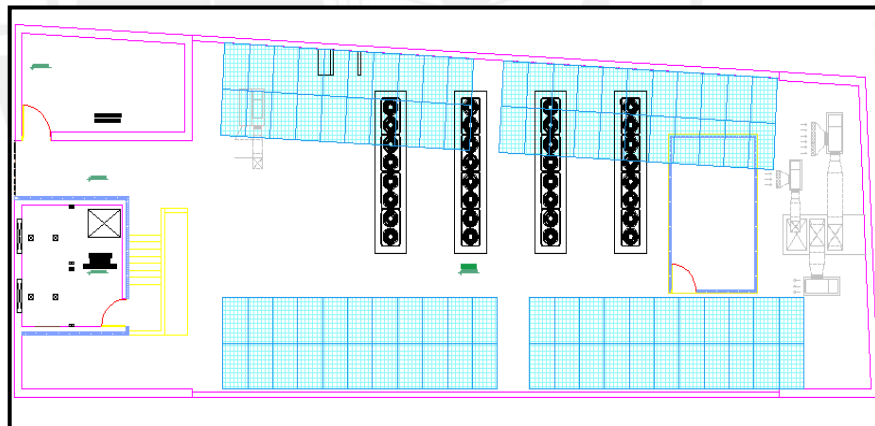


Figura 21. Paneles Fotovoltaicos Vista en Planta

En total 84 paneles que generarían energía para esta propuesta.

#### Dimensionamiento de inversores:

Los inversores sirven para transformar la corriente directa que proviene de los paneles fotovoltaicos en corriente alterna que es la que se necesita para generar energía eléctrica.

Para elegir el inversor correcto, se necesita conocer el voltaje que representa cada grupo de paneles, como sigue a continuación:

Grupos de 22 paneles:

$$V_{grupo} = V_{oc} * N = 39.9 * 22 = 877.8 V$$

Grupos de 20 paneles:

$$V_{grupo} = V_{oc} * N = 39.9 * 20 = 798 V$$

De este modo se elige un inversor de 25 KV de la marca SMA, recomendado por Delta Volt S.A.C, que posee 6 entradas para grupos de paneles, y cuyo voltaje máximo permitido por entrada es 1000V, lo que es válido para el sistema de paneles, ya que ninguno supera el voltaje permitido. Se eligió un solo inversor en vez de varios de menores voltajes para evitar mayor cableado y por ende mayores pérdidas de energía en el proceso.

Por último, en este caso el sistema será *on grid* (conectado directamente a la red eléctrica), ya que la demanda eléctrica del edificio no podrá ser cubierta por la cantidad de paneles, esto implica que cada vez que esté la energía en los paneles esté disponible será utilizada y por ello no existe la necesidad de instalar baterías en el sistema.

## **PROPUESTA 2: REEMPLAZO DE LUMINARIAS**

Se propone reemplazar algunas luminarias seleccionadas por unas más eficientes que cumplan la misma función.

En este caso, el enfoque será reemplazar aquellas luminarias que tengan un mayor consumo por cantidad de puntos instalados o por largos periodos de uso.

Las luminarias de mayor cantidad de puntos instalados son la LRC, que se utilizan para oficinas administrativas y aulas informáticas, y las S4U, para pasillos. Y por otro lado, las que tienen un largo periodo de uso, son las CM2, que nunca se apagan, se utilizan para iluminar las escaleras de emergencia, que de acuerdo al Reglamento Nacional de Construcciones y el Código Nacional de Electricidad, es un alumbrado requerido pues facilita la salida rápida en caso de sismo, incendio u otra emergencia (MINEM, 2006).

Se consultó las características técnicas de las luminarias con Philips Peruana S.A. para obtener alternativas para este reemplazo, y se propone lo siguiente:

- Para las aulas, oficinas y pasillos se propone utilizar luminarias de especificaciones técnicas similares a sus predecesoras con la diferencia de que serían LED y por lo tanto tendrían potencias más bajas.
- Para las escaleras de emergencia se propone utilizar una luminaria fluorescente LED con detectores de movimiento y calor para su encendido automático. Este sistema eliminaría en su mayoría las horas de uso de energía innecesarias.

Se detallan las características técnicas en la Tabla 36.

Tabla 36. Descripción de Tipos de Luminaria de Reemplazo

DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN	FOCOS POR PUNTO
RC 600 B	Luminaria Fluorescente LED empotrada en cielo raso con difusor acrílico. Temperatura del color 4000 K. Flujo luminoso 4000 lm.	1
DN393 B	Down Light empotrada en cielo raso con difusor de vidrio. Temperatura del color 4000 K. Flujo luminoso 1600 lm.	1
WT120 C	Luminaria fluorescente para canales de montaje, adosada a techo con difusor acrílico. Temperatura del color 4000 K. Flujo luminoso 2100 lm.	1

Fuente: Philips Peruana S.A.

En cuanto a la temperatura del color, cabe mencionar que la luz cálida tiende a ser amarilla, su rango está entre 2600K-3300K; la luz de día o neutra, suele ser la más clara y su rango está entre los 3300K – 5000K; y la luz fría tiende a ser azulada, su rango está entre los 5000K – 6500K. En este caso la luz que ofrecen las luminarias de reemplazo se encuentra dentro del rango de luz de día



### 5.3. GESTIÓN PROPUESTA

#### 5.3.1. REVISIÓN Y ANÁLISIS DE INSTALACIÓN DE PROPUESTAS DE CAMBIO

##### PROPUESTA 1: IMPLEMENTACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS

En esta propuesta se implementará un sistema de 4 grupos de paneles fotovoltaicos, a continuación, se muestra el detalle de costos:

##### ESTRUCTURA METÁLICA:

En cuanto al costo del suministro e instalación de la estructura metálica se tomará en cuenta el estudio ya realizado por Valdiviezo (2014) para un sistema similar instalado en la PUCP y este resulta en alrededor del 15% del costo de los componentes fotovoltaicos (paneles e inversor).

##### CABLEADO ELÉCTRICO:

Del mismo modo para el cableado eléctrico, suministro e instalación, el costo representa el 5% del costo de los componentes fotovoltaicos (paneles e inversor), según Valdiviezo (2014).

##### COSTO TOTAL DE INVERSIÓN:

Según lo ya detallado en la descripción de propuestas y lo mencionado acerca del cableado eléctrico del sistema y la estructura metálica, se muestra en la Tabla 37 el costo total de la inversión para la propuesta 1:

Tabla 37. Costo de Inversión para la Propuesta 1 de la Gestión de la Energía

DENOMINACIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO PARCIAL (USD)
Canadian Solar 315 W Monocristalino	84	228	19,127
Inversor SMA	1	4,173	4,173
Cableado eléctrico	1	1,165	1,165
Estructura metálica	1	3,495	3,495
<b>TOTAL</b>			<b>27,960</b>

Fuentes: Valdiviezo, 2014

##### COSTO DE OPERACIÓN:

Además del costo de inversión para implementar la propuesta se debe tomar en cuenta el costo de operación de la misma, que en este caso es únicamente el mantenimiento,

que incluye limpieza e inspección completa del sistema cada 2 meses, según recomendación del proveedor. La Tabla 38 presenta el costo de operación anual de la propuesta 1.

Tabla 38. Costo de Operación Anual de la Propuesta 1 de la Gestión de la Energía

<b>COSTO DE OPERACIÓN (OPEX) ANUAL</b>			
<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO (USD)</b>	<b>COSTO PARCIAL (USD)</b>
Mantenimiento (USD)	6	70	420
<b>TOTAL</b>			<b>420</b>

## **PROPUESTA 2: REEMPLAZO DE LUMINARIAS**

En esta propuesta se reemplazarán algunas luminarias importantes que pueden representar un ahorro importante, a continuación, se muestra el detalle de costos:

### **COSTO TOTAL DE INVERSIÓN:**

La Tabla 39 muestra el costo de inversión de la propuesta 2, de acuerdo a los datos alcanzados por el proveedor.

Tabla 39. Costo de Inversión para la Propuesta 2 de la Gestión de la Energía

<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO (USD)</b>	<b>COSTO PARCIAL (USD)</b>
RC 600 B	508	160	81,344
DN393 B	158	37	5,854
WT120 C	39	71	2,761
LRM1080	39	91	3,544
LRH1070	39	15	594
<b>TOTAL</b>			<b>94,097</b>

Fuente: Philips Peruana S.A.

### **COSTO DE OPERACIÓN:**

En este caso el costo de operación es prácticamente nulo, el mantenimiento de estas luminarias en específico se incluye en los gastos asumidos por el mantenimiento normal del edificio para las luminarias anteriores. Por lo tanto, no se considera OPEX.

### 5.3.2. SIMULACIÓN ENERGÉTICA EN ENERGYPLUS CON LAS PROPUESTAS DE CAMBIO

Para proceder a ejecutar la nueva simulación energética con las propuestas de cambio incluidas se realizará un nuevo cálculo previo de las potencias de las luminarias por piso en función de la información de la Tabla 36. Además, se necesitará incluir en el modelo de SketchUp la ubicación de los paneles fotovoltaicos pensados para el proyecto.

A continuación, se muestran los datos considerados para ambas propuestas:

#### Propuesta 1: Implementación de paneles fotovoltaicos:

La modificación realizada en SketchUp para ubicar los paneles fotovoltaicos de acuerdo a las consideraciones del diseño se muestra en la Figura 22.

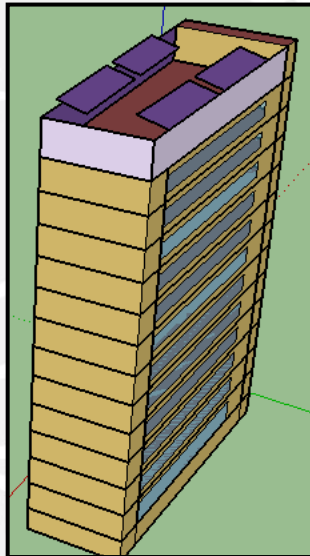


Figura 22. Modelo del Edificio C con Paneles Fotovoltaicos en SketchUp

La modificación de potencias de luminarias e ingreso de datos de los paneles fotovoltaicos en el EnergyPlus será detallada en el Anexo 5.

Propuesta 2: Reemplazo de luminarias:

La Tabla 40 contiene el conteo de la nueva potencia por piso que se obtiene con el reemplazo de luminarias seleccionadas.

Tabla 40. *Potencia por Piso de Luminarias con las Propuestas de Cambio*

DENOMINACIÓN	POTENCIA (W)	FOCOS POR PUNTO (und)	PUNTOS POR PISO														Escaleras Emergencia	
			Sótano	1ro	2do	3ro	4to	5to	6to	7mo	8vo	9no	10mo	11mo	12mo	Azotea		
RC600 B	30	1	-	34	24	24	24	24	24	54	54	54	54	54	54	54	-	-
S4	26	2	-	7	7	7	7	7	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S6	18	2	-	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	-	-
DN393 B	19	1	-	7	15	15	15	15	15	13	13	13	13	13	13	13	-	-
G1	26	2	-	-	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	-	-
H2	40	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
J1	28	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-
WT120 C	18.5	1	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39
<b>POTENCIA POR PISO (W)</b>			<b>296</b>	<b>1733</b>	<b>1733</b>	<b>1733</b>	<b>1733</b>	<b>1733</b>	<b>1733</b>	<b>2187</b>	<b>2187</b>	<b>2187</b>	<b>2187</b>	<b>2187</b>	<b>2187</b>	<b>2187</b>	<b>440</b>	<b>721.5</b>

Las potencias de las luminarias y cantidad de focos por punto fueron modificadas de acuerdo a la información proporcionada por Philips Peruana S.A., empresa con la que se cotizaron los nuevos equipos de iluminación.

Se presentan los resultados obtenidos de la simulación con las propuestas de cambio en la Tabla 41.

Tabla 41. *Gasto Energético del Edificio C con las Propuestas de Cambio*

	LUMINARIAS (KWH)	EQUIPAMIENTO (KWH)			SISTEMA HVAC (KWH)	ENERGIA PRODUCIDA POR PANELES SOLARES (KWH)	GASTO TOTAL (KWH)
		COMPUTADORAS	ASCENSORES	BOMBA			
<b>Enero</b>	2390	19837	1203	1440	258	1776	23353
<b>Febrero</b>	5730	48199	2969	3521	676	3009	58085
<b>Marzo</b>	5428	37854	3391	4001	701	3800	47575
<b>Abril</b>	5832	49594	3008	3601	639	3309	59364
<b>Mayo</b>	6528	54592	3391	4001	496	2765	66243
<b>Junio</b>	6262	52461	3251	3841	475	1924	64365
<b>Julio</b>	4094	23092	3008	3601	416	1659	32552
<b>Agosto</b>	5428	37854	3391	4001	441	1831	49283
<b>Setiembre</b>	6095	51725	3148	3761	484	2148	63064
<b>Octubre</b>	6266	52461	3251	3841	617	2733	63701
<b>Noviembre</b>	6262	52461	3251	3841	701	2598	63917
<b>Diciembre</b>	3174	26230	1625	1920	350	1822	31478
<b>SUBTOTAL</b>	63488	506359	34887	41368	6254	29375	622981
<b>TOTAL</b>	63488	582614			6254	29375	

### PORCENTAJE GASTO ENERGÉTICO FINAL

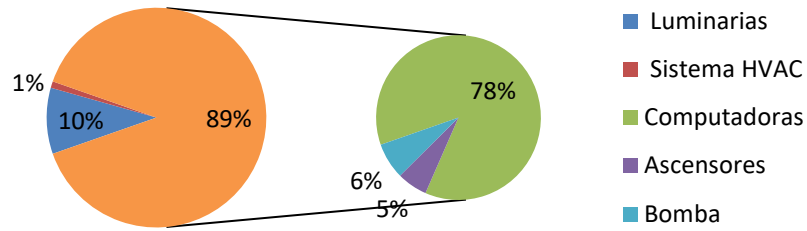


Figura 23. Gasto Energético con las Propuestas de Cambio en Porcentaje

En la Tabla 41 y la Figura 23, se observa que el 89% del nuevo consumo energético total del edificio lo tiene el equipamiento (computadoras, ascensores y bomba), esto debido a que la propuesta 2 solo involucró un cambio en las luminarias y las potencias de los aparatos de equipamiento se mantuvieron constantes. Las luminarias llegarían a representar el 10%, y finalmente el sistema HVAC, el 1%.

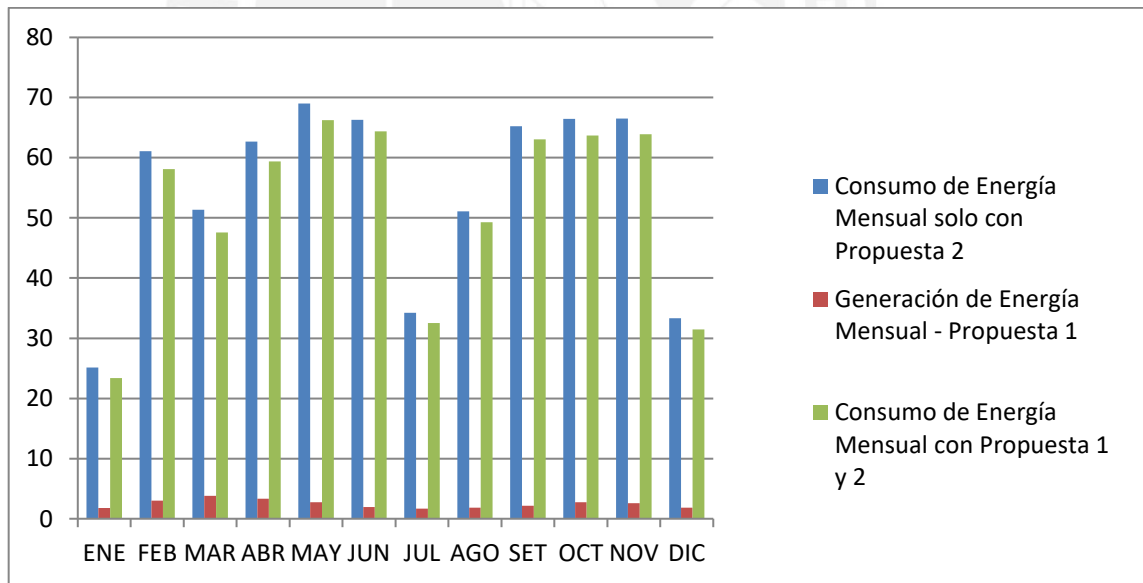


Figura 24. Consumos de Energía Mensual y Generación de Energía Mensual (KWh x 1000)

En la Figura 24 se muestra el consumo de la energía mensual solo con la propuesta 1, la generación de energía con la propuesta 2 y el consumo de energía mensual con ambas propuestas. La primera representa la disminución de demanda energética a través de la propuesta 1 en la que se reemplazan algunas luminarias; la segunda, la

cantidad de demanda que se puede satisfacer con otra fuente energética, en este caso energía solar a través de paneles fotovoltaicos; y la tercera, el resultado de aplicar ambas propuestas juntas.

En la Figura 25, mostrada a continuación, se presentan los nuevos costos mensuales por servicios de electricidad:

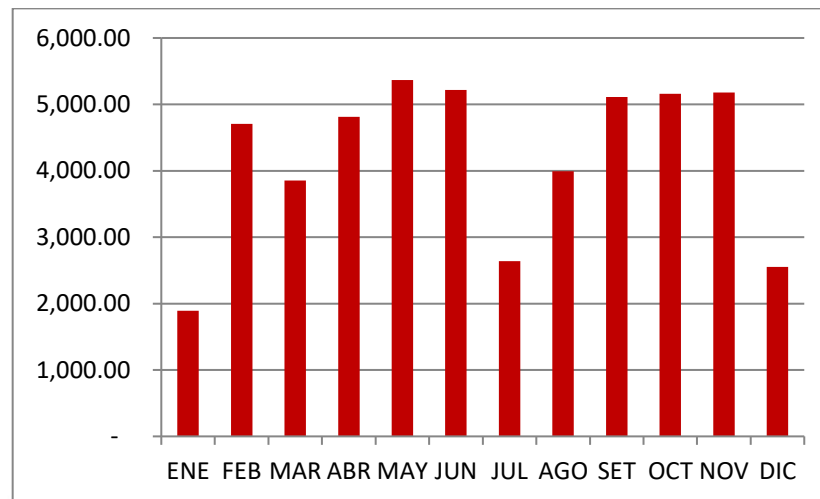


Figura 25. Costo Mensual por Servicios de Electricidad con Propuestas de Cambio (USD)

El edificio con las propuestas de cambio incluidas gasta alrededor de \$ 5130 en los meses de atención completa a estudiantes y personal administrativo, y de \$ 2800 aproximadamente, en meses de cierre o atención parcial.

### 5.3.3. ANÁLISIS COMPARATIVO DEL GASTO ENERGÉTICO CON RESPECTO AL CÁLCULO INICIAL

Se muestran a continuación los resultados comparativos entre el estado previo y posterior a las propuestas de cambio del edificio:

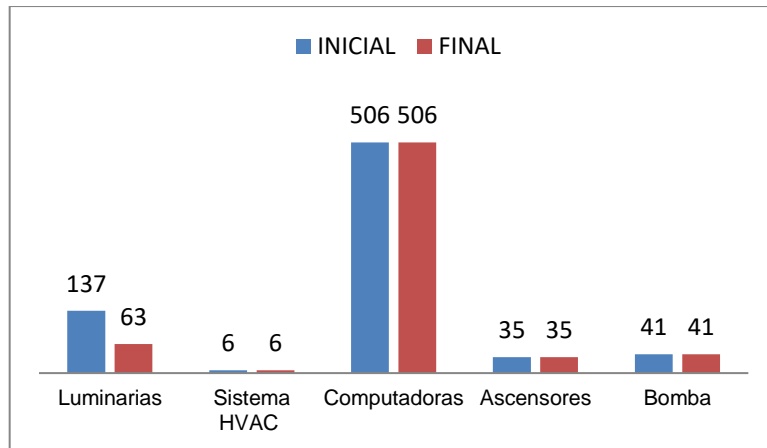


Figura 26. Comparación de Consumo Energético Anual Inicial y Final por Tipo de Uso (KWh x 1000)

En la Figura 26 se muestra una comparación del consumo energético por tipo de uso antes y después de las propuestas de cambio, se encuentra una diferencia únicamente en el consumo por luminarias debido a que dentro de las propuestas se intervino el gasto de estas y no la de los demás aparatos. Esta reducción representa un 54% de ahorro en gasto por luminarias y un 10% de ahorro en gasto total en el edificio.

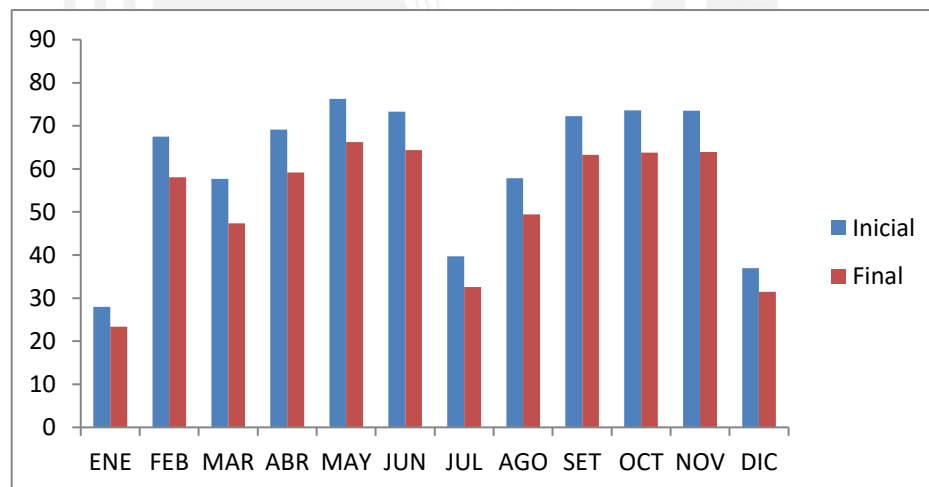


Figura 27. Comparación de Consumo Energético Inicial y Final por Mes (KWh x 1000)

De las Tablas 41 y 33 y la Figura 27, se observa que después de los cambios propuestos en el edificio, estos presentan una demanda de energía de fuentes tradicionales 14% menor que en su configuración inicial, de los cuales el 10% corresponde al reemplazo de luminarias y el 4%, a un cambio de fuente energética con paneles fotovoltaicos.



Tabla 42. Comparación de Costos por Servicios de Electricidad Final respecto al Inicial y Porcentajes de Ahorro

	<b>GASTO TOTAL INICIAL (KWh)</b>	<b>GASTO TOTAL FINAL (KWh)</b>	<b>COSTO POR SERVICIOS DE ELECTRICIDAD INICIAL (USD)</b>	<b>COSTO POR SERVICIOS DE ELECTRICIDAD FINAL (USD)</b>	<b>PORCENTAJE DE AHORRO</b>
<b>ENE</b>	27,978	23,353	2,268	1,893	17%
<b>FEB</b>	67,528	58,085	5,471	4,706	14%
<b>MAR</b>	57,890	47,575	4,691	3,855	18%
<b>ABR</b>	69,323	59,364	5,617	4,810	14%
<b>MAY</b>	76,275	66,243	6,180	5,367	13%
<b>JUN</b>	73,279	64,365	5,937	5,215	12%
<b>JUL</b>	39,741	32,552	3,221	2,638	18%
<b>AGO</b>	57,630	49,283	4,670	3,993	14%
<b>SET</b>	72,069	63,064	5,839	5,110	12%
<b>OCT</b>	73,495	63,701	5,955	5,161	13%
<b>NOV</b>	73,504	63,917	5,955	5,179	13%
<b>DIC</b>	36,936	31,478	2,993	2,551	15%
<b>TOTAL</b>	<b>725,648</b>	<b>622,981</b>	<b>58,796</b>	<b>50,480</b>	<b>14%</b>

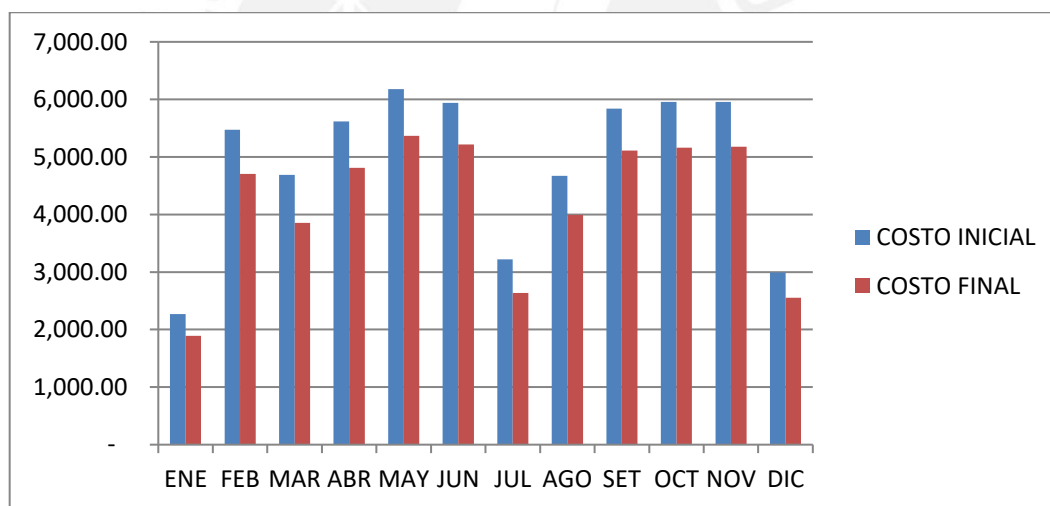


Figura 28. Comparación de Costos por Servicios de Electricidad Final respecto a la Inicial

Según la Tabla 42 y la Figura 28, existe un ahorro de energía eléctrica anual de 102,667KWh con las propuestas de cambio.

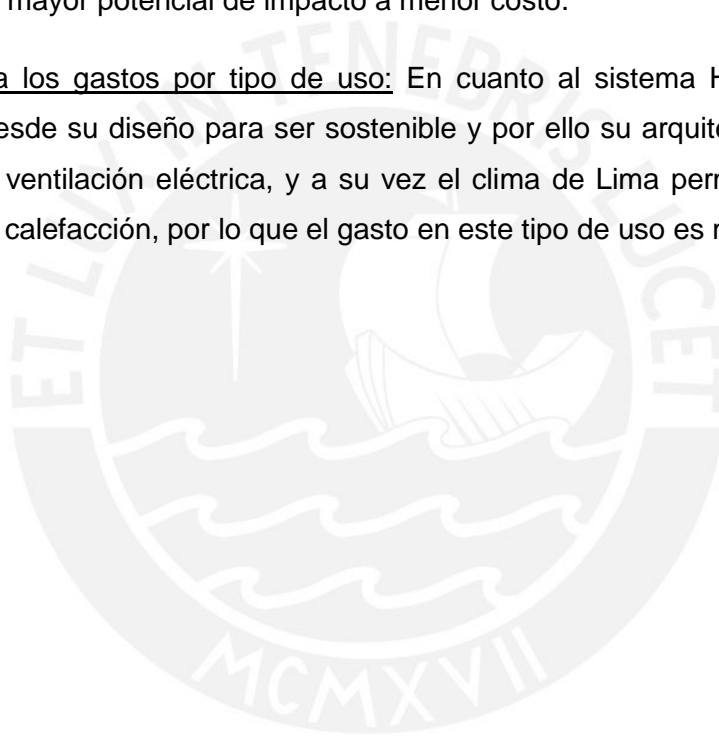
En cuanto a costos, se redujeron a un aproximado de \$ 5130 en los meses de atención completa a estudiantes y personal administrativo, y de \$ 2800 en meses de cierre o atención parcial.

Analizando los porcentajes de ahorro mensual, estas propuestas de cambio logran un ahorro mínimo de 12% y máximo de 18% al mes. Y se percibe un ahorro económico anual de \$ 8300 aproximadamente, que representa el 14% del gasto total inicial.

#### **5.3.4. COMENTARIOS DE LA GESTIÓN PROPUESTA**

Respecto a la propuesta 2: Reemplazo de luminarias: Podrían haberse propuesto algunas opciones adicionales a las mencionadas que también aporten en el ahorro energético y económico, como por ejemplo el reemplazo completo de luminarias y computadoras de menor potencia; sin embargo, se identificaron oportunidades de mejora con mayor potencial de impacto a menor costo.

Respecto a los gastos por tipo de uso: En cuanto al sistema HVAC, el edificio fue pensado desde su diseño para ser sostenible y por ello su arquitectura permite el uso mínimo de ventilación eléctrica, y a su vez el clima de Lima permite prescindir de un sistema de calefacción, por lo que el gasto en este tipo de uso es mínimo.



## CAPÍTULO 6: ANÁLISIS DE LA PROPUESTA COMPLETA Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 6.1. ANÁLISIS DE LAS MEJORAS AMBIENTALES ALCANZADAS

Para cuantificar los impactos ambientales evitados mediante la implementación de las mejoras en el edificio se analizará el impacto del ahorro tanto de agua como de energía eléctrica en la categoría de cambio climático medido en KgCO<sub>2</sub>eq.

#### AHORRO DE AGUA:

El cálculo del volumen de agua inicial y final anual se obtiene del gasto diario inicial y final estimado en el capítulo 4.3.3. multiplicado por el número de días anuales operativos considerado en la Tabla 18. Con este valor y el factor de emisión de 0.0327 KgCO<sub>2</sub>eq/m<sup>3</sup> analizado al 2014 mediante un ACV (Cáceres, K., 2016) se obtiene la cantidad de GEI evitados por el ahorro de agua.

#### AHORRO DE ENERGIA ELÉCTRICA:

De lo estimado en Tabla 42 como gasto de energía eléctrica inicial y final y el factor de emisión de 0.331 KgCO<sub>2</sub>eq/KWh analizado al 2013 mediante un ACV (Vásquez, Reyna, García & Kahhat, 2015) se obtiene la cantidad de GEI evitados por el ahorro de energía eléctrica.

La Tabla 43 muestra el cálculo de la emisión de GEI evitados por el gasto del agua y la energía eléctrica.

Tabla 43. *Cálculo de Emisión de GEI Evitados*

	<b>FACTOR DE EMISIÓN</b>	<b>GASTO ANUAL INICIAL (m3 o KWh)</b>	<b>GASTO ANUAL FINAL (m3 o KWh)</b>	<b>GEI INICIALES (KgCO<sub>2</sub>eq)</b>	<b>GEI FINALES (KgCO<sub>2</sub>eq)</b>
Agua	0.0327	70,760	56,260	2,314	1,840
Energía Eléctrica	0.331	725,648	622,981	240,189	206,207
GEI totales (KgCO <sub>2</sub> eq)				242,503	208,046
GEI evitados (%)					<b>14%</b>
GEI evitados (KgCO <sub>2</sub> eq)					<b>34,457</b>

Fuentes: Cáceres, K. (2016) & Vásquez et al. (2015)

De acuerdo al análisis anterior, con las propuestas de cambio se logra evitar la emisión de aproximadamente 34.5 tCO<sub>2</sub>eq anualmente.

## 6.2. ANÁLISIS DE LA FACTIBILIDAD ECONÓMICA

Para evaluar la factibilidad económica será necesario elaborar el flujo de caja económico de la inversión a partir del ahorro neto obtenido con las propuestas de cambio presentadas tanto para el ahorro de agua como de energía y los montos de inversión total, como se muestra en las Tablas 45, 48 y 49.

### GESTIÓN DEL AGUA:

Tabla 44. *Ahorro Bruto de Agua*

<b>AHORRO BRUTO DE AGUA</b>	
T.C	3.4
Costo del agua potable (s./m3)	5.21
Costo del agua potable (\$/m3)	1.53
Días de operación anuales	290
Gasto máximo diario inicial (m3/día)	244
Gasto máximo anual inicial (m3/año)	70,760
Gasto máximo anual inicial (\$/año)	108,263
Gasto máximo diario final (m3/día)	194
Gasto máximo anual final (m3/año)	56,260
Gasto máximo anual final (\$/año)	86,078
Ahorro máximo diario (m3/día)	50
Ahorro de agua anual (m3/año)	14,500
<b>Ahorro bruto anual de agua (\$/año)</b>	<b>22,185</b>

Tabla 45. *Ahorro Neto de Agua*

<b>AHORRO NETO DE AGUA (USD/año)</b>	
<b>Ahorro bruto anual de agua</b>	<b>22,185</b>
OPEX propuesta 1	2,936
OPEX propuesta 2	380
OPEX total	3,316
<b>Ahorro neto anual de agua</b>	<b>18,869</b>

Tabla 46. *Inversión Total de la Gestión del Agua*

<b>INVERSIÓN TOTAL GESTIÓN DEL AGUA (USD)</b>	
Propuesta 1	91,442
Propuesta 2	11,112
<b>Inversión total</b>	<b>102,554</b>

## GESTIÓN DE LA ENERGÍA:

Tabla 47. *Ahorro Bruto de Energía*

<b>AHORRO BRUTO DE ENERGÍA (USD/año)</b>	
Costo Anual Inicial	58,796
Costo Anual Final	50,480
<b>Ahorro Bruto Anual de Energía</b>	<b>8,316</b>

Tabla 48. *Ahorro Neto de Energía*

<b>AHORRO NETO DE ENERGÍA (USD/año)</b>	
OPEX Propuesta 1	420
OPEX Propuesta 2	-
OPEX Total	420
<b>Ahorro Neto Anual de Energía</b>	<b>7,896</b>

Tabla 49. *Inversión Total de la Gestión de la Energía*

<b>INVERSIÓN TOTAL GESTIÓN DE LA ENERGÍA (USD)</b>	
Propuesta 1	27,960
Propuesta 2	94,097
<b>Inversión total</b>	<b>122,057</b>

Se analiza un flujo de caja para un periodo de 30 años para el caso de un proyecto de inversión orientado a obtener ahorros de energía y agua en una edificación (Fuller, 2010). Se asume que la inversión total será amortizada por los ahorros anuales que presenta el edificio a lo largo de 30 años, los mismos que se verán afectados por indicadores económicos como la inflación, la variación porcentual de los costos de servicios públicos y el interés de capital.

Tabla 50. Consideraciones para el Análisis de Flujo de Caja

DESCRIPCIÓN	VALOR
<b>Tiempo de vida del edificio considerado (años)</b>	<b>30</b>
Inversión gestión del agua (\$)	102,554
Inversión gestión de la energía (\$)	122,057
<b>Inversión inicial total (\$)</b>	<b>224,611</b>
Ahorro neto de agua anual (\$)	18,869
Ahorro neto de energía anual (\$)	7,896
<b>Ahorro neto anual (\$)</b>	<b>26,765</b>
<b>Variación porcentual de costo de servicios públicos</b>	<b>0.130%</b>
<b>Inflación</b>	<b>2.20%</b>
<b>Interés de capital</b>	<b>2.75%</b>

Fuentes: BCRP, 2018

A continuación, en la Figura 29 se muestra el flujo de caja de la inversión realizada para la conversión del edificio y en la Figura 30 se muestra el saldo acumulado de la inversión durante el ciclo de vida del proyecto.

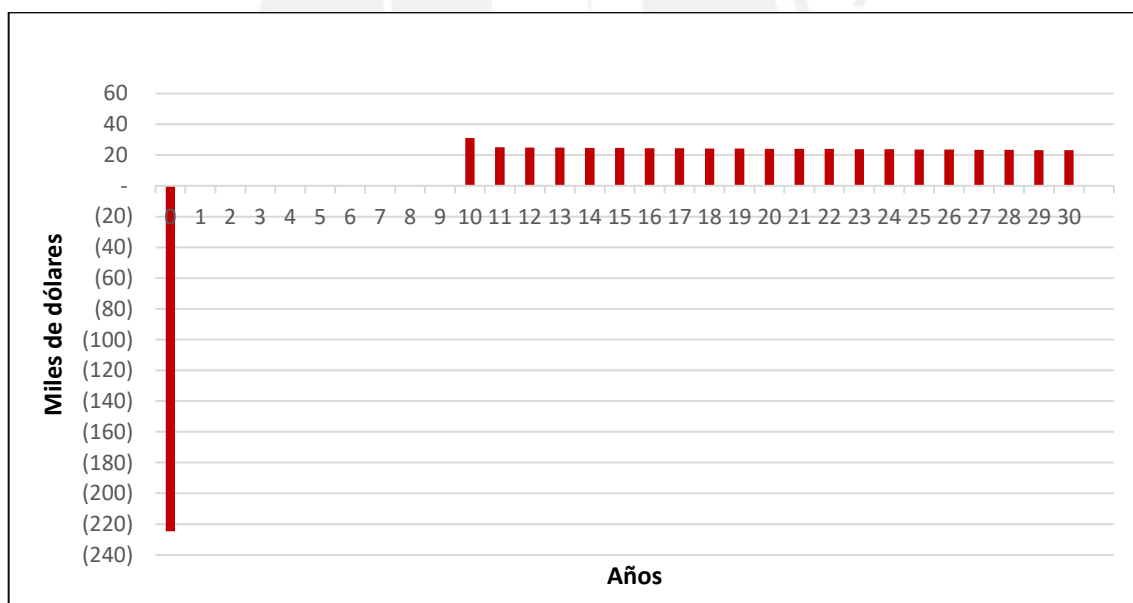


Figura 29. Flujo de Caja Económico

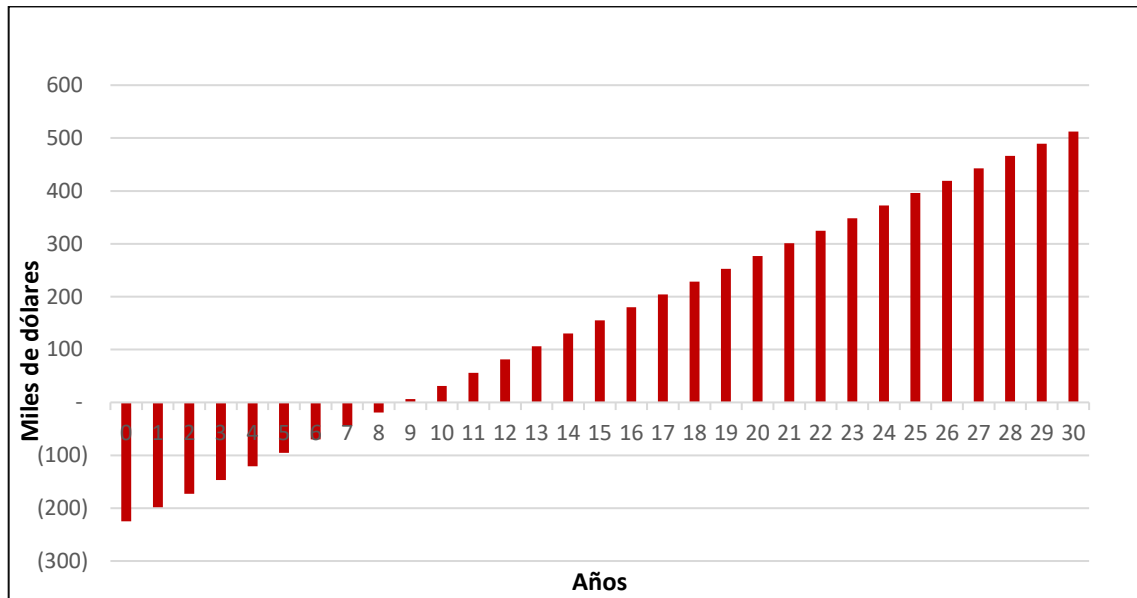


Figura 30. Balance Acumulado de la Inversión

Tomando en cuenta los datos de las figuras mostradas se obtienen los indicadores para la evaluación económica de la inversión, como se muestra en la Tabla 51.

Tabla 51. Indicadores para el Análisis de Factibilidad de la Inversión

INDICADORES	VALOR
Periodo de retorno (años)	9
Tasa interna de retorno - TIR (%)	13.8%
Valor actual neto - VAN (USD)	512,543

Se analizan estos indicadores de la siguiente manera:

- Se obtiene un periodo de retorno, que es el tiempo en el que se recupera el capital invertido, de 9 años, que resulta aceptable para un periodo de análisis de 30 años (Cabas & Garrido, 2011)
- La TIR de 13.8% es mayor al interés del capital de 2.75%, que es el interés que generaría el dinero si fuera ahorrado en un banco; por lo tanto, la inversión es económicamente factible.
- Se obtiene un VAN de 512,543.00 USD para una inversión de 224,611 USD.

### 6.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se obtienen tres importantes resultados de este proyecto, cada uno de los cuales responde a los objetivos específicos planteados inicialmente. El primero y segundo son la evaluación de la gestión del agua y energía con las propuestas de cambio, respectivamente; y el tercero, el análisis de las mejoras ambientales alcanzadas y la factibilidad económica.

En primer lugar, respecto a los resultados de la gestión del agua con las propuestas de cambio, este proyecto presenta un 20% de ahorro en agua respecto a su diseño inicial que incluye gastos sobredimensionados en su cálculo, dado que se utilizó el método de Hunter para ello. Este método es ampliamente utilizado para el diseño de tuberías en edificaciones, por lo que el concepto implica que el gasto real tenga probabilidades mínimas de ser superior a los valores hallados.

El porcentaje de ahorro de agua será probablemente menor a este resultado si se evaluara con un medidor de agua que muestre resultados reales de gasto mensual. Sin embargo, actualmente el campus no cuenta con medidores de agua en cada edificio de la universidad. Por lo tanto, se asume que el 20% de ahorro en agua es el máximo probable que pueda darse en alguna ocasión. Se debe considerar también que los lavamanos cuentan con aireadores y temporizadores que disminuyen el gasto hídrico total, y a la vez reducen la contribución al reciclaje de aguas grises para reuso en inodoros.

Este resultado fue comparado con el proyecto desarrollado por Ribero, Garzón, Alvarado, y Gasch (2016), que se enfocó en analizar los beneficios de conseguir una certificación LEED a través de modificaciones en la gestión del agua y energía para un edificio de salones en la Pontificia Universidad Javeriana en Colombia. Este edificio tenía un área construida de 8300m<sup>2</sup>, muy similar al área construida de 8100m<sup>2</sup> de este proyecto, por lo que se asume una cantidad de usuarios parecida, y presentaba un ahorro de 3,600m<sup>3</sup> en agua a diferencia de los 14,500m<sup>3</sup> que resultan del análisis en este proyecto, lo cual advierte un sobredimensionamiento en los resultados debido al método utilizado para su cálculo.



Sin embargo, este resultado deriva en información importante y necesaria para este proyecto, puesto que permitió reconocer valores entre los gastos y ahorros, y continuar el proceso de evaluación para las condiciones dadas.

En segundo lugar, respecto a los resultados de la gestión de la energía se observa que el porcentaje de ahorro de energía de 14% es igual al porcentaje de ahorro en costo, dado que para calcular el costo mensual por servicios de electricidad se utilizó únicamente la categoría de Cargo por energía activa en horas punta, del pliego tarifario de Enel Distribución Perú S.A.A al 2018.; sin embargo, en un escenario real, la categoría del cargo cambiará a lo largo del día de acuerdo a las horas de uso de las luminarias reemplazadas y del funcionamiento de los paneles fotovoltaicos; y por ende, también, el porcentaje de ahorro en costo respecto del de energía.

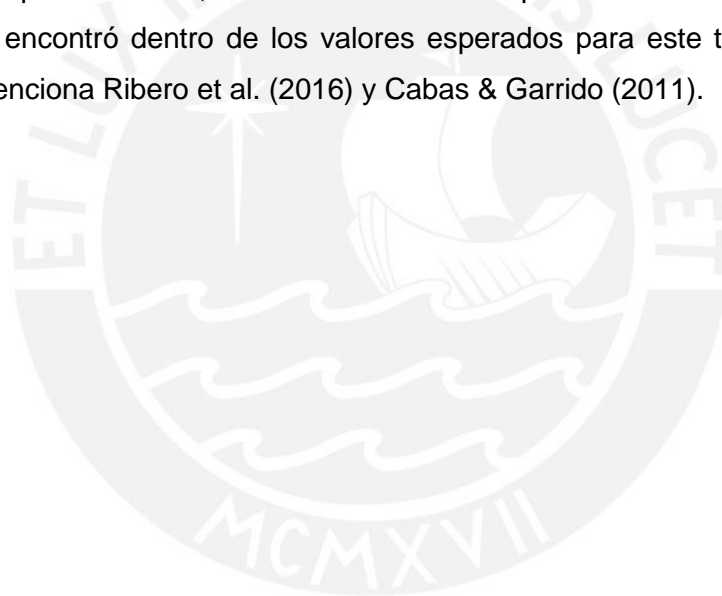
Otro resultado visible de esta sección es el porcentaje de ahorro correspondiente a la instalación de paneles fotovoltaicos de 4%, un valor ciertamente debajo de lo esperado; que sustenta su bajo impacto en la comparación de la energía producida por 84 paneles y el gasto de energía inicial del edificio, que es bastante alto dado el uso y la magnitud de este.

El aporte de los paneles en un caso de renovación para la mejora de la gestión de recursos podría ser mayor en función a la localización del proyecto (por el valor de la radiación solar) y al espacio disponible, como es el caso del estudio de Sanabria (2016) para un hospital en un poblado de la ciudad de Bogotá, en el que se logró un 23% de ahorro de energía considerando que se contaba con amplios espacios en los alrededores para instalar la mayor cantidad de paneles posibles, a comparación del presente proyecto en el que el espacio aprovechable fue limitado por el área libre disponible de la azotea. Asimismo, es importante mencionar que la eficiencia de los paneles fotovoltaicos se encuentra en constante mejora y al momento una de las eficiencias más altas del mercado es del 19% con la que cuentan los paneles para este proyecto.

Estos resultados obtenidos a través del programa de simulación EnergyPlus fueron fundamentales para el desarrollo de este proyecto dado que se obtuvo una representación coherente del gasto del edificio, lo cual permitió entender su funcionamiento y reconocer las áreas de enfoque para realizar las propuestas de mejora.

Respecto al análisis de mejoras ambientales logradas, se observa una mejora ambiental considerablemente más alta en el ahorro energético que en el ahorro hídrico, este resultado se refleja también en el 14% de disminución anual de emisiones totales de GEI que se asemeja más al porcentaje de ahorro de energía eléctrica que al del agua (20%). Esto debido a la baja emisión asociada a una planta de tratamiento de agua potable en el Perú respecto de una planta de producción de energía eléctrica.

Por último, respecto al análisis de factibilidad, la tasa interna de retorno (TIR) de 13.8% resulta bastante más alta que el 7.1% que presenta el proyecto de Ribero et al. (2016), mencionado anteriormente, en la que también se realiza una evaluación económica, lo cual es coherente con la influencia del ahorro neto del agua sobre el análisis global. Al ser el ahorro del agua un valor máximo, también será razonable que el TIR de 13.8%, calculado a partir de este, sea una tasa máxima posible. Por otro lado, el tiempo de retorno se encontró dentro de los valores esperados para este tipo de proyectos, tal como lo menciona Ribero et al. (2016) y Cabas & Garrido (2011).



## CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1. CONCLUSIONES

En el proyecto se elaboró una propuesta de conversión para el Edificio C del Complejo Mac Gregor en el campus de la PUCP, con el fin de mitigar el impacto ambiental asociado a su configuración inicial, estas propuestas se enfocaron en la mejora de la gestión del agua y la energía. Se utilizó el método de Hunter y el *software* energético EnergyPlus, respectivamente, para el cálculo de sus gastos y ahorros, y cada uno de ellos fue desarrollado en un capítulo de esta tesis. Con los resultados que se obtuvieron de ellos se llevó a cabo el análisis de las mejoras ambientales logradas y un análisis de factibilidad económica.

La gestión del agua actual del edificio, si bien es convencional, presenta un gasto diario bastante alto que se debe a la cantidad de aparatos sanitarios instalados y esta se basa en el número de usuarios que atiende el edificio. En este análisis se determinó un porcentaje de ahorro máximo total del 20% de agua potable, lo cual contribuye directamente a la preservación de este recurso natural. Este ahorro fue obtenido con la implementación de una planta de tratamiento de aguas grises, que representa el 11.5% del ahorro, y el reemplazo de urinarios tradicionales por urinarios secos, que interviene con el 8.5%.

Del cálculo de gastos de agua se observa que dentro de una edificación el aparato sanitario que más agua necesita para su funcionamiento es el inodoro, inclusive en el mejor de los casos, su gasto es mayor al de cualquier otro aparato para una descarga. Además, de acuerdo a la función que desempeña es el que menor requerimiento de calidad de agua debería presentar. Por ello, el sistema de reciclaje de aguas grises resulta ser el más incidente dentro del ahorro total, se redujo en un 31% el consumo de agua potable para inodoros. Ahora bien, después de los inodoros, los urinarios se encuentran entre los aparatos de más alto consumo, por lo que su reemplazo por urinarios secos fue notable. Al reemplazarse todos los aparatos se logró reducir casi el 100% del gasto de urinarios inicial, con un gasto mínimo para el mantenimiento de los mismos.

Se concluye que las propuestas seleccionadas para la mejora de la gestión del agua fueron válidas y altamente útiles para el objetivo perseguido en este proyecto.

Por otro lado, la gestión de la energía instaurada actualmente en el edificio es razonable y coherente con el concepto inicial de su diseño en el 2008; sin embargo, es inevitable que con el paso de los años los avances en tecnología de materiales y desarrollo de productos brinden opciones cada vez mejores para ahorrar energía. En este caso las propuestas lograron reducir el 14% del gasto energético total del edificio, a través del cambio de luminarias, que aportó con el 10% del ahorro, y la implementación de paneles fotovoltaicos, con el 4%.

Se concluye que el cambio de luminarias e implementación de sistemas inteligentes de apagado y encendido automático significan un ahorro importante para una edificación. En este caso, se logró una reducción del 54% del total de gasto por luminarias, que significó un 10% del gasto total de energía; se infiere que la selección correcta de luminarias a reemplazar es relevante para lograr mejores resultados con la menor cantidad de modificaciones posibles, que se traduce finalmente en mayor ahorro y mayor valor actual neto de la inversión.

Por otro lado, el impacto que genera la instalación de paneles fotovoltaicos en el ahorro es bajo a comparación del reemplazo de luminarias, con un 4% de aporte al ahorro total del proyecto, a pesar de ser paneles con la más alta eficiencia (19%) encontrada en el mercado peruano no se logró aminorar en un porcentaje notable el gasto de energía, dado que su diseño fue limitado por el espacio libre disponible en la azotea.

En este caso, es debido a las bajas eficiencias de los paneles actuales que aún no se logra aprovechar completamente su capacidad en tamaño ni la radiación local de la que se dispone durante el día. Actualmente los valores de la eficiencia de los paneles comerciales y disponibles en el país oscilan entre 16 y 19%, aunque en otros países, como en China, ya se están desarrollando paneles con eficiencias de hasta 25% con otros materiales y a menores costos (McGrath, 2018). Los precios de los paneles fotovoltaicos han disminuido en 34% en el 2018 (BNEF, 2018) y año a año mejoran su eficiencia, por lo que en futuros años serán aún más accesibles y brindarán también mejores resultados.

A pesar de que los paneles no cuenten con un porcentaje de ahorro notable, en este proyecto, debido a las condiciones del mismo, estos representan una opción importante en el campo del ahorro energético para edificios de gastos energéticos menores como casas o edificios multifamiliares. Esto se demuestra en el proyecto realizado por Morante

et al. (2003) en el que lograron producir energía eléctrica suficiente y de sobra para diez familias de cuatro distintas comunidades en Puno a partir de paneles fotovoltaicos. O en el proyecto de Ganem & Esteves (2004), en el que se demuestra que el uso de los paneles no se limita al de la producción de energía, sino que también se puede aprovechar el sistema térmico como calefacción para la vivienda. Estos resultan de gran utilidad en cuanto a la disminución de consumo de la red eléctrica convencional que se refleja en los costos por servicios de electricidad, además de constituir una fuente de energía renovable que aporta en la preservación de los recursos finitos para la producción de energía y la reducción de impactos ambientales que produce la operación de edificios.

Las propuestas seleccionadas para la mejora de la gestión de la energía tuvieron un impacto medio en la disminución de gastos para un edificio de alto gasto energético. Se concluye que la fase de diseño de un edificio resulta determinante para los gastos que este presentará durante su vida útil, la rehabilitación posterior estará limitada a sus disposiciones iniciales.

El análisis de mejoras ambientales alcanzadas demuestra que con la implementación de las propuestas presentadas se evitaría la emisión potencial de 34.5 tCO<sub>2</sub>eq anualmente, que representa un 14% de emisiones evitadas al año, siendo el mayor aporte el del ahorro energético a pesar de presentar un menor porcentaje de ahorro que el del agua, debido a la mayor cantidad de impacto ambiental asociada a una planta de producción de energía eléctrica respecto del de una planta de tratamiento de agua potable.

Asimismo, se demostró la factibilidad económica del proyecto con un periodo de retorno de 9 años, aceptable para este tipo de proyectos y para el periodo de análisis (Cabas & Garrido, 2011), una TIR de 13.8% mayor al interés de capital del 2.75% y un VAN de 512,543 USD mayor a la inversión total de 224,611 USD. Se concluye que este proyecto resulta factible económicamente y presenta mejoras ambientales considerables, por lo que, su implementación es viable.

Por otro lado, la naturaleza de este proyecto es ampliamente aceptada en el ámbito social, debido a que también contribuye con la intención de apoyar la implementación de los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible) planteados por las Naciones Unidas en su estrategia para el desarrollo sostenible de los sectores productivos. Este proyecto apoya

los objetivos 7, 11 y 13, que son los siguientes: Energía Asequible y No Contaminante, Ciudades y Comunidades Sostenibles, y Acción por el Clima; respectivamente.

Finalmente, se concluye que este proyecto cumple con los objetivos inicialmente planteados, pues se logró mantener el nivel de servicio usual, con la utilización de menos recursos finitos en el proceso y a su vez generando menos contaminación en el resto de la vida útil del edificio. Adicionalmente, se estiman ahorros económicos altos para el periodo analizado de 30 años, lo cual constituye un beneficio económico para la PUCP.

## **7.2. RECOMENDACIONES**

En caso de implementarse un proyecto como el estudiado, se recomienda tomar en cuenta la instalación de un medidor de agua previo al análisis de gastos para tener un resultado más ajustado a la realidad de los porcentajes de ahorro y por ende una visión más precisa de los indicadores para la evaluación de factibilidad económica.

Además, es preciso mencionar que en el caso de la optimización energética uno de los sistemas más importantes a evaluar es el HVAC, que en el común de los edificios presenta altos valores de gasto de energía y, que, de comprobarse, se debería tomar en cuenta pues puede ser determinante en algunos casos. En este proyecto, el sistema HVAC no constituyó un gasto notable por el concepto con el que fue diseñado el edificio y como tal, no se contempló dentro de las propuestas de cambio.

Asimismo, dado que hoy en día existen diversas tecnologías desarrollándose y presentando mejores ofertas con el tiempo, es importante conocer las posibilidades que cada una de ellas ofrece y evaluarlas en función a las condiciones del proyecto en específico. Actualmente se pueden aprovechar diferentes fuentes de energía renovable como la eólica, solar, biomasa, entre otras.

Por último, se recomienda enfáticamente la implementación de un programa de sensibilización cada determinado periodo, en este caso cada semestre, en el que se capacite y concientice a los usuarios en temas de optimización y uso eficiente de recursos, este será necesario para complementar la finalidad de estos proyectos.

## BIBLIOGRAFÍA

Acosta, D., & Cilento, A. (2005). Edificaciones sostenibles: estrategias de investigación y desarrollo. *Tecnología y construcción*, 21(1), 15-30.

Agencia Internacional de la Energía (IEA). (2018), Informe general de la electricidad 2018. Recuperado de <https://www.iea.org/statistics/electricity/>

Alaiza, A. D. Construcción ecoeficiente. Cuantificación y minimización del consumo de agua en la construcción de edificios.

ANA. (2012). "Recursos Hídricos en el Perú". Lima: Autoridad Nacional del Agua (ANA), Ministerio de Agricultura (MINAG), Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y Banco Mundial (BM).

BCRP. (2018). Reporte de Inflación 2018. Recuperado de <http://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Reporte-Inflacion/2018/junio/reporte-de-inflacion-junio-2018.pdf>

BCRP. (2018). Tasas de interés activas y pasivas promedio de las empresas bancarias en moneda nacional. Recuperado de <http://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Guia-Methodologica/Guia-Methodologica-02.pdf>

BCRP. (2018). Variación porcentual de IPC de Servicios Públicos. Recuperado de <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/mensuales/resultados/PN01374PM/html/2018-2/2018-12/>

BNEF. (2018). Corporate Clean Energy Buying Surged to New Record in 2018. Recuperado de <https://about.bnef.com/blog/clean-energy-investment-emerging-markets/>

Caballero, M., Lozano, S., & Ortega, B. (2007). Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra. *Revista digital universitaria*, 8(10), 2-12.

Cabas Rosado, G. A., & Garrido Barcenás, M. C. (2011). *Análisis comparativo de costos para un proyecto de hotel y oficinas LEED certificado 3.0-2009 en la ciudad de Bogotá* (Tesis de pregrado) Bogotá D.C.: Pontificia Universidad Javeriana.

Cáceres, A. (2016). Análisis de ciclo de vida comparativo de edificaciones multifamiliares en Lima (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

Cáceres, K. (2016). Beneficios ambientales del control de pérdidas en un sistema convencional de tratamiento de agua potable (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

Castillo Valencia, M. (2016). Huella Hídrica del campus de la Pontificia Universidad Católica del Perú en el 2014 (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

CONAMA. (2008). Metodología para el cálculo de la Huella Ecológica en Universidades. Chile

Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM - Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 07 de junio de 2017.

Ding, G. K. (2008). Sustainable construction— The role of environmental assessment tools. *Journal of environmental management*, 86(3), 451-464.

EcoSanRes, (2004). Introduction to Greywater Management.

Ehrenfeld, D. (2005). Sustainability: living with the imperfections. *Conservation Biology*, 19(1), 33-35.

Ehrenfeld, J. R. (2005). Eco-efficiency. *Journal of Industrial Ecology*, 9(4), 6-8.

Enel Distribución Perú S.A.A. (2018). Tarifa para la Venta de Energía Eléctrica. Recuperado de <https://www.enel.pe/content/dam/enel-pe/empresas/archivos/pliego-tarifario---distribucion/Pliego%20Tarifario%2001%20de%20noviembre%202018.pdf>

EnergyPlus OverView. (2018). U.S. Department of Energy's Building Technologies Office.

EnergyPlus. (2018). Weather Data - Lima 846280 (IWECC). [https://energyplus.net/weather-location/south\\_america\\_wmo\\_region\\_3/PER//PER\\_Lima.846280\\_IWECC](https://energyplus.net/weather-location/south_america_wmo_region_3/PER//PER_Lima.846280_IWECC).

Espí, M. V. (2001). Construcción e impacto sobre el ambiente: el caso de la tierra y otros materiales. *Informes de la Construcción*, 52(471), 29-43.



Estructura tarifaria aprobada mediante resolución de consejo directivo n° 022-2015-sunass-cd de Sedapal. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 15 de junio de 2015.

FOMIN-BID, (2003), Cluster de proyectos “Conseguir ecoeficiencia a través de una producción más limpia y una gestión ambiental”. Recuperado de <http://www.iadb.org/mif/v2/spanish/ecefficiency.html>.

FONAM. (2009). Modelo del Cálculo del Factor de Emisiones en la Red Eléctrica Peruana Año 2007. Lima, Perú.

Fowler, K. M., & Rauch, E. M. (2006). *Sustainable building rating systems summary* (No. PNNL-15858). Pacific Northwest National Lab.(PNNL), Richland, WA (United States).

Fuller S. (2010), Life-Cycle Cost Analysis (LCCA). National Institute of Standards and Technology (NIST) (on line). <http://www.wbdg.org/resources/lcca.php?r=blcc>

Galarza, E., Gómez de Zea, R., & Gonzales, L. Á. (2002). *Ruta hacia el desarrollo sostenible del Perú*. Universidad del Pacífico.

Ganem, C., & Esteves, A. (2004). La integración fotovoltaica en la rehabilitación ambiental edilicia. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 8, 79-84.

García, E. (2013). Elaboración de una guía metodológica para la conversión de edificaciones existentes en edificaciones sostenibles (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

Garduño, R. (2004). ¿Qué es el efecto invernadero? *Cambio climático: una visión desde México*, 29.

GESTIÓN. (24 de noviembre, 2012). El Gobierno está preocupado por ‘boom’ de la construcción y expansión de crédito. Recuperado de <HTTPS://GESTION.PE/ECONOMIA/GOBIERNO-PREOCUPADO-BOOM-CONSTRUCCION-EXPANSION-CREDITO-25259>

Higueras, E. (2009). *El reto de la ciudad habitable y sostenible*. DAPP.

International Council for Local Environmental Initiatives (2011). *Instrumentos de Clasificación y Certificación de Edificios*. Recuperado de [http://www.iclei.org.br/polics/CD/P1/4\\_Lev\\_Inst\\_Certificacao/PDF8\\_Certificacoes\\_Es\\_p\\_27abr11.pdf](http://www.iclei.org.br/polics/CD/P1/4_Lev_Inst_Certificacao/PDF8_Certificacoes_Es_p_27abr11.pdf).

ISO. (2018). ISO Survey 2017. Octubre, 2018. Recuperado de <https://www.globalstd.com/networks/blog/iso-survey-2017>

Joseph, C., WOODS, S. G., & Philip, M. (1997). Guía ISO 14000 Las Nuevas Normas Internacionales para la Administración Ambiental. México DF Mc Graw–Hill.

Jrade, A., y Jalaei, F. (2013, December). Integrating building information modelling with sustainability to design building projects at the conceptual stage. In *Building Simulation* (Vol. 6, No. 4, pp. 429-444). Springer Berlin Heidelberg.

Keeble, B. R. (1988). The Brundtland report: 'Our common future'. *Medicine and War*, 4(1), 17-25.

Lamana, N. R., & Aja, A. H. (2010). Análisis del ciclo de vida.

Leal, J. (2005). *Ecoeficiencia: marco de análisis, indicadores y experiencias*. CEPAL.

LUXÁN, MARGARITA DE (1996) Arquitectura integrada en el medio ambiente, en *La construcción de la ciudad sostenible. Primer catálogo español de buenas prácticas*. Madrid: Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. <http://habitat.aq.upm.es/cs/>

Macas Pallo, L. D. (2015). Políticas en gestión energética para incentivar el uso de energías renovables en Ecuador ¿cómo incide la crisis del precio del petróleo?

Macías, M., y Navarro, J. G. (2010). Metodología y herramienta VERDE para la evaluación de la sostenibilidad en edificios. *Informes de la Construcción*, 62(517), 87-100.

Martín Goñi, P. (2014). Rehabilitación perfectible, adaptable y sostenible: análisis y propuesta de criterios para la evaluación de la rehabilitación de edificios plurifamiliares de vivienda.

McGrath, M. (2018). Organic solar cells set 'remarkable' energy record. BBC. Recuperado de <https://www.bbc.com/news/science-environment-45132427>

MINAM (Ministerio del Ambiente). (2010). "Segunda Comunicación Nacional del Perú al marco de la Convención de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático". Lima: Fondo Editorial del MINAM.

MINAM. (2012). "Perú: Informe País 20 años después de Río 92. Especial Gobiernos Locales y Regionales". Lima: Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible (RIO 20) y MINAM (Ministerio del Ambiente).

Ministerio de Energía y Minas (MINEM). (2014). Plan Energético Nacional 2014-2025. Perú. Recuperado de [http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/Presentacion\\_2014-2025.pdf](http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/Presentacion_2014-2025.pdf)

Ministerio de Energía y Minas (MINEM). (2016). Balance Nacional de Energía 2016. Recuperado de [http://www.minem.gob.pe/\\_publicacion.php?idSector=10&idPublicacion=565](http://www.minem.gob.pe/_publicacion.php?idSector=10&idPublicacion=565)

Ministerio de Energía y Minas. (2016). Balance Nacional de Energía 2016. Recuperado de [http://www.minem.gob.pe/\\_publicacion.php?idSector=10&idPublicacion=565](http://www.minem.gob.pe/_publicacion.php?idSector=10&idPublicacion=565)

Ministerio Nacional de Energía y Minas (2006). Código Nacional de Electricidad 2006.

Moewes, G. (1997). Solar, defensiv oder beides? DETAIL-MUNCHEN-, 37, 292-296.

Molina, F. Q. (2014). Métodos de evaluación sostenible de la vivienda: Análisis comparativo de cinco métodos internacionales. *Hábitat Sustentable*, 4(1), 56-67.

Morante, F., Zilles, R., Espinoza, R., & Horn, M. (2003). Consumo de Energía Eléctrica en sistemas fotovoltaicos domiciliarios de las comunidades de Los Uros, Taquile, Amantaní y Huancho Lima de la región Puno, Perú. *Energías Renovables y Medio Ambiente, Revista de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente, ASADES*, 12, 1-8.

Municipalidad de Miraflores. (2016). Nueva planta de tratamiento de agua. Miraflores en tu corazón. N° 29. Lima.

Norma IS.010: Instalaciones Sanitarias para Edificaciones. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 11 de junio de 2006.

NTP-ISO 14001:2015 Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso. 23 de octubre del 2015.

Ochoa, L., Ries, R., Matthews, H. S., & Hendrickson, C. (2005). Life cycle assessment of residential buildings. Construction Research Congress 2005: Broadening Perspectives (pp. 1-9).

Osinergmin. (2018). Pliego Tarifario Máximo del Servicio Público de Electricidad. Recuperado de [HTTP://WWW.OSINERGMIN.GOB.PE/TARIFAS/ELECTRICIDAD/PLIEGOSTARIFARIOSUSUARIOFINAL](http://www.osinergmin.gob.pe/tarifas/electricidad/pliegosTarifariosUsuarioFinal)

Parodi, E. (2016). Recarga del acuífero de lima mediante el uso de aguas residuales tratadas (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

Parris, T. M., & Kates, R. W. (2003). Characterizing and measuring sustainable development. *Annual Review of environment and resources*, 28(1), 559-586.

Pérez, C., y Martin, C. (2008). Análisis del método de hunter y actualización del método de cálculo para instalaciones hidráulicas en edificios.

PNUD. (2013). *Informe sobre desarrollo humano Perú*. Recuperado de <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=54811>.

PNUD. (2019). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Recuperado de <http://www.pe.undp.org/content/peru/es/home/sustainable-development-goals.html>

Quintanilla, E. (2016). Crecimiento económico y expansión energética en el Perú. Recuperado de <https://www.esan.edu.pe/conexion/actualidad/2016/10/08/crecimiento-economico-y-expansion-energetica-en-peru/>

Ramírez, A. (2002). La construcción sostenible. *Física y sociedad*, 13, 30-33.

Re, M. G., y Blasco Lucas, I. (2009). Análisis normativo en dos categorías del método LEED. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 12, 07-73.

Ribero, Ó., Garzón, D., Alvarado, Y., & Gasch, I. (2016). Beneficios económicos de la certificación LEED. Edificio centro Ático: caso de estudio. *Revista ingeniería de construcción*, 31(2), 139-146.

Rivelsa S.A.C. (2015). Mantenimiento Urinario Seco Kohler.

Romero, G. D. (2009). Empresas y gestión ambiental en el marco de la responsabilidad social corporativa. *Economía industrial*, 371, 129-138.

Ruiz, V., y Silva, M. (2005). Radiación solar, medidas y cálculos. Universidad de Sevilla.

Sanabria Orozco, A. F. (2016). Análisis costo/beneficio de la implementación de tecnologías de energía con paneles solares en la E.S.E Hospital San Cristóbal.

Spangenberg, J. H., Pfahl, S., & Deller, K. (2002). Towards indicators for institutional sustainability: lessons from an analysis of Agenda 21. *Ecological indicators*, 2(1-2), 61-77.

The Economist. (16 de Junio, 2005). In come the Waves. Recuperado de [HTTP://WWW.ECONOMIST.COM/NODE/4079027](http://www.economist.com/node/4079027)

UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura). (2006). Balance Hídrico Superficial del Perú a nivel multianual Lima: Documento Técnico No. 1. Programa hidrológico Internacional de la UNESCO para América Latina y el Caribe.

United Nations. (1992). United Nations framework convention on climate change.

USGBC, (2014). An Introduction to LEED and Green Building. About LEED, 16-19.

Valdiviezo Salas, P. D. (2014). Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

Vásquez, I., Reyna, J., Garcia, S. & Kahhat, R. (2015). Is climate change-centrism an optimal policy making strategy to set national electricity mixes? *Applied Energy*, 159, 108–116.

Vilches, A., Gil Pérez, D., Calero, M., Toscano, J. C., & Macías, O. (2014). Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



ANEXOS

**MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES DE UN  
EDIFICIO EXISTENTE MEDIANTE LA MEJORA DE LA  
GESTIÓN DEL AGUA Y ENERGÍA**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERA CIVIL**

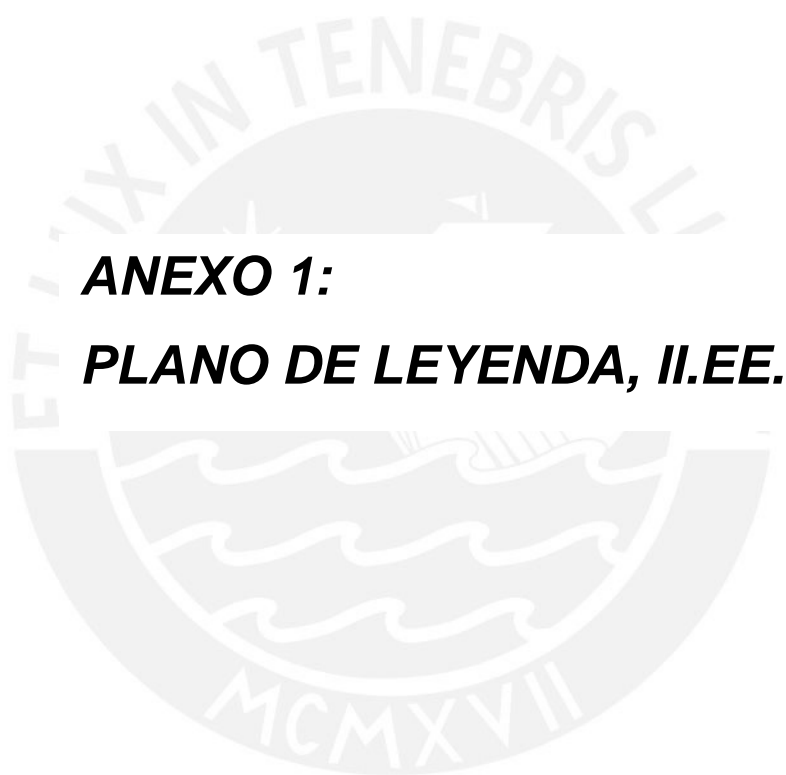
**AUTOR:**

**JOHANNA STEPHANIE BARBARÁN BARBARÁN**

**ASESOR:**

**RAMZY KAHHAT ABEDRABBO, Ph. D.**

Lima, Mayo, 2019



**ANEXO 1:**

***PLANO DE LEYENDA, II.EE.***

CUADRO CARGAS DEL TABLERO GENERAL EDIFICIO A			
TABLERO	DESCRIPCION	P.I.	M.D.
TNA-1	ENERGIA NORMAL PRIMER PISO	21,040.00	17,052.00
TNA-2	ENERGIA NORMAL SEGUNDO PISO	21,040.00	17,052.00
TNA-3	ENERGIA NORMAL TERCER PISO	21,040.00	17,052.00
TNA-4	ENERGIA NORMAL CUARTO PISO	21,040.00	17,052.00
TNA-5	ENERGIA NORMAL QUINTO PISO	18,020.00	14,636.00
TNA-6	ASCENSOR	5,000.00	4,000.00
TA-3	ILUMINACION EXTERIOR	4,300.00	4,300.00
TOTAL		111,480.00	91,144.00
<b>MAXIMA DEMANDA TOTAL</b>		91,144.00	
<b>FACTOR DE SIMULTANEIDAD</b>		0.90	
<b>MAXIMA DEMANDA DIVERSIFICADA</b>		82,029.60	

CUADRO CARGAS DEL TABLERO GENERAL ESTABILIZADO EDIFICIO A			
TABLERO	DESCRIPCION	P.I.	M.D.
TSA-1	ENERGIA ESTABILIZADA PRIMER PISO	16,600.00	16,600.00
TSA-2	ENERGIA ESTABILIZADA SEGUNDO PISO	16,600.00	16,600.00
TSA-3	ENERGIA ESTABILIZADA TERCER PISO	16,600.00	16,600.00
TSA-4	ENERGIA ESTABILIZADA CUARTO PISO	16,600.00	16,600.00
TSA-5	ENERGIA ESTABILIZADA QUINTO PISO	9,400.00	9,400.00
	RESERVA	4,000.00	4,000.00
TOTAL		79,800.00	79,800.00
<b>MAXIMA DEMANDA TOTAL</b>		79,800.00	
<b>FACTOR DE SIMULTANEIDAD</b>		0.90	
<b>MAXIMA DEMANDA DIVERSIFICADA</b>		71,820.00	

CUADRO CARGAS DEL TABLERO GENERAL EDIFICIO B			
TABLERO	DESCRIPCION	P.I.	M.D.
TNB-1	ENERGIA NORMAL PRIMER PISO	16,660.00	13,428.00
TNB-2	ENERGIA NORMAL SEGUNDO PISO	17,290.00	13,932.00
TNB-3	ENERGIA NORMAL TERCER PISO	17,290.00	13,932.00
TNB-4	ENERGIA NORMAL CUARTO PISO	17,290.00	13,932.00
TNB-5	ENERGIA NORMAL QUINTO PISO	16,660.00	13,428.00
	RESERVA	6,000.00	6,000.00
TOTAL		91,190.00	68,652.00
<b>MAXIMA DEMANDA TOTAL</b>		68,652.00	
<b>FACTOR DE SIMULTANEIDAD</b>		0.90	
<b>MAXIMA DEMANDA DIVERSIFICADA</b>		61,786.80	

CUADRO CARGAS DEL TABLERO GENERAL ESTABILIZADO EDIFICIO B			
TABLERO	DESCRIPCION	P.I.	M.D.
TSB-1	ENERGIA ESTABILIZADA PRIMER PISO	13,000.00	13,000.00
TSB-2	ENERGIA ESTABILIZADA SEGUNDO PISO	12,300.00	12,300.00
TSB-3	ENERGIA ESTABILIZADA TERCER PISO	12,300.00	12,300.00
TSB-4	ENERGIA ESTABILIZADA CUARTO PISO	12,300.00	12,300.00
TSB-5	ENERGIA ESTABILIZADA QUINTO PISO	13,000.00	13,000.00
	RESERVA	3,000.00	3,000.00
TOTAL		65,900.00	65,900.00
<b>MAXIMA DEMANDA TOTAL</b>		65,900.00	
<b>FACTOR DE SIMULTANEIDAD</b>		0.90	
<b>MAXIMA DEMANDA DIVERSIFICADA</b>		59,310.00	

CUADRO CARGAS DEL TABLERO GENERAL EDIFICIO C			
TABLERO	DESCRIPCION	P.I.	M.D.
TNC-S	ENERGIA NORMAL SOTANO	4,500.00	3,750.00
TNC-1	ENERGIA NORMAL PRIMER PISO	17,800.00	14,920.00
TNC-2	ENERGIA NORMAL SEGUNDO PISO	15,100.00	12,620.00
TNC-3	ENERGIA NORMAL TERCER PISO	16,000.00	13,320.00
TNC-4	ENERGIA NORMAL CUARTO PISO	16,000.00	13,320.00
TNC-5	ENERGIA NORMAL QUINTO PISO	15,100.00	12,620.00
TNC-6	ENERGIA NORMAL SEXTO PISO	20,100.00	15,920.00
TNC-7	ENERGIA NORMAL SETIMO PISO	20,100.00	15,920.00
TNC-8	ENERGIA NORMAL OCTAVO PISO	20,100.00	15,920.00
TNC-9	ENERGIA NORMAL NOVENO PISO	20,100.00	15,920.00
TNC-10	ENERGIA NORMAL DECIMO PISO	20,100.00	15,920.00
TNC-11	ENERGIA NORMAL ONCEAVO PISO	20,100.00	15,920.00
TNC-12	ENERGIA NORMAL DOCEAVO PISO	20,100.00	15,920.00
TNC-13	ASCENSORES EDIFICIO C	16,000.00	12,800.00
TNC-14	ASCENSORES EDIFICIO C	16,000.00	12,800.00
TNC-15	TABLERO DE AIRE ACONDICIONADO	10,000.00	8,200.00
T-B	TABLERO DE BOMBAS DE AGUA	24,000.00	20,000.00
	RESERVA	6,000.00	6,000.00
TOTAL		298,200.00	242,750.00
<b>MAXIMA DEMANDA TOTAL</b>		242,750.00	
<b>FACTOR DE SIMULTANEIDAD</b>		0.85	
<b>MAXIMA DEMANDA DIVERSIFICADA</b>		206,337.50	

CUADRO CARGAS DEL TABLERO GENERAL ESTABILIZADO EDIFICIO C			
TABLERO	DESCRIPCION	P.I.	M.D.
TSC-2	ENERGIA ESTABILIZADA SEGUNDO PISO	31,700.00	31,700.00
TSC-3	ENERGIA ESTABILIZADA TERCER PISO	30,450.00	30,450.00
TSC-4	ENERGIA ESTABILIZADA CUARTO PISO	30,450.00	30,450.00
TSC-5	ENERGIA ESTABILIZADA QUINTO PISO	31,700.00	31,700.00
	RESERVA	3,000.00	3,000.00
TOTAL		127,300.00	127,300.00
<b>MAXIMA DEMANDA TOTAL</b>		127,300.00	
<b>FACTOR DE SIMULTANEIDAD</b>		0.90	
<b>MAXIMA DEMANDA DIVERSIFICADA</b>		114,570.00	

CUADRO CARGAS DEL TABLERO GENERAL ESTABILIZADO EDIFICIO C			
TABLERO	DESCRIPCION	P.I.	M.D.
TSC-1	ENERGIA ESTABILIZADA PRIMER PISO	12,400.00	12,400.00
TSC-6	ENERGIA ESTABILIZADA TERCER PISO	11,100.00	11,100.00
TSC-7	ENERGIA ESTABILIZADA SETIMO PISO	11,100.00	11,100.00
TSC-8	ENERGIA ESTABILIZADA OCTAVO PISO	11,100.00	11,100.00
TSC-9	ENERGIA ESTABILIZADA NOVENO PISO	11,100.00	11,100.00
TSC-10	ENERGIA ESTABILIZADA DECIMO PISO	11,100.00	11,100.00
TSC-11	ENERGIA ESTABILIZADA ONCEAVO PISO	11,100.00	11,100.00
TSC-12	ENERGIA ESTABILIZADA DOCEAVO PISO	11,100.00	11,100.00
	RESERVA	3,000.00	3,000.00
TOTAL		93,100.00	93,100.00
<b>MAXIMA DEMANDA TOTAL</b>		90,300.00	
<b>FACTOR DE SIMULTANEIDAD</b>		0.90	
<b>MAXIMA DEMANDA DIVERSIFICADA</b>		83,790.00	

CUADRO DE CARGAS TGN

DESCRIPCION	POTENCIA INSTALADA (W)	MAXIMA DEMANDA (W)
TABLERO GENERAL EDIFICIO A : TG-A	111,480.00	91,144.00
TABLERO GENERAL EDIFICIO B : TG-B	91,190.00	68,652.00
TABLERO GENERAL EDIFICIO C : TG-C	298,200.00	242,750.00
TABLERO GENERAL AIRE ACONDICIONADO : TG-AA	140,000.00	116,000.00
TABLERO ALUMBRADO EXTERIOR : TA-1	16,550.00	16,550.00
TABLERO ALUMBRADO EXTERIOR : TA-2	8,470.00	8,470.00
TOTAL	665,890.00	543,566.00
<b>MAXIMA DEMANDA TOTAL</b>		543,566.00
<b>FACTOR DE SIMULTANEIDAD</b>		0.85
<b>MAXIMA DEMANDA DIVERSIFICADA</b>		462,031.10

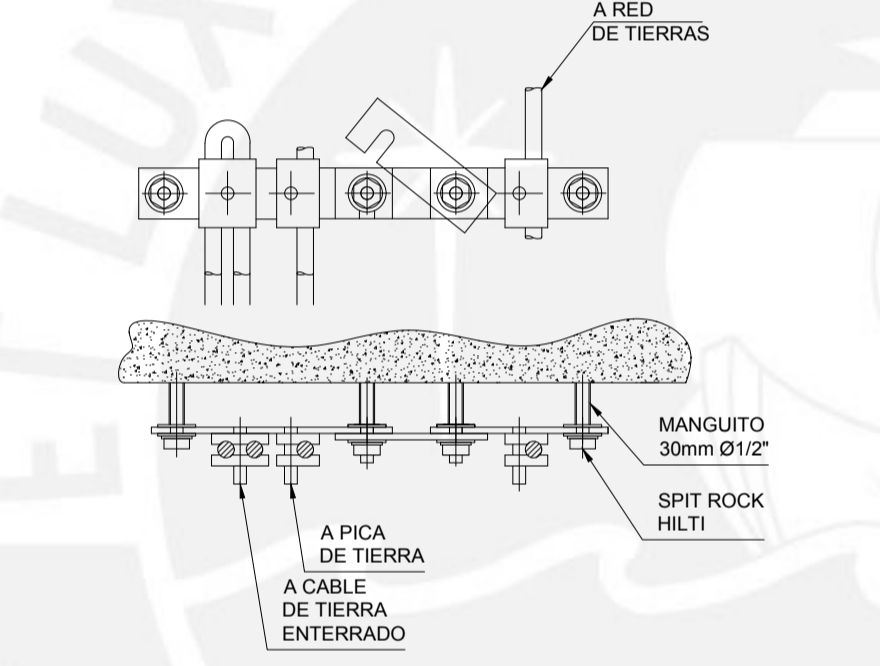
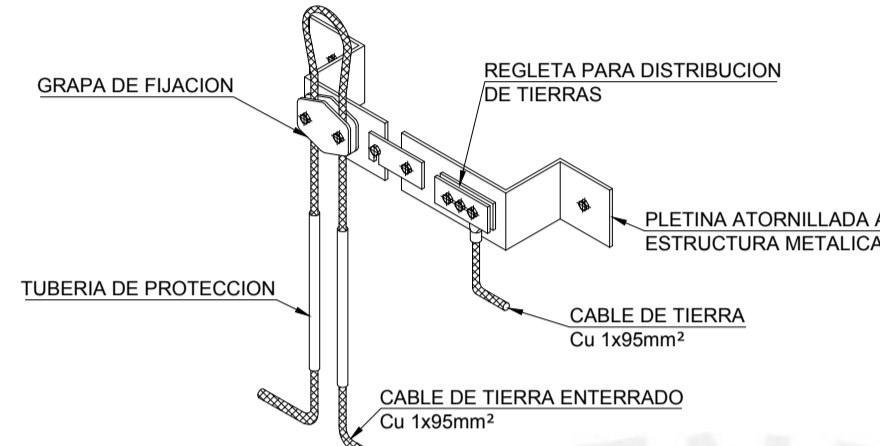
REQUERIMIENTOS DEL TRANSFORMADOR : 630 kVA - 10.0/0.22kV - 30 - 60 Hz

CUADRO DE CARGAS TG-380V

DESCRIPCION	POTENCIA INSTALADA (W)	MAXIMA DEMANDA (W)
TABLERO GENERAL ESTABILIZADO EDIFICIO A : TGS-A	79,800.00	79,800.00
TABLERO GENERAL ESTABILIZADO EDIFICIO B : TGS-B	65,900.00	65,900.00
TABLERO GENERAL ESTABILIZADO EDIFICIO C : TGS-C1	127,300.00	127,300.00
TABLERO GENERAL ESTABILIZADO EDIFICIO C : TGS-C2	93,100.00	93,100.00
RESERVA	10,000.00	10,000.00
<b>MAXIMA DEMANDA TOTAL</b>		376,100.00
<b>FACTOR DE SIMULTANEIDAD</b>		0.95
<b>MAXIMA DEMANDA DIVERSIFICADA</b>		357,295.00

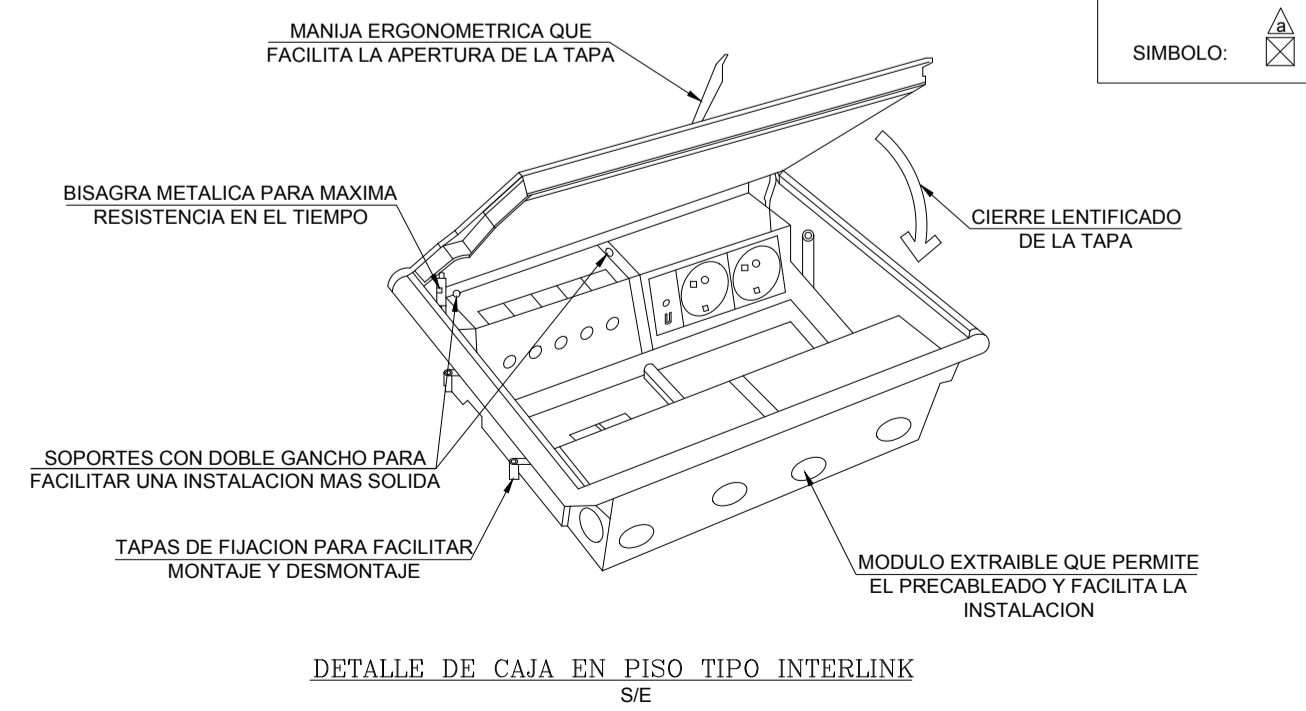
REQUERIMIENTOS DEL TRANSFORMADOR : 630 kVA - 10.0/0.38kV - 30 - 60 Hz

DETALLE BARRA EQUIPOTENCIAL Y PUENTE DE PRUEBA



LEYENDA DE CAJAS	
	100 x 100x 55 mm.
	150 x 150x 100 mm.
	200 x 200x 100 mm.
	300 x 300x 120 mm.
	400 x 400x 200 mm.
	500 x 500x 200 mm.
	600 x 600x 250 mm.
	700 x 700x 250 mm.
	800 x 800x 250 mm.
	CAJA TIPO INTERLINK (Bisino)

LEYENDA DE LUMINARIAS			
ITEM	SIMBOLO		DESCRIPCION
LRC		LRC.jpg	LUMINARIA FLUORESCENTE PARA EMPOTRAR EN CIELO RASO, 2x28W CON DIFUSOR ACRILICO DE ALUMINIO, LUZ BLANCA 4000K COD.: LRC 2/28W T16 DE JOSFEL
S4		ALPHA SPOT ADOSADO.JPG	DOWN LIGHT DE SECCION CIRCULAR PARA ADOSAR CON VIDRIO SERIGRAFADO DE 4mm DE ESPESOR 2x28W, BALASTO ELECTRONICO- LUZ BLANCA 4000K COD.: ALPHA SPOT ADOSADO DE JOSFEL
S4		ALPHA SPOT.JPG	DOWN LIGHT DE SECCION CIRCULAR PARA EMPOTRAR EN CIELO RASO CON VIDRIO SERIGRAFADO DE 4mm DE ESPESOR 2x28W, BALASTO ELECTRONICO- LUZ BLANCA 4000K COD.: ALPHA SPOT DE JOSFEL
S6		ALPHA SPOT.JPG	DOWN LIGHT DE SECCION CIRCULAR PARA EMPOTRAR EN CIELO RASO CON VIDRIO SERIGRAFADO DE 4mm DE ESPESOR 2x18W, BALASTO ELECTRONICO- LUZ BLANCA 4000K COD.: ALPHA SPOT DE JOSFEL
S4U		ULTRA FACETADO.JPG	DOWN LIGHT DE SECCION CIRCULAR PARA EMPOTRAR EN CIELO RASO CON DIFUSOR DE VIDRIO 2x28W, BALASTO ELECTRONICO- LUZ BLANCA 4000K. COD.: ULTRA FACETADO CON VIDRIO DE JOSFEL
CM2		CM2.JPG	LUMINARIA FLUORESCENTE EMBELLECEDOR PARA CANALES DE MONTAJE. ADOSADO AL TECHO, 2x40W CON DIFUSOR ACRILICO ESPECIAL, BALASTO ELECTRONICO- LUZ 4000K COD.: ECM DE JOSFEL
H2		AHR-PLUS.JPG	LUMINARIA FLUORESCENTE HERMETICA IRROMPIBLE IP67 PARA FIJAR AL TECHO, 2x40W CON DIFUSOR ACRILICO ESPECIAL, BALASTO ELECTRONICO- LUZ 4000K COD.: AHR-PLUS DE JOSFEL
G1		GALAXIE.JPG	LUMINARIA DE SECCION CIRCULAR PARA ADOSAR CON DIFUSOR MOLDEADO EN ACRILICO Y LAMPARA AHORRADORA DE 2x28W- LUZ BLANCA 4000K COD.: GALAXIE DE JOSFEL
L01		ESTACA.JPG	LUMINARIA TIPO ESTACA T844, EQUIPADO CON LAMPARA OSRAM DECOSTAR 61 TITAN DE 60W, CON BALASTO ELECTRONICO
L02			LUMINARIA TIPO LINEAR LIGHTING LEDS DE JOSFEL, CON LAMPARA ZUMTEBEL 60xLEDS DE 2.8W 24V, INSTALADO EN PISO
L03		BOLLARD.JPG	LUMINARIA TIPO BOLLARD DE JOSFEL, CON LAMPARA DE HALOGENURO METALICO DE 35W 220V G12 MARCA PHILIPS, CON BALASTO ELECTRONICO
L04		5dfSDH1W	LUMINARIA TIPO MYTHOS DE JOSFEL, CON LAMPARA CDM-T DE 150W 220V G12 MARCA PHILIPS, CON BALASTO ELECTRONICO
L05		Geotec.JPG	LUMINARIA TIPO GEOTEC DE JOSFEL PARA EMPOTRAR EN PISO, HERMETICO CON IP65 Y LAMPARA DE CDM-T DE 35W MARCA PHILIPS, BALASTO ELECTRONICO
L06		LEDS H9.JPG	LUMINARIA PARA EMPOTRAR EN PISO, ZUMTEBEL LEDOS M 9 LEDS, LED ZUMTEBEL DE 1.5W / 24V, EQUIPADO CON TRANSFORMADOR DE 25W / 24V.
L07		MICROTECHNO SPOT.jpg	LUMINARIA TIPO ESTACA SOLIGHT MICROTECHNO SPOT, EQUIPADO CON LAMPARA SOLIGHT 3x1W 230V.
L08		MILLENNIUM.JPG	POSTE DE CAC DE 8m, CON LUMINARIA DE ALUMBRADO PUBLICO MILLENNIUM DE 150W
L09			LUMINARIA TIPO AHR-PLUS DE JOSFEL, EQUIPADO CON LAMPARA LUMILUX 36W 220V G12 MARCA OSRAM, CON BALASTO ELECTRONICO
L10			LUMINARIA TIPO LINEAR 6702 DE JOSFEL, EQUIPADO CON LAMPARA PHILIPS TL5 29W/830 220V G5, BALASTO ELECTRONICO
L10a			LUMINARIA TIPO LINEAR 6702 DE JOSFEL, EQUIPADO CON LAMPARA PHILIPS TL5 14W/830 220V G5, BALASTO ELECTRONICO
L11			LUMINARIA TIPO LINEAR 670 1B DE JOSFEL, EQUIPADO CON LAMPARA PHILIPS TL5 14W/830 220V G5, BALASTO ELECTRONICO
L11a			LUMINARIA TIPO LINEAR 670 1B DE JOSFEL, EQUIPADO CON LAMPARA PHILIPS TL5 14W/830 220V G5, BALASTO ELECTRONICO

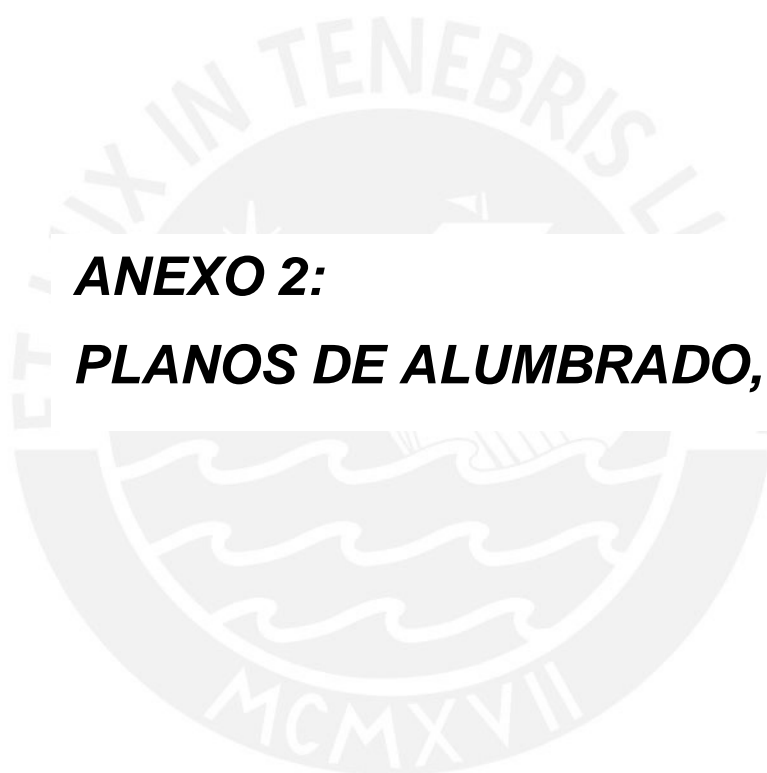


DETALLE DE CAJA EN PISO TIPO INTERLINK SE

LEYENDA

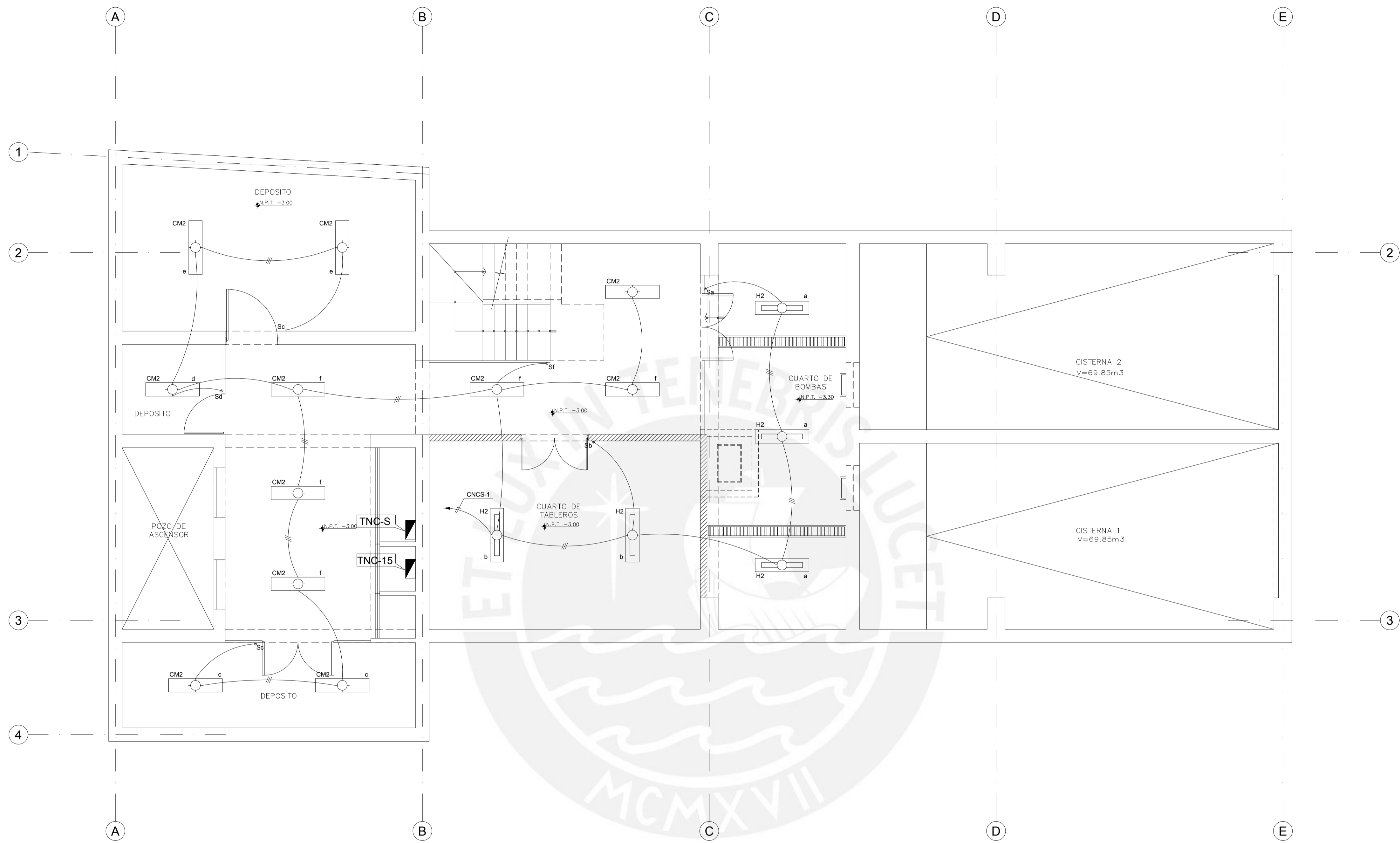
SIMBOLO	DESCRIPCION	CAJAS (mm)	ALTURA (mts)
	SALIDA PARA ALUMBRADO EN EL TECHO PROYECTADO	OCT.100x55	TECHO
	SALIDA PARA BRAQUETE EN LA PARED PROYECTADO	OCT.100x55	2.90m.
	INTERRUPTOR DE 1, 2 y 3 TIEMPOS DE 15A, 220V, CON PLACA DE ALUMINIO ANODIZADO SIMILAR A MODELO 5001 SERIE MAGIC DE LA MARCA TICINO	RECT. 100x50x55	1.40
	INTERRUPTOR DE CONMUTACION DOBLE DE TRES VIAS DE 15A, 220V CON PLACA DE ALUMINIO ANODIZADO, SIMILAR A MODELO 5003 SERIE MAGIC DE LA MARCA TICINO	RECT. 100x50x55	1.40
	TOMACORRIENTE BIPOLAR DOBLE CON UN DADO UNIVERSAL Y UN DADO C/ TOMA DE TIERRA 15A, 220V, CON PLACA DE ALUMINIO ANODIZADO SIMILAR A MODELO 5028 SERIE MAGIC DE LA MARCA TICINO	RECT. 100x50x55	0.30 / 1.10 / 2.20 SALVO INDICACION
	TOMACORRIENTE BIPOLAR DOBLE C/ TOMA DE TIERRA 15A, 220V, CON PLACA DE ALUMINIO ANODIZADO SIMILAR A MODELO 4970 DE LA MARCA LEVITON	RECT. 100x50x55	0.30 SALVO INDICACION
	TOMACORRIENTE BIPOLAR DOBLE C/ TOMA DE TIERRA 15A 220V, SISTEMA ESTABILIZADO C/ PLACA DE ACERO SIMILAR A MODELO 16362-IG MARCA LEVITON	RECT. 100x50x55	PISO / 0.30 SALVO INDICACION
	LUMINARIA INCANDESCENTE DE EMERGENCIA CON BATERIA INCORPORADA	-	2.20
	SALIDA PARA EL SISTEMA DE CABLEADO ESTRUCTURADO (REDES DE VOZ Y DATA). ESTE PROYECTO INCLUYE UNICAMENTE LA CANALIZACION Y NO LA IMPLEMENTACION DEL SISTEMA	100x100x55 C/TAPA DE 1 GANG	0.30 SALVO INDICACION
	SALIDA PARA EL SISTEMA DE CABLEADO ESTRUCTURADO (RED DE DATA). ESTE PROYECTO INCLUYE UNICAMENTE LA CANALIZACION Y NO LA IMPLEMENTACION DEL SISTEMA	100x100x55 C/TAPA DE 1 GANG	0.30 SALVO INDICACION
	SALIDA PARA EL SISTEMA DE CABLEADO ESTRUCTURADO (RED DE DATA). ESTE PROYECTO INCLUYE UNICAMENTE LA CANALIZACION Y NO LA IMPLEMENTACION DEL SISTEMA	CDRA 100x100x55	0.30 SALVO INDICACION
	CAJA DE TELEFONO TIPO "C" 650x350x150mm.	-	0.30 SALVO INDICACION
	CAJA DE PASO STANDARD CON TAPA CIEGA	100x100x55	0.30
	CAJA DE PASO STANDARD CON TAPA CIEGA	100x100x55	TECHO / 2.20
	CAJA DE PASO ESPECIAL	INDICADA (VER LEYENDA)	0.30 SALVO INDICACION
	SALIDA DE FUERZA	INDICADA (VER LEYENDA)	0.30 SALVO INDICACION
	SALIDA DE PARLANTES	-	-
	TABLERO ELECTRICO SISTEMA NORMAL	ESPECIAL	1.80 BORDE SUP.
	TABLERO ELECTRICO SISTEMA ESTABILIZADO	ESPECIAL	1.80 BORDE SUP.
	TABLERO DE BOMBAS (SUMINISTRADO POR EL EQUIPADOR DE LAS BOMBAS)	ESPECIAL	1.80 BORDE SUP.
	POZO DE TIERRA	-	-
	INTERRUPTOR HORARIO	-	-
	BOTONERA DE ARRANQUE Y PARADA	-	-
	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO	-	-
	INTERRUPTOR DIFERENCIAL	-	-</





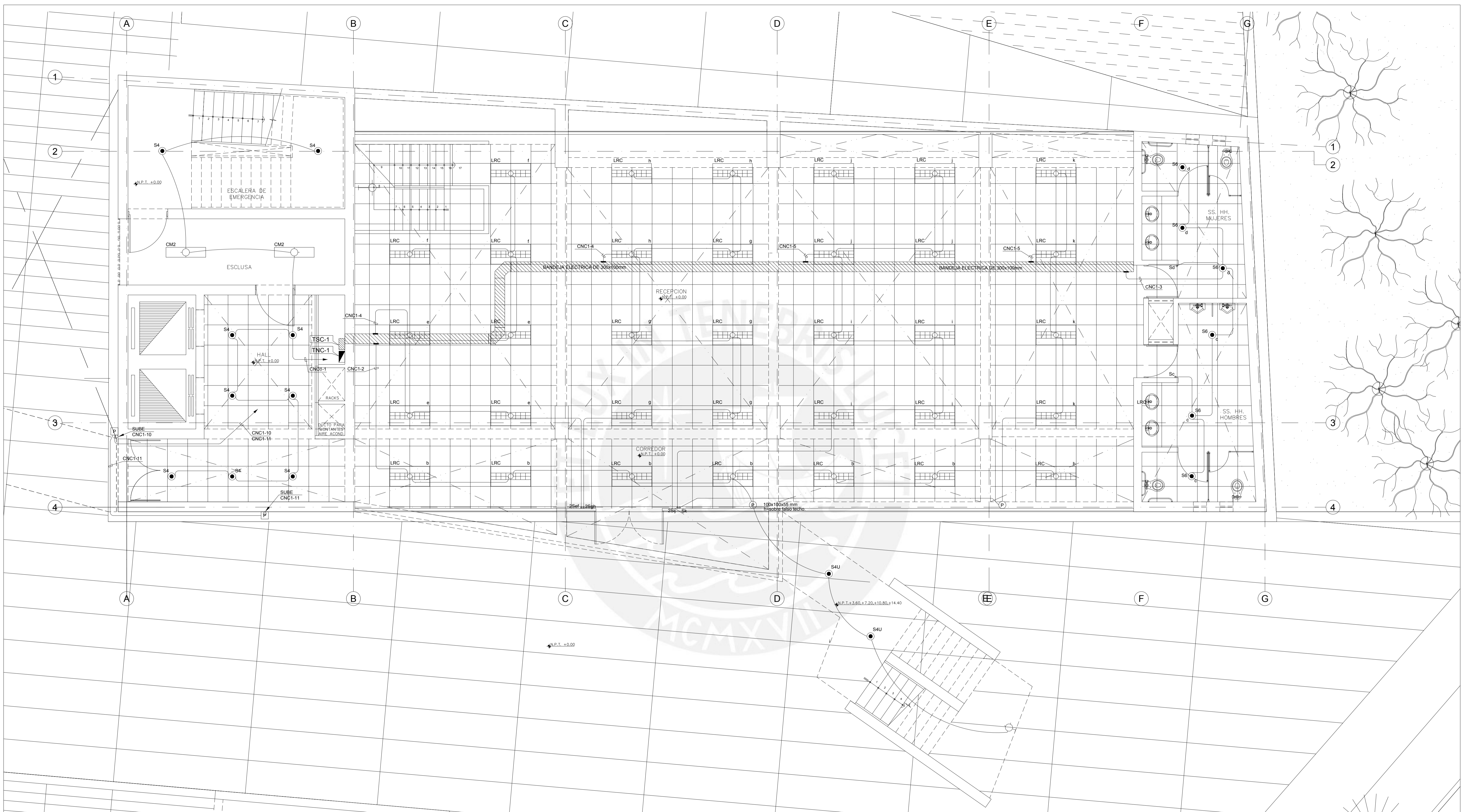
**ANEXO 2:**

***PLANOS DE ALUMBRADO, II.EE.***




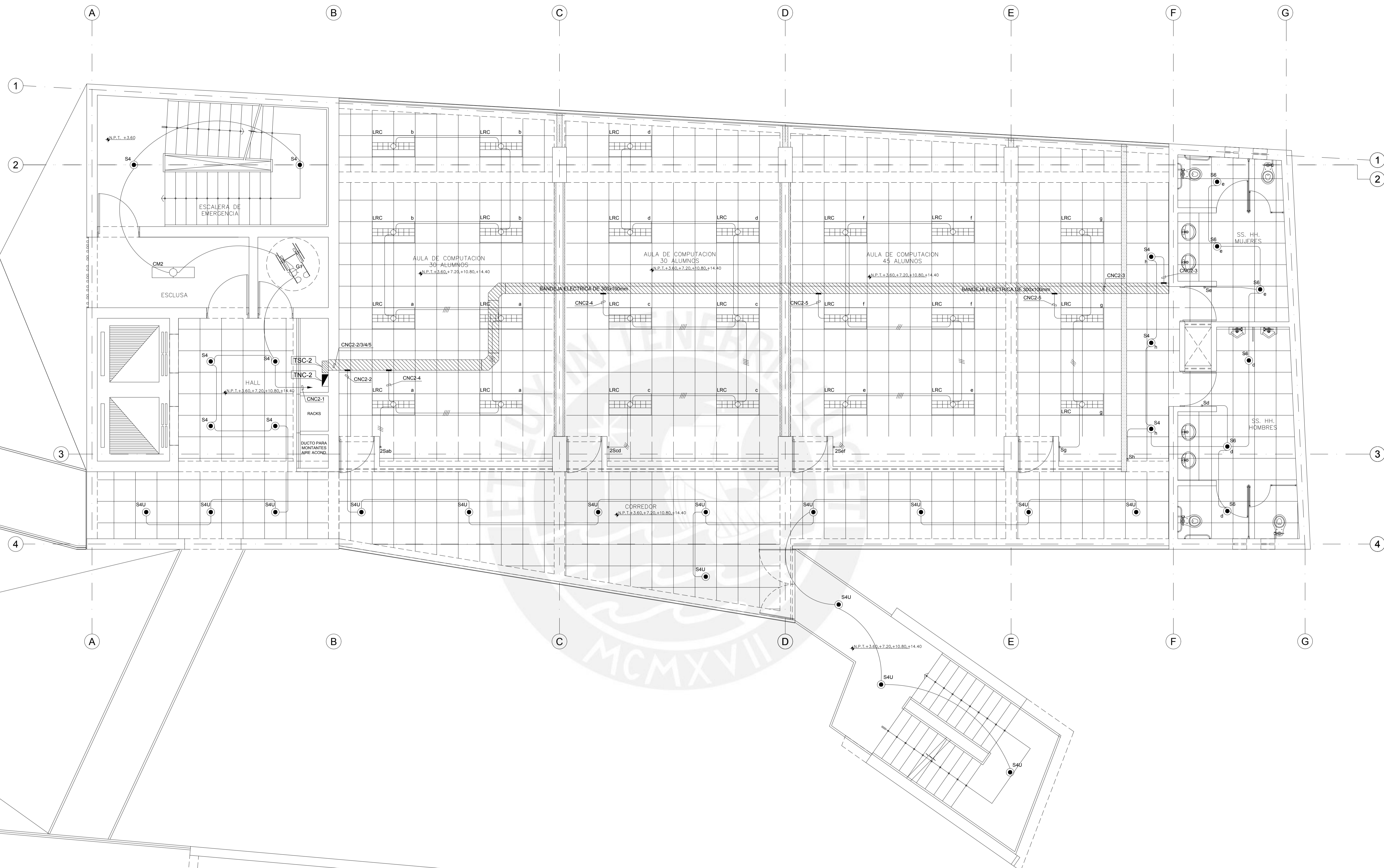
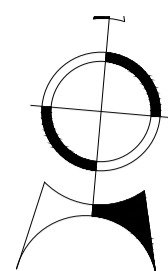
RED DE ALUMBRADO PLANTA SOTANO - EDIFICIO C  
 ESC: 1/50

	<b>PLANOS ASBUILT</b> CONSTRUCTORES INTERAMERICANOS S.A.C		
FIRMA RESIDENTE	PROYECTO : EDIFICIO MACGREGOR	CLIENTE PUCP	
	PLANO : RED DE ALUMBRADO PLANTA SOTANO - EDIFICIO C		FECHA 08-04-08
	ANA TORRES GUEVARA <small>ING° MECÁNICO-ELECTRICISTA - CIP N° 24231</small>	ESCALA INDICADA	MODIFICADO RVD <b>IE-19</b> <small>19 de 35</small>



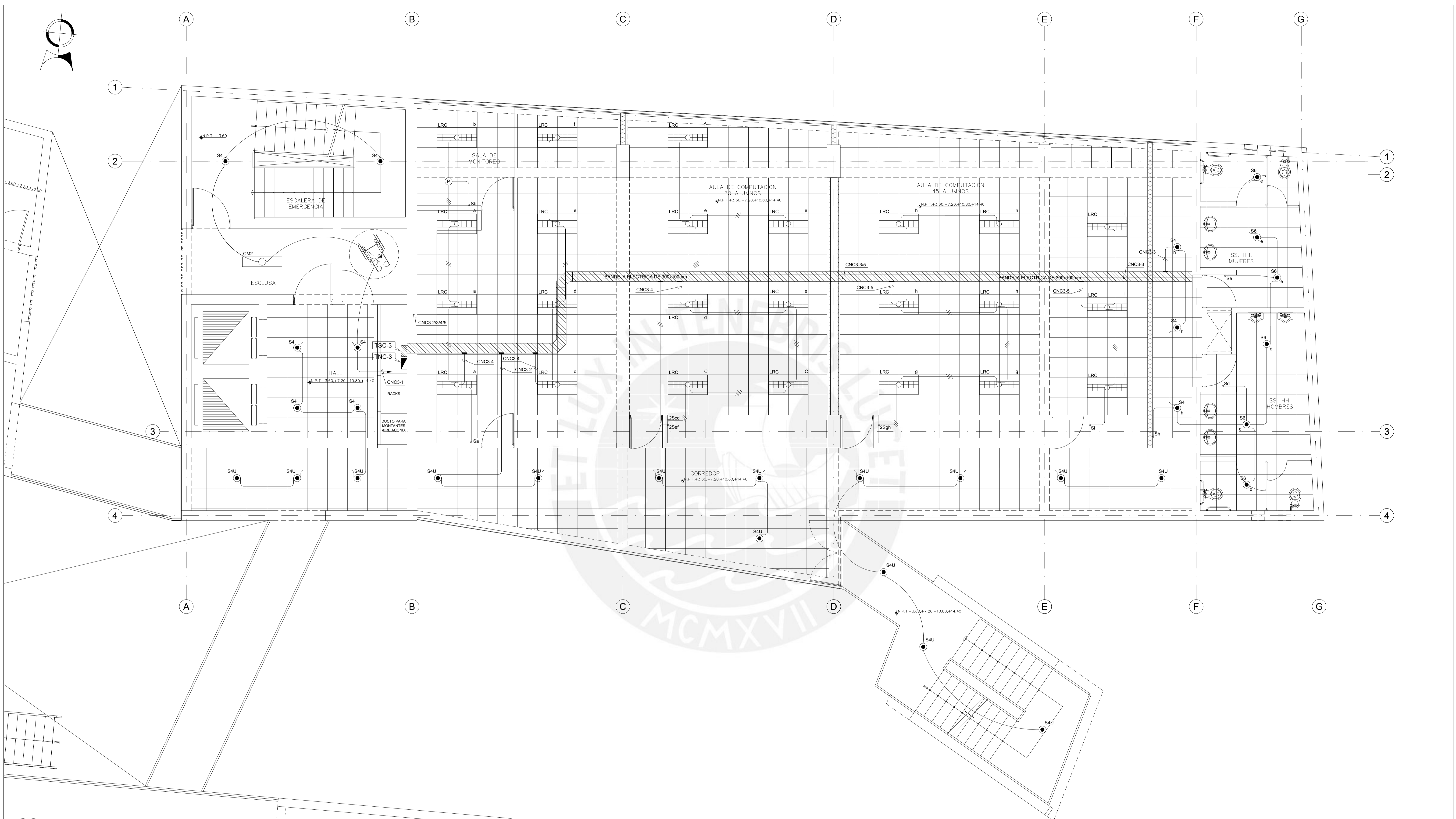
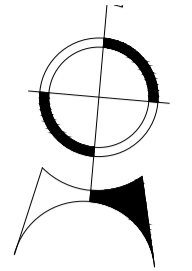
RED DE ALUMBRADO PRIMER PISO - EDIFICIO C  
 ESC: 1/50

FIRMA RESIDENTE	<b>PLANOS ASBUILT</b> CONSTRUCTORES INTERAMERICANOS S.A.C		
	PROYECTO : EDIFICIO MACGREGOR	CLIENTE PUCP	
	PLANO : RED DE ALUMBRADO PRIMER PISO - EDIFICIO C		FECHA 08-04-08
	ANA TORRES GUEVARA <small>ING° MECÁNICO-ELECTRICISTA - CIP N° 24231</small>	ESCALA INDICADA	MODIFICADO RVD
			<b>IE-20</b> <small>20 de 35</small>



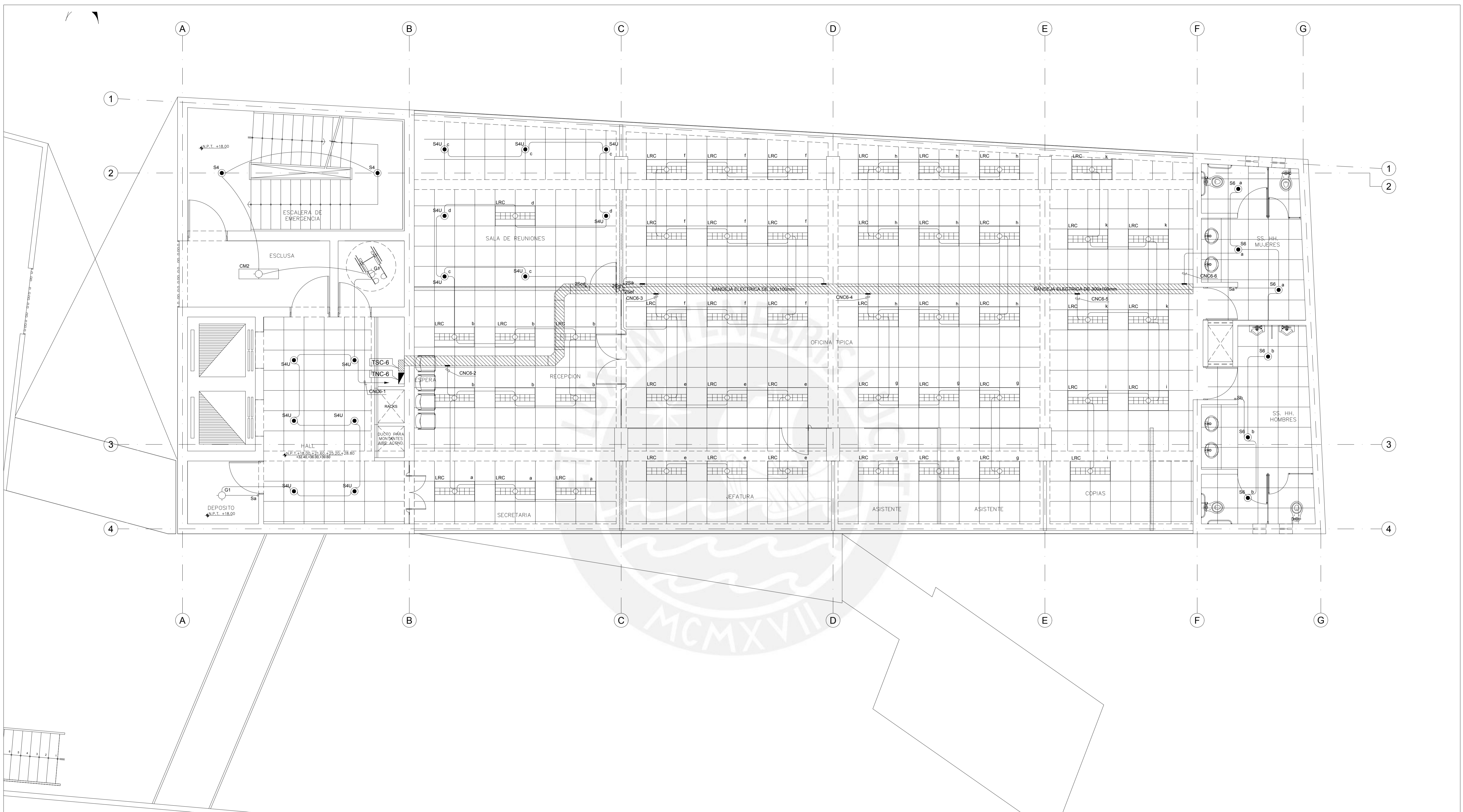
RED DE ALUMBRADO SEGUNDO Y QUINTO PISO - EDIFICIO C  
 ESC: 1/50

PLANOS ASBUILT CONSTRUCTORES INTERAMERICANOS S.A.C			
FIRMA RESIDENTE	PROYECTO : EDIFICIO MACGREGOR	CLIENTE PUCP	FECHA 08-04-08
	PLANO : RED DE ALUMBRADO SEGUNDO Y QUINTO PISO - EDIFICIO C	ESCALA INDICADA	MODIFICADO RVD
	ANA TORRES GUEVARA ING° MECÁNICO-ELECTRICISTA - CIP N° 24231		IE-21 21 de 35




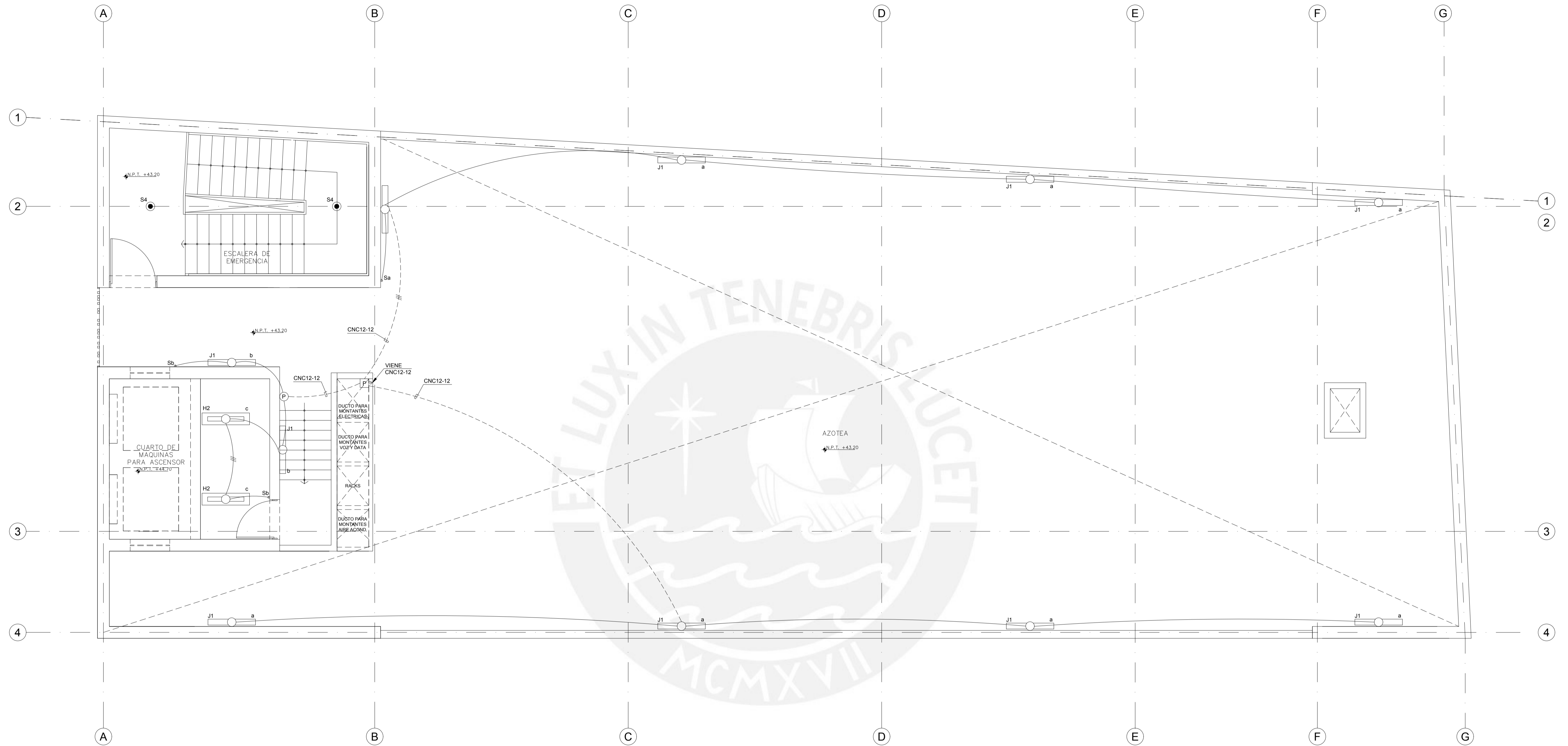
RED DE ALUMBRADO TERCER Y CUARTO PISO - EDIFICIO C  
ESC: 1/50

PLANOS ASBUILT		CONSTRUCTORES INTERAMERICANOS S.A.C			
FIRMA RESIDENTE		PROYECTO :	EDIFICIO MACGREGOR	CLIENTE	PUCP
		PLANO :	RED DE ALUMBRADO TERCER Y CUARTO PISO - EDIFICIO C	FECHA	08-04-08
		ANA TORRES GUEVARA	ESCALA	MODIFICADO	IE-22
		ING° MECÁNICO-ELECTRICISTA - CIP N° 24231	INDICADA	RVD	



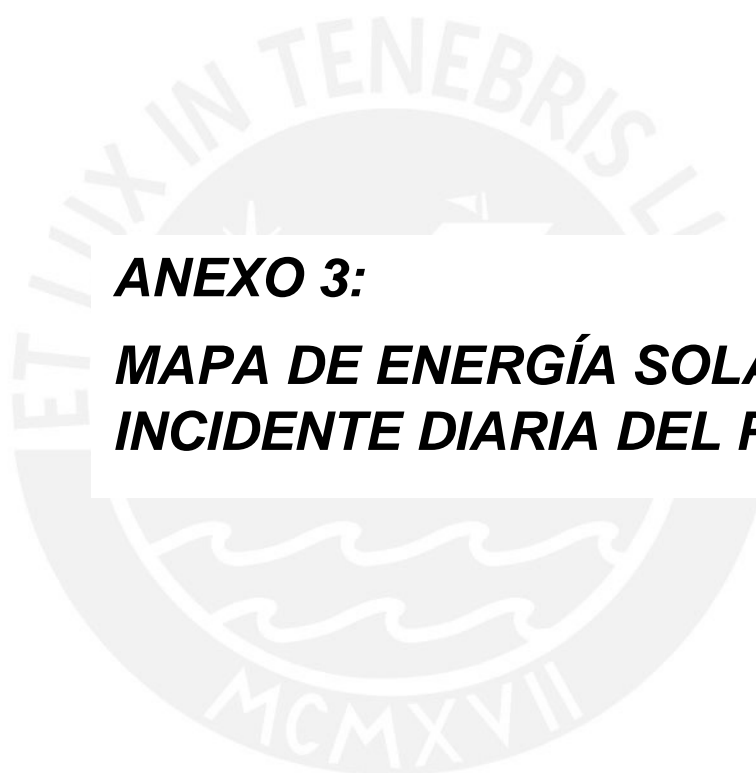
RED DE ALUMBRADO SEXTO AL DOCEAVO PISO - EDIFICIO C  
 ESC. 1/50

FIRMA RESIDENTE	PLANOS ASBUILT CONSTRUCTORES INTERAMERICANOS S.A.C			
	PROYECTO :	EDIFICIO MACGREGOR		CLIENTE PUCP
	PLANO :	RED DE ALUMBRADO DEL SEXTO AL DOCEAVO PISO - EDIFICIO C		FECHA 08-04-08
	ANA TORRES GUEVARA ING° MECÁNICO-ELECTRICISTA - CIP N° 24231	ESCALA INDICADA		MODIFICADO RVD
			<b>IE-23</b> 23 de 35	



RED DE ALUMBRADO PLANTA TECHOS - EDIFICIO C  
 ESC: 1/50

	<b>PLANOS ASBUILT</b> <b>CONSTRUCTORES INTERAMERICANOS S.A.C</b>		
FIRMA RESIDENTE	PROYECTO : EDIFICIO MACGREGOR	CLIENTE PUCP	
	PLANO : RED DE ALUMBRADO PLANTA TECHOS - EDIFICIO C		FECHA 08-04-08
	ANA TORRES GUEVARA <small>ING° MECÁNICO-ELECTRICISTA - CIP N° 24231</small>	ESCALA INDICADA	MODIFICADO RVD <b>IE-24</b> <small>24 de 35</small>

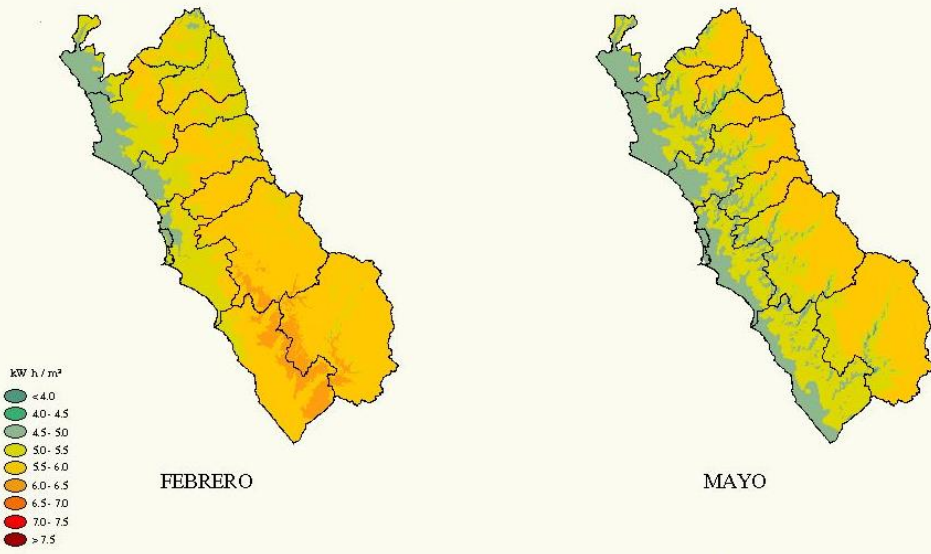


***ANEXO 3:***

***MAPA DE ENERGÍA SOLAR  
INCIDENTE DIARIA DEL PERÚ***



# LIMA

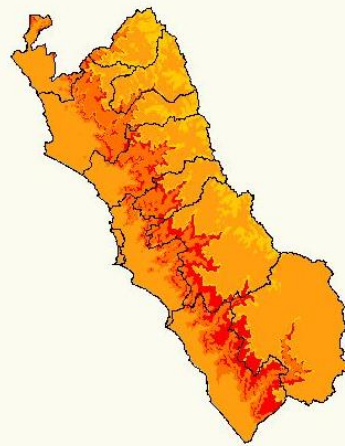


FEBRERO

MAYO



AGOSTO



NOVIEMBRE

REPÚBLICA DEL PERÚ  
SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA  
SERNAMHI  
DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y ASUNTOS AMBIENTALES  
**ENERGÍA SOLAR INCIDENTE DIARIA**  
Departamento de Lima  
(1975-1990)  
LPI V. PERÚ  
DICIEMBRE 2006





***ANEXO 4:***

***DATOS DE INGRESO PARA LA  
SIMULACIÓN INICIAL***



- Ascensores y bombas:

The screenshot shows the Revit software interface. The Class List on the left has 'ElectricEquipment' selected. The Properties palette on the right shows the following data:

Field	Units	Obj10	Obj11
Name		Ascensores	Bombas
Zone or ZoneList Name		Ascensores y bombas_Todas	Ascensores y bombas_Todas
Schedule Name		Horario Todo - Ascensores	Horario Todo - Bombas
Design Level Calculation Method		EquipmentLevel	EquipmentLevel
Design Level	W	2133	1667
Watts per Zone Floor Area	W/m2		
Watts per Person	W/person		
Fraction Latent			
Fraction Radiant			
Fraction Lost			
End-Use Subcategory		General	General

Comments from IDF:  
Explanation of Object and Current Field  
Object Description: Sets internal gains for electric equipment in the zone. If you use a ZoneList in the Zone or ZoneList name field then this definition applies to all the zones in the ZoneList.

- Luminarias:

The screenshot shows the Revit software interface. The Class List on the left has 'Lights' selected. The Properties palette on the right shows the following data:

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5
Name		LUM_Sotano	LUM_Piso_1	LUM_Piso 2-5	LUM Piso 6-12	LUM Azotea
Zone or ZoneList Name		Sotano	PRINCIPAL 1	Principal_2_5	Principal 6-12	Azotea
Schedule Name		Horario Luminaria Sotano	Horario Piso 1-6-12	Horario Piso 2-5	Horario Piso 1-6-12	Horario Luminaria Azotea
Design Level Calculation Method		LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel
Lighting Level	W	1280	2848	2756	4020	440
Watts per Zone Floor Area	W/m2					
Watts per Person	W/person					
Return Air Fraction						
Fraction Radiant						
Fraction Visible						

Comments from IDF:  
Explanation of Object and Current Field  
Object Description: Sets internal gains for lights in the zone. If you use a ZoneList in the Zone or ZoneList name field then this definition applies to all the zones in the ZoneList.  
Field Description:  
ID: A1  
Enter an alphanumeric value

## Orientación del edificio:

File New Obj Dup Obj Del Obj Copy Obj Paste Obj

Class List

- [0001] Version
- [0001] SimulationControl
- [0001] Building
- [0001] ShadowCalculation
- [0001] HeatBalanceAlgorithm
- [0001] Timestep
- [0001] Site:Location
- [0001] RunPeriod
- [0003] RunPeriodControl:SpecialDays
- [0001] RunPeriodControl:DaylightSavingTime
- [0001] Site:GroundTemperature:BuildingSurface
- [0008] ScheduleTypeLimits
- [0014] Schedule:Compact
- [0004] Material

Comments from IDF

Explanation of Object and Current Field

Object Description: Specifies the building's location. Only one location is allowed. Weather data file location, if it exists, will override this object.

Field Description: + is North, - is South, degree minutes represented in decimal (i.e. 30 minutes is .5)  
ID: N1  
Default: 0

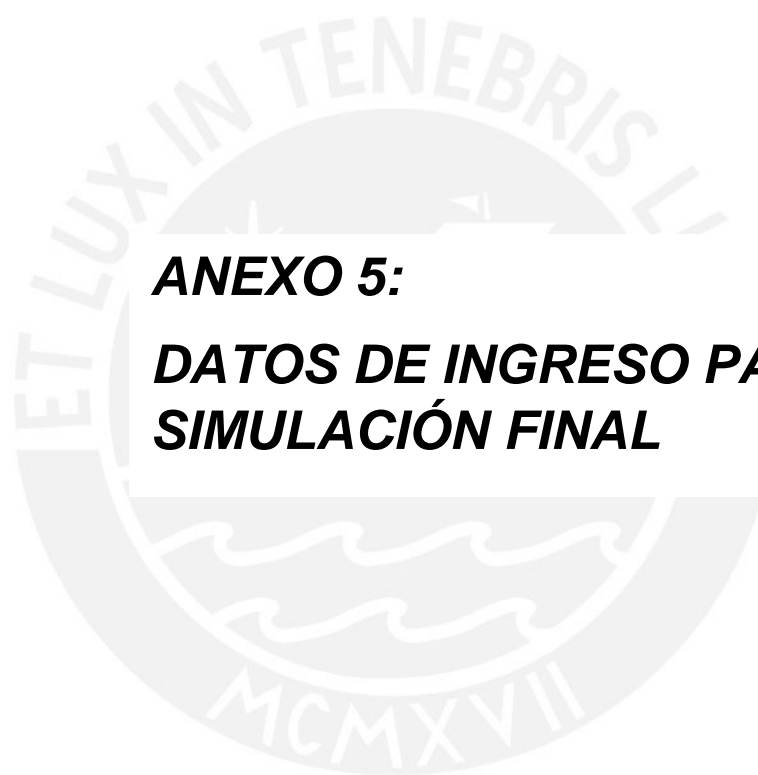
Field	Units	Obj1
Name		Mac Gregor - Edificio C
Latitude	deg	12
Longitude	deg	77
Time Zone	hr	0
Elevation	m	0



## Horarios de uso y fechas de actividad:

Field	Units	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8	Obj9	Obj10	Obj11
Name		Horario Luminaria Solano	Horario Piso 1-6-12	Horario Piso 2-5	Horario EE	Horario Luminaria Azules	Horario Todo - Bombas	Horario INODORO Piso 2-5	Horario INODORO Piso 1-6-12	Horario Todo - HVAC
Schedule Type Limits Name		On/Off	On/Off	On/Off	On/Off	On/Off	On/Off	Any Number	Any Number	On/Off
Field 1	varies	Through: 12/31	Through: 01/19	Through: 01/19	Through: 01/19	Through: 01/19	Through: 01/19	Through: 01/19	Through: 01/19	Through: 01/19
Field 2	varies	For: weekdays	For: Alldays	For: Alldays	For: Alldays	For: Alldays	For: Alldays	For: Alldays	For: Alldays	For: Alldays
Field 3	varies	Until: 8:00	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00
Field 4	varies	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Field 5	varies	Until: 20:00	Through: 12/15	Through: 02/28	Through: 12/15	Through: 12/15	Through: 12/15	Through: 02/28	Through: 12/15	Through: 12/15
Field 6	varies	1	For: Weekdays	For: Weekdays	For: Alldays	For: Weekdays	For: Weekdays	For: Weekdays	For: Weekdays	For: Weekdays
Field 7	varies	Until: 24:00	Until: 8:00	Until: 8:00	Until: 5:00	Until: 7:00	Until: 8:00	Until: 8:00	Until: 8:00	Until: 10:00
Field 8	varies	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Field 9	varies	For: Saturday	Until: 17:30	Until: 22:00	Until: 24:00	Until: 19:00	Until: 16:00	Until: 22:00	Until: 17:30	Until: 15:00
Field 10	varies	Until: 8:00	1	1	0	1	1	10	10	1
Field 11	varies	0	Until: 24:00	Until: 24:00	Through: 12/31	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00
Field 12	varies	Until: 20:00	0	0	For: Alldays	1	0	0	0	0
Field 13	varies	1	Through: 12/31	For: Saturday	Until: 24:00	Through: 12/31	For: Saturday	For: Saturday	Through: 12/31	Through: 12/31
Field 14	varies	Until: 24:00	For: Alldays	Until: 8:00	0	For: Alldays	Until: 8:00	For: Alldays	For: Alldays	For: Alldays
Field 15	varies	0	Until: 24:00	0	0	Until: 24:00	0	0	Until: 24:00	Until: 24:00
Field 16	varies		0	Until: 22:00		0	Until: 12:00	Until: 22:00	0	0
Field 17	varies			1			1	10		
Field 18	varies			Until: 24:00			Until: 24:00	Until: 24:00		

Field	Units	Obj12	Obj13	Obj14
Name		Horario Todo - Ascensores	Horario HVAC Piso 2-5	Horario HVAC Piso 1-6-12
Schedule Type Limits Name		On/Off	On/Off	On/Off
Field 1	varies	Through: 01/19	Through: 01/19	Through: 01/19
Field 2	varies	For: Alldays	For: Alldays	For: Alldays
Field 3	varies	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00
Field 4	varies	0	0	0
Field 5	varies	Through: 12/15	Through: 02/28	Through: 12/15
Field 6	varies	For: Weekdays	For: Weekdays	For: Weekdays
Field 7	varies	Until: 8:00	Until: 10:00	Until: 10:00
Field 8	varies	0	0	0
Field 9	varies	Until: 13:33	Until: 15:00	Until: 15:00
Field 10	varies	1	0.75	0.75
Field 11	varies	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00
Field 12	varies	0	0	0
Field 13	varies	For: Saturday	For: Saturday	Through: 12/31
Field 14	varies	Until: 8:00	Until: 10:00	For: Alldays
Field 15	varies	0	0	Until: 24:00
Field 16	varies	Until: 9:30	Until: 13:00	0
Field 17	varies	1	0.75	
Field 18	varies	Until: 24:00	Until: 24:00	



***ANEXO 5:***

***DATOS DE INGRESO PARA LA  
SIMULACIÓN FINAL***

A continuación, se describe la data de ingreso de cada sistema energético para la simulación final del edificio C del Complejo Mac Gregor.

- Luminarias:

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6
<b>Name</b>		LUM_Sotano	LUM_Piso_1	LUM_Piso 2-5	LUM Piso 6-12	LUM Azotea	EE
<b>Zone or ZoneList Name</b>		Sotano	PRINCIPAL 1	Principal 2_5	Principal 6-12	Azotea	ASCENSORES Y BOMBAS 1
<b>Schedule Name</b>		Horario Luminaria Sotano	Horario Piso 1-6-12	Horario Piso 2-5	Horario Piso 1-6-12	Horario Luminaria Azotea	Horario EE
<b>Design Level Calculation Method</b>		LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel
<b>Lighting Level</b>	W	296	1733	1637	2187	440	721.5
<b>Watts per Zone Floor Area</b>	W/m2						
<b>Watts per Person</b>	W/person						
<b>Return Air Fraction</b>							
<b>Fraction Radiant</b>							
<b>Fraction Visible</b>							
<b>Fraction Replaceable</b>		1	1	1	1	1	1
<b>End-Use Subcategory</b>		General	General	General	General	General	General
<b>Return Air Fraction Calculated from Plenum Temperature</b>		No	No	No	No	No	No
<b>Return Air Fraction Function of Plenum Temperature Coefficient 1</b>							
<b>Return Air Fraction Function of Plenum Temperature Coefficient 2</b>	1/K						

- Sistema de Paneles Fotovoltaicos:

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4
<b>Name</b>		SistemaFV01	SistemaFV02	SistemaFV03	SistemaFV04
<b>Surface Name</b>		PANELES 1	PANELES 2	PANELES 3	PANEL 4
<b>Photovoltaic Performance Object Type</b>		PhotovoltaicPerformance:EquivalentOne-Diode	PhotovoltaicPerformance:EquivalentOne-Diode	PhotovoltaicPerformance:EquivalentOne-Diode	PhotovoltaicPerformance:EquivalentOne-Diode
<b>Module Performance Name</b>		Panel 315 Mono	Panel 315 Mono	Panel 315 Mono	Panel 315 Mono
<b>Heat Transfer Integration Mode</b>		Decoupled	Decoupled	Decoupled	Decoupled
<b>Number of Series Strings in Parallel</b>	dimensionless	2	2	2	2
<b>Number of Modules in Series</b>	dimensionless	10	11	11	11



**Class List**  
 [0014] Schedule:Compact  
 [0004] Material  
 [0001] Material:NoMass  
 [0002] Material:AirGap  
 [0002] WindowMaterial:Glazing  
 [0001] WindowMaterial:Gas  
 [0008] Construction  
 [0001] GlobalGeometryRules  
 [0038] Zone  
 [0005] ZoneList  
 [0234] BuildingSurface:Detailed  
 [0025] FenestrationSurface:Detailed  
 [0007] Shading:Building:Detailed  
 [0006] Lights  
 [0026] ElectricEquipment  
 [0002] HVACTemplate:Thermostat  
 [0004] Generator:Photovoltaic  
**[0001] PhotovoltaicPerformance:EquivalentOne-Diode**

**Comments from IDF**  
  
**Explanation of Object and Current Field**  
 Object Description: Describes the performance characteristics of Photovoltaic Performance using an equivalent one-diode circuit. This model is also known as the 4- or 5-parameter TRNSYS model for photovoltaics.  
 Field Description:  
 ID: A1  
 Enter an alphanumeric value

Field	Units	Obj1
Name		Panel 315 Mono
Cell type		CrystallineSilicon
Number of Cells in Series	dimensionless	60
Active Area	m2	1.675
Transmittance Absorptance Product	dimensionless	0.95
Semiconductor Bandgap	eV	1.12
Shunt Resistance	ohms	1000000
Short Circuit Current	A	10.06
Open Circuit Voltage	V	39.9
Reference Temperature	C	25
Reference Insolation	W/m2	1000

