

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Proyecto Final de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería
Ambiental

**“Estrategias para certificar la operación y mantenimiento del edificio administrativo
de la Municipalidad de Heredia mediante el sistema de evaluación LEED O+M: EB
versión 4”**

Giannina Murillo Pérez

CARTAGO, diciembre 2015.



“Estrategias para certificar la operación y mantenimiento del edificio administrativo de la municipalidad de Heredia mediante el sistema de evaluación LEED O+M: EB versión 4”


Informe presentado a la Escuela de Química del Instituto Tecnológico de Costa Rica como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero Ambiental con el grado de licenciatura


Miembros del tribunal


M.Sc. Ing. Ana Lorena Arias Zúñiga
Director


Ing. Carlos Castro Campos
Lector 1


M.Sc. Ing. Jorge Calvo Gutiérrez
Lector 2


Dr. Luis Guillermo Romero
Coordinador COTRAFIG


Drá. Flórida Roa Gutiérrez
Directora Escuela de Química


M.Sc. Ing. Ana Lorena Arias Zúñiga
Coordinadora Carrera de Ingeniería Ambiental

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme fortaleza a lo largo de estos años, especialmente en los últimos meses.

A mi familia por acompañarme y apoyarme a lo largo del camino.

A la profesora y amiga Ing. Ana Lorena Arias por su apoyo incondicional a lo largo de mi desarrollo profesional, especialmente por su paciencia y soporte durante el desarrollo de este proyecto.

Al Ing. Carlos Castro por su apoyo incondicional y desinteresado en el desarrollo de este proyecto.

Al Ing. Eric Centeno y al laboratorio de Ingeniería Ambiental de la UCR por su colaboración durante el proyecto.

A mis amigos por acompañarme a lo largo de este proceso, especialmente a Thibaud Riera por su paciencia y apoyo.

A los profesores del TEC que participaron en mi formación profesional y personal, especialmente al Ing. Jorge Calvo por su apoyo y amistad a lo largo de estos años.

TABLA DE CONTENIDOS

Lista de abreviaturas y acrónimos	XI
Resumen	1
Abstract	2
1 Introducción	3
1.1 Objetivos	4
1.1.1 Objetivo General.....	4
1.1.2 Objetivos Específicos	4
2 Revisión de literatura	5
2.1 Impacto de la Construcción en el Ambiente	5
2.2 Construcción sostenible	6
2.2.1 Antecedentes de la construcción sostenible.....	7
2.3 Sistema de evaluación LEED.....	10
2.3.1 Generalidades	10
2.3.2 Criterios de evaluación de LEED O+M: EB V4	11
2.3.3 Beneficios del uso de LEED para certificar edificios existentes en operación y mantenimiento	13
3 Metodología	15
3.1 Edificio bajo estudio	15
3.2 Evaluación del proyecto en operaciones y mantenimiento mediante la norma LEED para edificaciones existentes versión cuatro.....	16
3.2.1 Locación y transporte	17
3.2.2 Sitios sustentables.....	17
3.2.3 Uso eficiente del agua.....	17
3.2.4 Energía y Atmosfera.....	18
3.2.5 Materiales y recursos	18

3.2.6	Calidad del ambiente interno.....	18
3.2.7	Innovación	18
3.3	estimación de la Puntuación y nivel de certificación obtenida por la edificación. 19	
4	Resultados y discusión.....	20
4.1	Estrategias propuestas para cumplir con los requisitos del sistema de evaluación LEED O+M: EB versión 4.	20
4.1.1	Ubicación y transporte (LT)	20
4.1.2	Sitios sustentables (SS).....	23
4.1.3	Uso eficiente del agua (WE).....	32
4.1.4	Energía y Atmosfera (EA).....	39
4.1.5	Materiales y Recursos (MR).....	56
4.1.6	Calidad ambiental interior (EQ)	69
4.1.7	Innovación (IN)	87
4.1.8	Prioridad regional (PR).....	88
4.2	Resumen de créditos alcanzables para certificar el proyecto.....	89
5	Conclusiones y recomendaciones	92
5.1	Conclusiones	92
5.2	Recomendaciones	94
	Referencias	96
	Apéndices.....	100
	Apéndice 1. Requerimientos y Metodología utilizada para la evaluación de los requerimientos del sistema LEED O+M: Eb V4.....	100
	Apéndice 2. Estudios económicos y guía de compras sugerida para el alcanza de los prerrequisitos y créditos de LEED O+M: EB V4.....	124
	Apéndice 3. Resultados de la conducción de la auditoria para la verificación de la limpieza según los lineamientos de APPA.....	131

Anexos	132
Anexo 1. Objetivos, metas e indicadores establecidos en el Programa de Gestión Ambiental Institucional de la Municipalidad de Heredia.....	132
Anexo 2. Propuesta de manejo de residuos sólidos de un proyecto de remodelación ...	137
Anexo 3. Resumen del consumo del edificio administrativo de la Municipalidad de Heredia para el período 2014-2015.	138

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Cantidad de edificios certificados mediante el sistema LEED en Costa Rica. ...	10
Figura 3.1 Ubicación de la edificación en estudio en el distrito Heredia del cantón Heredia de Heredia, Costa Rica	16
Figura 4.1. Distribución de los patrones de desplazamiento de los funcionarios de la Municipalidad de Heredia	20
Figura 4.2 Distribución de los patrones de desplazamiento de los clientes de la Municipalidad de Heredia.....	21
Figura 4.3 Selección de techos para sistema de cosecha de agua de lluvia.....	26
Figura 4.4 Distribución mensual del consumo eléctrico del edificio administrativo de la Municipalidad de Heredia	42
Figura 4.5 Distribución de la demanda eléctrica del edificio de la Municipalidad de Heredia	52
Figura 4.6. Nivel de satisfacción con las condiciones térmicas actuales.	84
Figura 4.7 Nivel de satisfacción con respecto a la calidad del aire en el espacio de trabajo	84
Figura 4.8. Nivel de satisfacción con respecto a las condiciones visuales de iluminación en el espacio de trabajo	85
Figura 4.9 Nivel de satisfacción con respecto al confort sónico en el área de trabajo	86
Figura 4.10 Niveles de satisfacción con respecto a la limpieza del edificio	86

LISTA DE CUADROS

Cuadro 2.1 Áreas de evaluación del sistema LEED O+M: EB V4. (U.S Green Building Council, 2013)	12
Cuadro 4.1 Resumen de Patrones de desplazamiento de los funcionarios de la Municipalidad	21
Cuadro 4.2 Síntesis de compromisos ambientales (Tapia & Araya, 2014).....	23
Cuadro 4.3 Volumen de agua que se puede captar por mes	27
Cuadro 4.4 Valores de SRI para distintos materiales de cobertura. (Lawrence Berkeley National Laboratory, 2000)	29
Cuadro 4.5 Compromisos ambientales que deben incluirse en el Programa de Gestión del sitio.	30
Cuadro 4.6. Inventario de accesorios de plomería interna presentes en el edificio administrativo de la Municipalidad de Heredia.....	32
Cuadro 4.7. Línea base de consumo de agua para el Edificio administrativo de la Municipalidad de Heredia	33
Cuadro 4.8. Consumo de agua utilizando plomería de alta eficiencia en el Edificio administrativo de la Municipalidad de Heredia.....	34
Cuadro 4.9. Desglose de la inversión económica necesaria para colocar plomería de alta eficiencia.....	35
Cuadro 4.10. Especies existentes en los espacios verdes del edificio administrativo de la Municipalidad de Heredia. (Marisol Hidalgo et Lucía Valverde, Comunicación personal, 02 de octubre 2015).....	37
Cuadro 4.11 Mantenimiento preventivo de los sistemas de aire acondicionado de la Municipalidad de Heredia.	40
Cuadro 4.12 Inventario de la luminaria del edificio administrativo de la Municipalidad de Heredia.....	41
Cuadro 4.13 Consumo promedio mensual de los últimos cinco años	41
Cuadro 4.14 Indicadores de eficiencia energética del 2014 incluidos en el reporte anual del PGAI.....	42
Cuadro 4.15 Desempeño energético del edificio administrativo durante los últimos cuatro años.....	44

Cuadro 4.16 Desempeño energético por unidad superficial del 2012-2015	44
Cuadro 4.17. Tipo de refrigerantes utilizados en los aires acondicionados de la Municipalidad de Heredia	45
Cuadro 4.18 Valores de GWP y ODP para algunos refrigerantes comunes utilizados en equipos HVAC (U.S Green Building Council, 2013)	53
Cuadro 4.19 Valores de carga refrigerante y capacidad de enfriamiento de los equipos de HVAC presentes en la edificación.....	54
Cuadro 4.20 Impacto atmosférico de los refrigerantes de las nuevas unidades HVAC sugeridas.	55
Cuadro 4.21 Criterios ambientales para realizar las compras continuas del edificio administrativo de la Municipalidad de Heredia. (CEGESTI, 2008).....	58
Cuadro 4.22 Criterios ambientales para realizar los bienes duraderos del edificio administrativo de la Municipalidad de Heredia.....	59
Cuadro 4.23. Protocolo de disposición final de los bienes duraderos	60
Cuadro 4.24 Protocolo de disposición final de los desechos peligrosos	61
Cuadro 4.25 Características y cantidad de luminarias a implementar en el edificio administrativo.	65
Cuadro 4.26 Principales materiales de construcción utilizados durante las últimas renovaciones	65
Cuadro 4.27 Ejemplos de Materiales en el mercado que cumple los estándares de LEED .	66
Cuadro 4.28 Residuos valorizables reciclados durante el mes de septiembre del 2015.....	67
Cuadro 4.29 Indicadores de desempeño de la gestión de residuos sólidos a nivel municipal	67
Cuadro 4.30 Cálculo de la zona de flujo de aire exterior para los espacios mecánicamente ventilados del edificio de la Municipalidad de Heredia.	69
Cuadro 4.31 Distribución y caracterización de unidades de HVAC instaladas por departamento	70
Cuadro 4.32 Productos de limpieza utilizados en el edificio administrativo de la Municipalidad de Heredia	71
Cuadro 4.33 Procedimientos estándar de limpieza de la institución	73
Cuadro 4.34 Principales contaminantes que afectan la calidad del aire en la edificación ...	73

Cuadro 4.35 Protocolos para el manejo de las principales fuentes de polución en la edificación (EPA, 2008)	75
Cuadro 4.36 Mediciones de CO ₂ , temperatura y humedad relativa de los departamentos de la edificación.....	76
Cuadro 4.37 Características de las luminarias LED que van a ser instaladas den la institución	78
Cuadro 4.38 Plantilla para auditar los espacios según los parámetros de APPA (U.S Green Building Council, 2013)	80
Cuadro 4.39 Resumen de resultados conducción de la auditoria para la verificación de la limpieza según los lineamientos de APPA.....	80
Cuadro 4.40 Ejemplos de productos en el mercado que cumple los estándares de LEED ..	81
Cuadro 4.41 Detalles técnicos de la planta eléctrica de emergencia del edificio administrativo de la Municipalidad de Heredia.....	87
Cuadro 4.42 Resumen del puntaje estimado en las categorías de sitios sostenibles y locación e transporte.....	89
Cuadro 4.43 Resumen del puntaje estimado en la categoría de uso eficiente del agua.....	89
Cuadro 4.44 Resumen del puntaje estimado en la categoría de Energía y Atmosfera	90
Cuadro 4.45 Resumen del puntaje estimado en la categoría de Materiales y Recursos.....	90
Cuadro 4.46 Resumen del puntaje estimado en la categoría de Calidad del ambiente interior	91

LISTA DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

APPA	Asociación de administradores de Plantas Físicas
ASHRAE	Sociedad Americana de Aire Acondicionado, Refrigeración y Calefacción.
BEPAC	The Building and Environmental Performance Assessment Criteria
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
CASBEE	Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency
CST	Certificado de Sostenibilidad Turística
EDGE	Excelencia en diseño para una mayor eficiencia
EPA	Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GBCI	Instituto de Certificación de Edificios Verdes
GBTTool	Green Building Tool
HVAC&R	Sistemas de calefacción, ventilación, aire acondicionado y refrigeración.
IiSBE	International Initiative for a sustainable built environment
IFC	Corporación Financiera Internacional
INTECO	Instituto de Normas de Costa Rica
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
MINAE	Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica
PGAI	Programa de Gestión Ambiental Institucional
RESET	Requisitos para Edificaciones Sostenibles en el Trópico
SBTool	Sustainable Building Tool
USGBC	U.S Green Building Council (Consejo de Edificación Verde de EE.UU)

LISTA DE SIMBOLOS

CFC	Lámpara Fluorescente Compacta
CRI	Índice de reproducción cromática
Ez	Efectividad de distribución del aire en la zona
GWP	Potencial de calentamiento global
LWR	Requerimiento de agua para el sitio
ODP	Potencial de agotamiento de la capa de ozono
Ra	Tasa de aire exterior requerida por unidad de área
Rp	Tasa de aire exterior requerida por persona
SRI	Valor de reflectancia solar
TIR	Tasa interna de retorno
VAN	Valor actual neto
Vbz	Zona de respiración de flujo de aire exterior
Voz	Zona de flujo de aire exterior
VPF	Valor presente de los flujos
VPF AC	Valor presente de los flujos actualizado

RESUMEN

La construcción de edificios para el desarrollo urbano genera impactos ambientales negativos en todas las etapas del ciclo de vida de la edificación, ya que son responsables de una alta cantidad de las emisiones de gases de efecto invernadero y del consumo de recursos naturales. Es por esta razón que la sostenibilidad ha ido tomando fuerza en el sector constructivo y se han desarrollado una amplia variedad de sistemas de evaluación que permiten certificar edificios sostenibles o de alto desempeño. El sistema de evaluación Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental (LEED, por sus siglas en inglés) se considera actualmente como uno de los sistemas de evaluación más reconocidos y con mayor influencia a nivel mundial; la certificación de edificaciones mediante este estándar ha ido en aumento en Latinoamérica y Costa Rica no se ha quedado atrás siendo uno de los pioneros de su aplicación en la región centroamericana. El sistema de evaluación LEED para certificar la operación y mantenimiento de edificaciones existentes (LEED O+M: EB V4, por sus siglas en inglés) es una herramienta que permite aplicar los principios de construcción sostenible a edificaciones del sector público ya que certifica edificaciones existentes, brindando lineamientos para implementar estrategias sostenibles y mejorar el desempeño ambiental de la edificación. En este trabajo se evaluó el edificio central de la Municipalidad de Heredia mediante el sistema LEED O+M: EB V4 y se propusieron estrategias que permitan alcanzar la certificación del edificio administrativo de la municipalidad de Heredia. Los resultados obtenidos muestran que si la institución implementa las estrategias propuestas, podría obtener un total de 60 puntos, lo que le permitirían alcanzar un nivel de certificación Oro.

Palabras claves: Construcción sostenible, Leed, Operaciones y mantenimiento, Municipalidad de Heredia.

ABSTRACT

The construction of buildings for urban development generates negative environmental impacts at all stages of the life cycle of the building, as they are responsible for a high amount of emissions of greenhouse gases and consumption of natural resources. For this reason is that sustainability has been gaining strength in the construction sector and have developed a wide variety of evaluation systems that can certified high performance sustainable buildings. Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) is now one of the most recognized and influential global assessment system; the certification of buildings through this standard has been growing in Latin America, Costa Rica has not been the exception and is one of the pioneers of the implementation of LEED in Central America. The LEED Operation a Maintenance rating system for existing buildings (LEED O+M: EB) is a tool that allowed to implement the concept and benefits of sustainable principles in the buildings of the public sector by certifying existing buildings, providing guidelines for implementing sustainable strategies and improve environmental performance of the building. In this paper, LEED O + M evaluated the central building of the Municipality of Heredia: EB V4 and strategies to achieve the certification of the administrative building were proposed. The results show that if the institution implements the strategies proposed, it is possible to achieve a total of 60 points, which will allowed the project to achieve Gold level certification.

Keywords: SUSTAINABLE CONSTRUCTION, LEED, OPERATION AND MAINTENANCE, MUNICIPALITY OF HEREDIA.

1 INTRODUCCIÓN

La construcción y operación de edificios está indudablemente comprometida en un escenario apremiado por el cambio climático, se estima que en Costa Rica la industria de la construcción contribuye con aproximadamente 283.000 toneladas de CO₂ equivalente, de las cuales un 26% corresponden únicamente a la operación de las edificaciones (Campos, Méndez, & Salas, 2013). La forma en cómo se gestionan y se les da mantenimiento a estos edificios tiene un gran impacto sobre su consumo energético, por lo que es importante que las edificaciones se desarrollen teniendo presente la utilización de materiales constructivos y equipos eléctricos y mecánicos que permitan un consumo más eficiente de los recursos naturales.

Es por ello que desde hace más de dos décadas se comenzó a hablar de edificios verdes o de alto desempeño, edificaciones cuyo diseño y métodos constructivos y operativos reducen de manera significativa el impacto negativo sobre el medio y sus habitantes. Este tipo de edificaciones suponen reducciones de emisiones de CO₂ de hasta el 30% y conlleva beneficios económicos, sociales y ambientales (U.S Green Building Council, n.d.).

En Latinoamérica el movimiento de la construcción sostenible ha tomado fuerza durante la última década; la cantidad de edificaciones certificadas mediante la norma de evaluación de construcciones sostenibles LEED en la región ha ido creciendo. La popularidad de la utilización de dicho sistema se debe al reconocimiento internacional que tiene la misma dentro del movimiento de la construcción sostenible. Países como Brasil y México, se consideran líderes en Latinoamérica en la certificación de edificios utilizando la norma LEED; sin embargo Costa Rica junto con Panamá son líderes de la región Centroamericana en la certificación de edificios de alto desempeño (Téllez, Villareal, Armenta, Ponsen, & Bremer, 2014).

En el país actualmente las edificaciones certificadas LEED pertenecen al sector privado, sin embargo, actualmente se están construyendo dos edificios bajo la categoría LEED-NC (LEED para nuevas construcciones, por sus siglas en inglés), el edificio del Banco de Costa Rica en Nicoya y el Banco Popular en San José (U.S Green Building Council, 2015b). Sin embargo, es importante que el sector público se adueñe de los principios de sostenibilidad en

edificaciones, por lo que impulsar este movimiento en el sector público es de suma importancia para alcanzar la meta país de ser carbono neutral en el 2021.

Las instituciones gubernamentales generalmente están situadas en edificaciones existentes, por lo que implementar la norma LEED en operaciones y mantenimiento permitiría mejorar el desempeño del edificio al reducir el consumo de recursos naturales, mejorar el nivel de satisfacción de los ocupantes y disminuir el flujo de residuos generado, estos beneficios permiten lograr reducir los costos operacionales de la edificación. Las instituciones gubernamentales deben cumplir con el requisito de elaboración de un Programa de Gestión Ambiental Institucional (PGAI). Este proyecto pretende brindar estrategias que permitan a la Municipalidad de Heredia certificar el edificio administrativo en operaciones y mantenimiento mediante el estándar LEED; siendo un complemento del PGAI y a la vez ser un ejemplo para las instituciones gubernamentales en la aplicación del concepto de sostenibilidad en edificaciones.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo General

Evaluar la viabilidad del edificio administrativo de la Municipalidad de Heredia para obtener la certificación en operación y mantenimiento mediante la norma LEED O+M: EB V4.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Establecer estrategias que permitan cumplir con las regulaciones establecidas por la norma LEED O+M: EB V4, permitiendo alcanzar la certificación del edificio administrativo de la Municipalidad de Heredia.
- Determinar el grado de certificación a obtener si se realizara la implementación de estas estrategias.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 IMPACTO DE LA CONSTRUCCIÓN EN EL AMBIENTE

La construcción de edificios y comunidades, incluyendo los recursos necesarios para su construcción y la energía, agua y materiales necesitados para su operación; generan un impacto sobre el ambiente y la salud humana. La construcción y operación de edificaciones a nivel mundial son responsable del consumo del 40% de los recursos naturales, del 12% del agua potable disponible y de la generación de entre 45% y 65% de los desechos (Suzer, 2015).

Además a nivel mundial el sector constructivo se considera responsable del 30% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) durante su operación y es responsable de un 18% adicional, el cual es causado indirectamente por la explotación y transporte de materias primas (Castro-Lacouture, Sefair, Flórez, & Medaglia, 2009). Considerando que la construcción representa un 47% del consumo energético a nivel mundial (Komurlu, Arditi, & Pelin, 2014), resulta un sector clave para el logro de una mayor eficiencia energética y disminución de los gases de efecto invernadero.

El efecto acumulativo de las prácticas convencionales en la industria de la construcción, han generado implicaciones negativas sobre la salud humana, la economía y el ambiente, algunas de estas consecuencias son (U.S Green Building Council, n.d.):

1. El cambio de uso de tierra, la destrucción de hábitats naturales y la degradación del suelo.
2. La extracción, manufactura y transporte de materiales, causan contaminación en el agua y el suelo, liberan productos químicos tóxicos y generan emisiones de gases de efecto invernadero.
3. Las operaciones de los edificios implican el consumo de altas cantidades de agua y energía, y generan a su vez flujos de residuos importantes.
4. El transporte hacia y desde los edificios por los funcionarios y proveedores de servicios, implica efectos ambientales negativos asociados con el uso del vehículo, el aumento del consumo de energía y la contaminación atmosférica.

De acuerdo al Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) (2007), el sector de la construcción tiene el mayor potencial de ahorro de energía y reducción de la contaminación, dada la flexibilidad de sus demandas. El IPCC establece que en economías en transición, el potencial de reducción puede ser de entre 1 a 3 Gt CO₂ equivalentes/año; se estimaría un ahorro de casi 6 Gt CO₂ equivalentes/año a nivel mundial en los próximos 20 años si el sector de la construcción se apropia de los principios de la construcción sostenible (Berardi, 2012)

Los impactos de la operación de un edificio no son considerables a escala individual, pero si se contemplan los efectos ambientales que genera un asentamiento urbano estos ocasionan un efecto acumulativo importante sobre el ambiente. Se estima que las emisiones equivalentes de dióxido de carbono de la etapa de operación del edificio son por lo menos cinco veces mayores que las generadas durante la construcción de la obra, ya que las emisiones durante la operación representan un 84% de las emisiones totales de la obra durante su ciclo de vida (Fenner & Ainger, 2013)

El aumento de la población mundial y por ende la necesidad de construcción de soluciones habitacionales y comerciales, implica una presión sobre el ambiente y los recursos naturales disponibles. Se estima que del 2000 al 2020 la población en zonas urbanas de América Latina aumentará de un 76% a un 89% (Téllez et al., 2014). Por lo que, remodelar las edificaciones existentes mediante principios de construcción sostenible permitiría desacelerar el crecimiento del área construida y disminuir los impactos asociados a la construcción y operación de edificaciones.

2.2 CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

Sostenibilidad se define como el desarrollo que cumple las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades (Abood, 2007). Aplicar el concepto de sostenibilidad en el sector de la construcción, ofrece la oportunidad de brindar soluciones integrales tales como aumentar la resiliencia y adaptación al cambio climático, apoyar la planeación del ordenamiento territorial, lograr un uso eficiente del agua, un manejo adecuado de residuos, la conservación de la biodiversidad, permitir un desarrollo social, entre otros (Acuña, 2007)

El concepto de edificio verde fue desarrollado en 1970, para el diseño y la construcción de edificios sostenibles (Komurlu et al., 2014). Actualmente, el término edificio verde, también conocido como edificios sostenibles o de alto desempeño, abarca la planificación, diseño, construcción, operaciones y en última instancia el reciclaje o renovación de estructuras al final de su vida útil. (Daza, 2010). La construcción sostenible es un proceso que se aplica durante la vida útil de un edificio y este se mantiene a lo largo de su ciclo de vida.

Los principios de sostenibilidad en un edificio van más allá de los límites de la edificación, ya que busca incorporar un equilibrio saludable y dinámico entre la responsabilidad social, prosperidad económica y el cuidado del medio ambiente; contemplando el impacto sobre la comunidad y no únicamente el impacto de la edificación de manera individual (Cib & Unep-Ietc, 2002). La construcción sostenible surge de la búsqueda de un entorno urbano sostenible que satisfaga la necesidad de la sociedad por infraestructura y que a su vez ofrezca un medio saludable a los ocupantes de los edificios y sea además, responsable con el ambiente.

2.2.1 Antecedentes de la construcción sostenible

Se han desarrollado varias metodologías que permiten establecer el grado de sostenibilidad ambiental que ha alcanzado un edificio, al brindar una guía para la planeación y el diseño de edificaciones en sus etapas constructivas y operativas. En las diferentes etapas de un proyecto los planeadores pueden tomar decisiones que mejoren el rendimiento del edificio, siguiendo las recomendaciones sugeridas.

El primer avance en la concepción y aplicación del concepto de sostenibilidad en el sector constructivo se dio en 1990, con la introducción del Método de evaluación ambiental en construcciones (BREEAM, por sus siglas en inglés) (Cole & Jose Valdebenito, 2013). Esta fue originalmente desarrollada en el Reino Unido y aún se considera como una de las más importantes a su nivel, esta metodología ha jugado un papel significativo en la elaboración de los principios de la construcción verde.

En 1995, se desarrolló la Herramienta para edificios sostenibles (SBTool, por sus siglas en inglés); esta fue desarrollada por la iniciativa internacional para un entorno de construcción sostenible (iiSBE, por sus siglas en inglés) la cual está compuesta por Austria, Canadá, República Checa, Israel, Italia, Portugal, Malta, Corea del sur, España y Taiwán. (Suzer,

2015). Otros países han desarrollado también sus normas como el Sistema de evaluación integral para determinar la eficiencia ambiental en edificaciones (CASBEE, por sus siglas en inglés) desarrollada en el 2004 en Japón, los Criterios de evaluación del desempeño ambiental en edificios (BEPAC, por sus siglas en inglés) desarrollada en Canadá, LEED en Estados Unidos, el Sistema de requisitos para edificaciones sostenibles en el Trópico (RESET) en Costa Rica, el sistema de evaluación de la Excelencia en diseño para una mayor eficiencia (EDGE) desarrollada por la Corporación Financiera Internacional (IFC, por sus siglas en inglés).

A pesar de la variedad de metodologías existentes, LEED es uno de los sistemas más utilizados a nivel mundial debido a la alta credibilidad que ha desarrollado en el sector de la construcción sostenible. Se ha convertido en un sistema de referencia para el diseño, construcción y operación de proyectos; por lo que se han realizado adaptaciones de esta metodología en países como México y Brasil (Castro-Lacouture et al., 2009).

Después de dos décadas de realizar los primeros esfuerzos importantes para aplicar el paradigma de la sostenibilidad en el entorno de la construcción, se ha logrado que este movimiento vaya tomando fuerza. El movimiento de la construcción sostenible cuenta con casi 60 consejos nacionales de construcción sostenible en diferentes países (Kibert, 2013), que establecen metas ambiciosas para el entorno de construcción en su país. Además de promover la construcción sostenible, estos consejos desarrollan y supervisan la elaboración de los sistemas de evaluación que proporcionan calificaciones para edificios sostenibles.

El país no se ha quedado atrás en el movimiento de la construcción sostenible, gracias a los ambiciosos objetivos planteado por el gobierno de Costa Rica de ser carbono neutral en el 2021; la nación ha realizado avances considerables en materia de eficiencia energética y construcción sostenible. Por lo que se han establecido instructivos como la ley No. 7447 de Regulación del uso racional de la Energía, la cual establece mecanismos para alcanzar el uso eficiente de la energía considerando la protección del medio ambiente (Téllez et al., 2014)

El decreto No. 25584 que reglamenta la ley anterior establece incentivos y cofinanciamientos para las empresas que contribuyan con el ahorro energético y establece niveles mínimos de eficiencia energética que deben cumplir los equipos. En el 2007 se

conformó el Comité de Eficiencia Energética el cual desarrolla normas enfocadas en iluminación, refrigeración (doméstica y comercial), motores y aire acondicionado (Téllez et al., 2014).

En materia de construcción sostenible en el 2012 se publicó la norma técnica RESET (Requisitos para Edificios Sostenibles en el Trópico), la cual fue creada por el Instituto de Arquitectura Tropical y donada al Colegio de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica y a INTECO (Instituto de Normas de Costa Rica) para ser establecida como normal nacional. La norma contempla requisitos para las fases de diseño y construcción, y está basada en la premisa de sostenibilidad en base al diseño arquitectónico, es decir agota el potencial del diseño antes de recurrir al uso de tecnología (Inteco, 2012).

En el sector turismo se cuenta con el Certificado de Sostenibilidad Turística (CST), este programa está diseñado para categorizar y diferencia empresas turísticas de acuerdo al grado en que su operación cumple con un modelo de sostenibilidad (Téllez et al., 2014).

La norma LEED se aplica ampliamente en la región, siendo Costa Rica y Panamá los países líderes de Centroamérica y el Caribe en certificaciones bajo las distintas categorías. Costa Rica cuenta con su propio Green Building Council, este se encarga de apoyar la construcción sostenible en el país buscando encauzar el mercado y la gestión pública y privada hacia un desarrollo sostenible (Téllez et al., 2014). En la Figura 2.1, se puede observar la distribución de las edificaciones certificadas LEED en el país y las categorías utilizadas, la categoría de interiores comerciales es la más importante representando el 57% de las certificaciones realizadas seguida de la categoría de nuevas construcciones; actualmente existen 28 infraestructuras certificadas en el país (U.S Green Building Council, 2015b).

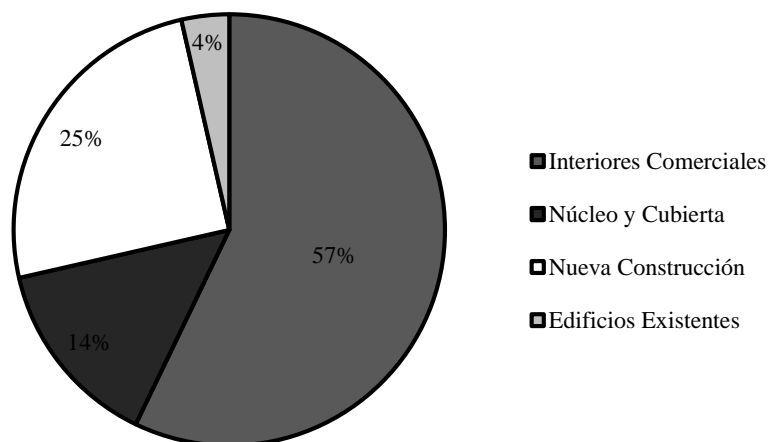


Figura 2.1 Cantidad de edificios certificados mediante el sistema LEED en Costa Rica. (Tomado de U.S Green Building Council, (2015b))

2.3 SISTEMA DE EVALUACIÓN LEED

El Consejo de construcción sostenible de Estados Unidos (USGBC, por sus siglas en inglés) fue fundado en 1993. Este consejo de construcción verde es el encargado de la creación de la norma LEED, publicando la primera versión piloto en 1999. En el 2000 se creó la norma LEED-NC versión 2 la cual aplica para nuevas construcciones con renovaciones mayores. En el 2008, se crea el Instituto de Certificación de Edificios Verdes (GBCI, por sus siglas en inglés); este instituto se convirtió en el encargado de otorgar las certificaciones LEED, permitiendo al USGBC encargarse de las actualizaciones y nuevas versiones de la metodología (Cole & Jose Valdebenito, 2013).

2.3.1 Generalidades

LEED es un programa de certificación de edificios verdes mediante la verificación por terceros, para el diseño, construcción y operación de edificios verdes de alto rendimiento y comunidades. Los sistemas de clasificación proporcionan a los propietarios y operadores de edificios las herramientas necesarias para lograr un efecto inmediato y medible en el desempeño de sus edificaciones. Mediante un enfoque holístico de la sostenibilidad, LEED reconoce el desempeño en la planificación y localización, desarrollo de sitios sostenible, ahorro de agua, eficiencia energética, selección de materiales, calidad en el ambiente interno, estrategias innovadoras, y la atención prioritaria a los problemas regionales (Quirós, 2014).

LEED se puede aplicar a cualquier etapa del ciclo de vida de una infraestructura, por lo que se han desarrollado distintos estándares a partir de las condiciones específicas de la obra a evaluar (U.S Green Building Council, 2015a):

1. LEED BD+C (Diseño de la edificación y su construcción, por sus siglas en inglés): Este sistema permite certificar nuevas construcciones o edificaciones que sufran remodelaciones mayores. Se certifican proyectos en las categorías de nueva construcción, obra gris y sistema mecánico, escuelas, centros comerciales, centros de salud, centros de información, almacenes y centros de distribución
2. LEED ID+C (Diseño de interiores y su construcción, por sus siglas en inglés): Aplica a un equipamiento completo de los interiores. Se certifican proyectos en las categorías de centros comerciales, interiores comerciales y hospitalidad.
3. LEED O+M (Operación y mantenimiento, por sus siglas en inglés): Certifica la operación y el mantenimiento de edificaciones existentes o renovaciones menores. Se certifican proyectos en las categorías de edificios existentes, centros de información, almacenes y centros de distribución, hospitalidad, centros comerciales y escuelas.
4. LEED ND (Desarrollo de comunidades, por sus siglas en inglés): Se aplica a los nuevos proyectos de desarrollo y proyectos de reurbanización que contienen usos residenciales, usos no residenciales, o una mezcla de estos. Los proyectos pueden ser certificados en cualquier etapa del proceso de desarrollo, desde la planificación conceptual hasta la fase de construcción. Se certifica en la categoría de plan o proyecto.
5. LEED-HOMES (Viviendas, por sus siglas en inglés): Se aplica a viviendas unifamiliares, multifamiliares de poca altura (de uno a tres pisos), o multifamiliares de mediana altura (cuatro a seis pisos).

2.3.2 Criterios de evaluación de LEED O+M: EB V4

LEED O+M: EB brinda una guía a los propietarios y operadores de edificaciones, para medir en una escala coherente, el funcionamiento, mantenimiento y mejoras, con el objetivo de maximizar el desempeño operativo del edificio y reducir al mínimo los impactos ambientales que este genera (Castro, 2012). La metodología establece programas de limpieza, reciclaje,

mantenimiento de exteriores y actualización de sistemas; que complementan la operación normal del edificio.

Actualmente aún se encuentra vigente el sistema de evaluación LEED-EB 2009, pero existe la cuarta versión de LEED O+M: EB, la cual fue elaborada en el 2013. Esta nueva versión cuenta con ocho categorías de evaluación, una más que la norma del 2009; además cuenta con 12 pre-requisitos, tres más que LEED-EB 2009 (Lusk & Kaplow, 2014), el detalle se muestra en el Cuadro 2.1. Esta nueva versión es más exigente en las distintas categorías, especialmente en la categoría de Energía y Atmosfera, ya que se exige niveles de eficiencia energética muy altos.

Cuadro 2.1 Áreas de evaluación del sistema LEED O+M: EB V4. (U.S Green Building Council, 2013)

Áreas		Especificaciones		
Nombre	Acrónimo	Pre-requisito	Créditos	Puntuación
Locación y transporte	LT	0	1	15
Sitios sustentables	SS	1	6	10
Uso eficiente del agua	WE	2	4	12
Energía y atmósfera	EA	4	8	38
Materiales y recursos	MR	2	5	8
Calidad ambiental interior	EQ	3	10	17
Innovación	IN	0	2	6
Prioridad regional	RP	0	1	4
Total		12	38	110

Para ser sometido a la evaluación mediante el sistema LEED O+M: EB V4, la infraestructura debe cumplir con los 12 pre-requisitos obligatorios establecidos en la guía. Una vez garantizado el cumplimiento de cada uno de esto pre-requisitos se procede a establecer estrategias para alcanzar los puntajes posibles de los créditos, una vez concluido se contabiliza el puntaje obtenido por la edificación hasta un puntaje máximo de 110 puntos.

El sistema LEED O+M: EB V4 establece niveles de certificación mediante rangos, así, si un proyecto obtiene entre 40 y 49 se le otorga una certificación básica, si consigue entre 50 y 59 puntos se recibe una certificación plata, si alcanza entre 60 y 79 puntos se le asigna una

certificación oro y si su puntaje está entre los 80 y 110 puntos se le confiere una certificación platino (U.S Green Building Council, 2013).

2.3.3 Beneficios del uso de LEED para certificar edificios existentes en operación y mantenimiento

LEED está diseñado para hacer frente a los retos ambientales al mismo tiempo que responde a las necesidades de un mercado competitivo. Alcanzar la certificación mediante la norma demuestra el liderazgo, la innovación, la gestión ambiental y la responsabilidad social de una infraestructura. LEED permite mejorar inmediatamente el desempeño del edificio, mientras proporciona espacios saludables para los ocupantes del edificio.

Los edificios certificados por LEED, están diseñados para obtener los siguientes beneficios (U.S Green Building Council, 2013):

1. Menores costos de operación y aumento de valor de los activos.
2. Se evita la intervención de nuevas áreas para la construcción.
3. Reducción de la cantidad de residuos enviados a los rellenos sanitarios.
4. Conservación de la energía y el agua.
5. Entornos más saludables y productivos para los ocupantes del edificio.
6. Reducción de las emisiones de gases invernadero.
7. Participación en programas de incentivos gubernamentales por el alto desempeño de la infraestructura a nivel ambiental, cuando aplique.

Se estima que los edificios certificados LEED reducen dependiendo de la categoría de certificación obtenida, entre un 20% a un 40% del consumo de energía, un 30% a 50% del consumo de agua, un 40% de la disminución de los residuos generados y una disminución de entre 25% a 40% de las emisiones de GEI generadas; traduciéndose en una disminución de los costos operacionales de la edificación. Un edificio certificado LEED aumenta la productividad de los ocupantes en un 27%, presentando niveles de satisfacción más altos por parte de los ocupantes.(Ruíz & Esarza, 2014)

A nivel internacional, algunos ejemplos de edificaciones certificadas son el Joe Serna Jr, edificio sede de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, ubicado en

California; este edificio ha aumentado un 34% su eficiencia energética y ha conseguido desviar más de 200 toneladas de residuos de los vertederos de basura al aplicar una gestión integral de los residuos sólidos generados y ha alcanzado un aumento en sus activos de \$12 millones. El One Boston Place ubicado en Boston recibió la certificación oro de LEED EB, esta edificación ha logrado un ahorro de 12 millones de galones de agua por un año, una reducción de la energía eléctrica del 12% y ha desviado el 70% de los residuos destinados a vertederos de basura (Castro, 2012).

En Latinoamérica, en el 2010 el edificio central de HSBC en Argentina recibió la certificación oro de LEED EB, este edificio ha aumentado un 30% su eficiencia energética y ha logrado reciclar un 53% de los residuos sólidos generados. En Colombia, el edificio sede de Bancolombia también ha recibido la certificación oro de LEED-EB: O&M 2009, este edificio ha logrado un ahorro energético del 50% gracias al manejo del flujo de aire y la luz natural. El edificio Coca-Cola ha obtenido la certificación oro de LEED-EB: OM y el hotel City Express ha logrado la certificación plata de LEED-EB: OM; ambos edificios se ubican en México y han logrado beneficios tales como un ahorro de hasta un 40% en agua, un ahorro energético mayor al 30% y una reducción de hasta el 70% en la generación de residuos (Eaton, 2006).

3 METODOLOGÍA

En esta sección se realizará una breve descripción de la edificación evaluada, además de mostrar la metodología empleada para la obtención de los resultados generados durante el desarrollo de este proyecto.

3.1 EDIFICIO BAJO ESTUDIO

La Municipalidad de Heredia cuenta con cinco propiedades; el plantel municipal, el edificio administrativo, el palacio municipal, el mercado Municipal y el cementerio central. Los edificios están situados en diferentes terrenos distribuidos en la provincia de Heredia, al ser propiedades ubicadas en zonas diferentes deben ser evaluadas individualmente para alcanzar una certificación mediante el sistema de evaluación LEED. El edificio administrativo es el edificio en donde se desarrollan la mayoría de las operaciones administrativas de la Institución, además es el más visitado por los usuarios. Por esta razón se seleccionó dicho edificio para ser evaluado en el presente estudio.

El edificio administrativo de la Municipalidad de Heredia tiene una superficie total construida de 3200 m², el terreno tiene un área de 1580 m² y cuenta con 63 m² de área verde. Es un edificio de dos plantas, entre las principales características estructurales se destacan los pilares de hormigón y acero, las vigas de acero, las paredes de concreto y los techos son de láminas de zinc galvanizado. El horario de operación es de lunes a viernes de 7:00am a 4:00pm, existen 124 funcionarios regulares. La institución al ser una entidad gubernamental que ofrece servicios a la comunidad, cuenta con una gran cantidad de clientes que la visitan a diario el promedio de clientes diarios es de 300 personas/día. En la Figura 3, se presenta la localización del edificio en el centro de la ciudad.

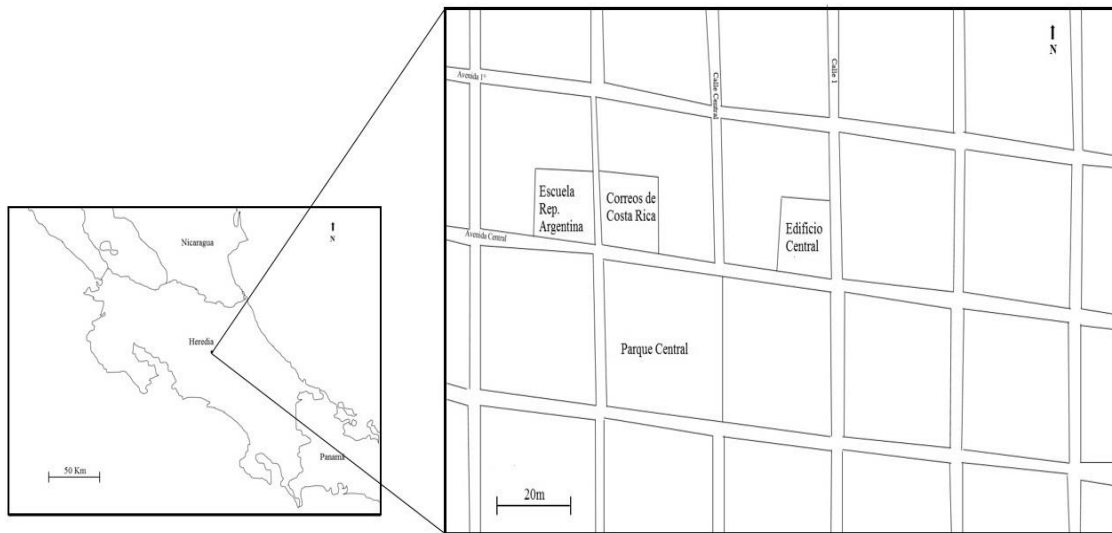


Figura 3.1 Ubicación de la edificación en estudio en el distrito Heredia del cantón Heredia de Heredia, Costa Rica

3.2 EVALUACIÓN DEL PROYECTO EN OPERACIONES Y MANTENIMIENTO MEDIANTE LA NORMA LEED PARA EDIFICACIONES EXISTENTES VERSIÓN CUATRO

Para la evaluación de la sostenibilidad de la edificación, se utilizó la versión cuatro del sistema de evaluación LEED para certificar en operaciones y mantenimiento edificaciones existentes. Esta metodología mide el desempeño ambiental de un edificio en ocho distintas categorías de evaluación. Cada categoría contiene prerrequisitos que se deben cumplir obligatoriamente, además cuentan con créditos cuyo cumplimiento otorga puntos al proyecto permitiendo alcanzar la certificación de este.

Inicialmente en esta fase se estudió y analizó la guía de referencia LEED O+M: EB V4 en la cual se detallan los prerrequisitos y créditos que debe alcanzar una edificación para obtener la certificación. Se evaluó cada requerimiento para determinar si este es potencialmente alcanzable y se propusieron estrategias para el cumplimiento de estos para cada categoría de evaluación. Los requerimientos y metodología utilizada para proponer estrategias para el cumplimiento de los créditos que se consideraron alcanzables se detalla en el Apéndice 1, a continuación se resumen las estrategias realizadas para el análisis de cada categoría de evaluación:

3.2.1 Locación y transporte

Esta categoría se compone únicamente por un crédito que permite alcanzar un total de 15 puntos. Para alcanzar el crédito se realizó una encuesta a los ocupantes de la edificación para determinar los patrones de desplazamiento, estas se realizaron durante la primera semana de septiembre. La encuesta se realizó tanto a los funcionarios de la Institución como a los visitantes.

En el caso de los visitantes se tomó una muestra de 172 personas, esto según lo establecido por la guía de referencia, se les preguntó acerca del modo de desplazamiento que utilizaron ese día para trasladarse a la institución. La encuesta realizada a los funcionarios se realizó al final de la semana laboral durante la primera semana de septiembre, este se hizo vía correo electrónico. Se les preguntó el medio de transporte utilizado cada día de la semana para trasladarse a la institución. Posteriormente, se determinó la tasa de desplazamientos alternativos para la Institución y se establecieron estrategias para incentivar el uso de medios de transporte alternativo.

3.2.2 Sitios sustentables

En esta categoría se evaluó el plan de gestión ambiental actual del sitio, y se propusieron estrategias que permitieran cumplir con los requerimientos establecidos en los prerrequisitos y créditos para mejorar la gestión del sitio actual. Además se diseñó un sistema de captación de agua de lluvia según los requerimientos establecidos para mejorar el manejo del agua de lluvia del sitio.

3.2.3 Uso eficiente del agua

En esta sección se elaboró una línea base para estimar el consumo de agua de la plomería de la edificación, además se propusieron cambios en la plomería actual que permitieran mejorar la eficiencia actual del sistema, se realizó un estudio económico para justificar el proyecto. Igualmente se calculó el consumo de agua en las áreas verdes, para esto se realizó una identificación de las especies y tipos de planta de las zonas de paisajismo, y se determinó la línea base utilizando la herramienta de presupuesto de agua WaterSense de la Agencia de protección ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés).

3.2.4 Energía y Atmosfera

En esta categoría se analizaron los diferentes sistemas de consumo de energía de la edificación, incluyendo el análisis del mantenimiento preventivo que se les brinda. Se analizaron los patrones de consumo actual del edificio y evaluaron estrategias que permitan la reducción de este. En la parte de atmosfera se evaluaron las unidades de aires acondicionados utilizadas en la institución, los tipos de refrigerantes que estas utilizan y se determinó el impacto atmosférico de estos.

3.2.5 Materiales y recursos

En esta sección se evaluó los patrones de compras continuas, bienes duraderos, equipamientos que tiene la institución actualmente. Se propusieron políticas y protocolos que permitan aumentar el porcentaje de compras sostenibles en la institución. Además se evaluó la gestión actual de residuos y se establecieron protocolos para lograr una correcta gestión de estos.

3.2.6 Calidad del ambiente interno

En esta sección se realizó una encuesta a los ocupantes regulares de la institución para evaluar el nivel de satisfacción de estos respecto a su área de trabajo; en la encuesta se evaluó el confort de los usuarios con respecto al nivel de iluminación, la temperatura del área, la limpieza del edificio y el nivel de ruido. Se realizaron mediciones de CO₂, Temperatura y humedad relativa mediante un equipo portátil, para evaluar la calidad de la ventilación de las áreas de trabajo; estas se realizaron con un equipo portátil para medir dióxido de carbono y humedad marca EXTECH, proporcionado por el Laboratorio de Ingeniería Ambiental del TEC, se realizaron tres mediciones en cada área y el valor reportado es el promedio de las mediciones realizadas. Además, se establecieron protocolos de compras de productos de limpieza para reducir el uso de químicos en la institución y mejorar la calidad del ambiente interior.

3.2.7 Innovación

En la sección de innovación se propuso una estrategia que permita lograr una eficiencia medioambiental relevante. La propuesta permite mantener el confort acústico de la zona de

trabajo, esta medida se cumple actualmente y se seleccionó para evitar proponer estrategias que impliquen algún tipo de inversión.

3.3 ESTIMACIÓN DE LA PUNTUACIÓN Y NIVEL DE CERTIFICACIÓN OBTENIDA POR LA EDIFICACIÓN

Se estimó la puntuación máxima que podría alcanzar el proyecto de ser implementados todas las estrategias propuestas para el alcance de los créditos. Se analizaron los puntos adicionales que podrían obtener por realizar el proceso de certificación bajo la dirección de un profesional LEED AP y la obtención de puntos extra por cumplir con los créditos de prioridad regional.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ESTRATEGIAS PROPUESTAS PARA CUMPLIR CON LOS REQUISITOS DEL SISTEMA DE EVALUACIÓN LEED O+M: EB VERSIÓN 4.

En esta sección se analiza la viabilidad de cumplimiento de cada crédito o prerrequisito para el edificio administrativo de la Municipalidad Heredia y se proponen estrategias que de ser implementadas permitirán cumplir los requerimientos solicitados por la norma.

4.1.1 Ubicación y transporte (LT)

4.1.1.1 LT Crédito 1. Transporte alternativo

El promedio de clientes que asisten diariamente a la edificación es de 300 personas, este número supera la cantidad de funcionarios la cual es de 124 personas. Por lo que, se realizaron dos encuestas distintas para determinar los modelos de desplazamiento de las personas a la edificación, una para ocupantes regulares y otra para los visitantes diarios. Los resultados obtenidos en el caso de los ocupantes regulares del edificio se ilustran en la Figura 4.1.

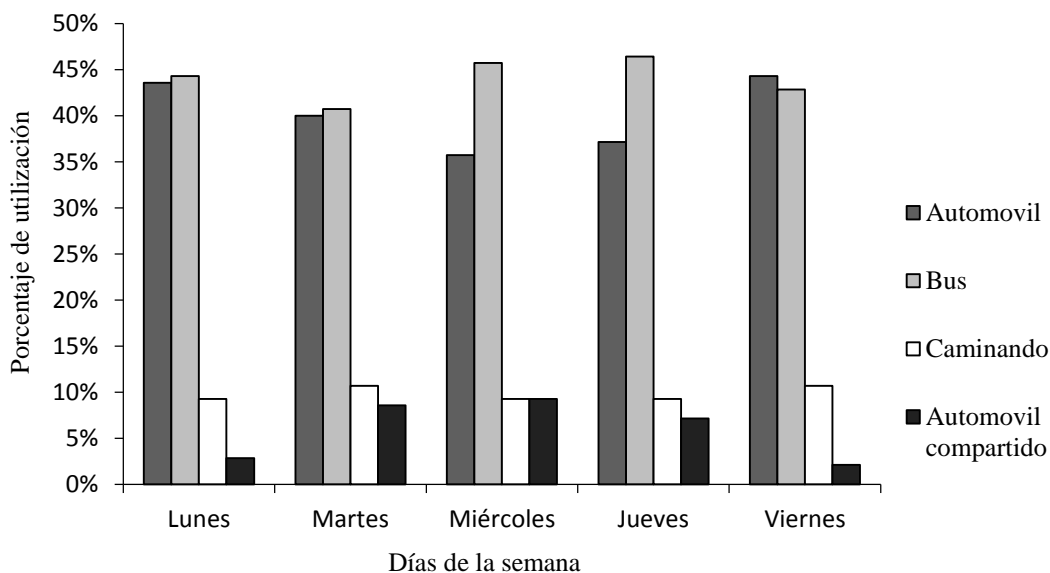


Figura 4.1. Distribución de los patrones de desplazamiento de los funcionarios de la Municipalidad de Heredia

En la Figura 4.1, se puede apreciar que el porcentaje de uso del automóvil para desplazarse al lugar de trabajo es menor al 45%. Esta característica se relaciona con el hecho que el parqueo disponible para los funcionarios es pequeño y no posee espacios suficientes para

todos, por lo que muchos prefieren utilizar medios alternativos de transporte. En total 70 personas respondieron la encuesta, lo que representa el 56,5% de los funcionarios. El resumen de los resultados obtenidos se detalla en el Cuadro 4.1:

Cuadro 4.1 Resumen de Patrones de desplazamiento de los funcionarios de la Municipalidad

Parámetro	Resultado
Tasa de respuesta de los funcionarios a la encuesta	56,5%
Tasa de transporte alternativo de los funcionarios que respondieron la encuesta	59,8%
Estimación del número de viajes realizados vía transporte alternativo de los funcionarios que no respondieron la encuesta	244
Total de viajes realizados por los funcionarios durante la semana	1240
Total de viajes realizados mediante transporte alternativos	663
Tasa de transporte alternativo de los ocupantes regulares	53,5%

Los medios de transporte alternativo usados actualmente por los funcionarios son el transporte público, los medios de tracción humana como caminar y en menor porcentaje los vehículos compartidos. La tasa de transporte alternativo actual de estos es de 53,5%. Para los visitantes se realizó la encuesta a 172 personas En la encuesta se les preguntó los medios de transporte utilizados para trasladarse a la institución. Los resultados se ilustran en la Figura 4.2.

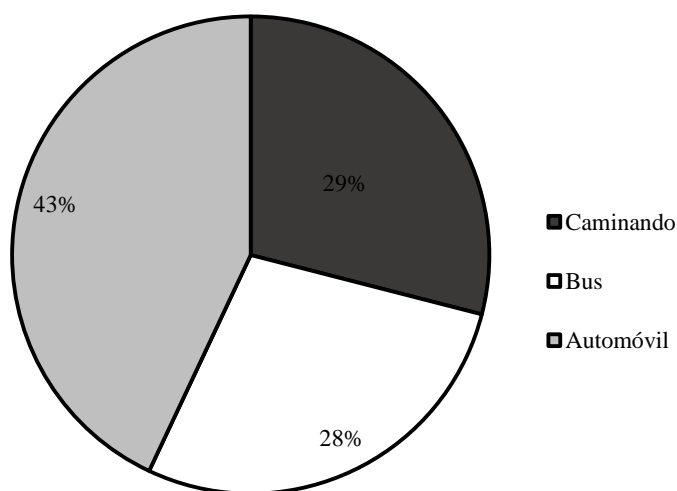


Figura 4.2 Distribución de los patrones de desplazamiento de los clientes de la Municipalidad de Heredia

El total de viajes realizados por los clientes fue de 344 de los cuales un 57% se realizaron utilizando medios de transporte alternativo. Según los resultados de las encuestas a funcionarios y clientes, se obtuvo una tasa global de transporte alternativo para la institución de 56%. De acuerdo a lo establecido en la guía de referencia de LEED O+M: EB versión 4, si se obtiene un porcentaje de uso de transporte alternativo de entre 55%-60% se le otorgarán 12 puntos al proyecto.

Se pueden implementar programas de estímulo a los funcionarios que permita que la tasa de transporte alternativo de estos se incremente. Implementar programas como una sección en la página web de la Municipalidad que fomente el uso de vehículo compartido, esta página permitiría mejorar la comunicación entre los usuarios y establecer rutas para que los participantes puedan compartir el viaje al trabajo. Este tipo de medida establecería incentivos tales como que los participantes cuenten con puestos preferenciales en el parqueo, además de reducir el estrés y la contaminación generada por viajar solo en un vehículo. Se establecería un indicador de emisiones de CO₂ reducidas, que permita ilustrar a los participantes como sus acciones ayudan a la reducción de la contaminación.

También se pueden establecer un programa que incentive el uso de bicicleta, ya que muchos colaboradores viven cerca del lugar del trabajo. Este tipo de medida puede formar parte del programa de salud y bienestar mental de la institución; se les puede otorgar algún incentivo al final del mes a los participantes del programa. Al igual que el programa anterior se puede utilizar el mismo indicador para ilustrar el aporte ambiental que estos generan al usar este tipo de programas. En la encuesta realizada se les preguntó a los funcionarios si estarían interesados en participar en alguna de estas alternativas, un 34% estarían interesados en utilizar una página web que fomente el vehículo compartido y un 41% estarían interesados en un programa que incentive el uso de la bicicleta.

Finalmente, se recomienda que los encargados de la implementación del proyecto sean un profesional LEED AP, el jefe del departamento gestión ambiental de la Municipalidad y el departamento de informática de la Municipalidad.

4.1.2 Sitios sustentables (SS)

4.1.2.1 SS Prerrequisito 1. Políticas del manejo del sitio

La Municipalidad de Heredia ha estado trabajando en el Programa de Gestión Ambiental Institucional (PGAI), los compromisos ambientales que se han contemplado dentro de la política ambiental vigente se exponen en el Cuadro 4.2. Los objetivos, metas e indicadores establecidos para el cumplimiento de los compromisos ambientales se detallan en el Anexo 2.

Cuadro 4.2 Síntesis de compromisos ambientales (Tapia & Araya, 2014)

Factor Ambiental	Compromisos
Gestión del aire (Cambio climático)	Crear un plan de huella de carbono en la Municipalidad de Heredia con el propósito de reducir la contaminación atmosférica Desarrollar acciones de mitigación en el sector transporte de la Municipalidad de Heredia para reducir las emisiones atmosféricas Mantener aquellas operaciones de la Instituciones dentro de los límites permisibles ruido, vibraciones y emisiones nocivas al ambiente y a la salud de conformidad a la normativa nacional
Gestión del recurso hídrico	Desarrollar un plan de gestión integral del recurso hídrico en la Municipalidad de Heredia de Heredia
Gestión de suelo y residuos sólidos	Crear un plan para la gestión integral de residuos sólidos para la Municipalidad de Heredia de Heredia Crear un programa para el adecuado manejo de materiales y sustancias peligrosas y/o especiales Implementar un plan para la disminución en el uso de papel dentro de las áreas administrativas municipales
Gestión de la energía	Crear un plan para la gestión eficiente de la energía eléctrica en la Municipalidad de Heredia
Adquisición de bienes (compras sustentables)	Asegurar la aplicación de criterios ambientales en las adquisiciones realizadas y gestionadas en la Municipalidad de Heredia de Heredia
Manejo de sustancias químicas	Gestionar los planes de salud ocupacional y de emergencias de la Municipalidad de Heredia

La municipalidad de Heredia ha venido trabajando en un plan de gestión ambiental del sitio, por lo que se deben realizar pequeñas modificaciones a este plan para cumplir con lo establecido en los requerimientos de este prerrequisito. En la sección de gestión de la contaminación atmosférica, las emisiones directas de GEI que se generan en la Municipalidad se dan por el uso de los vehículos oficiales, la utilización de las unidades de aire

acondicionado y la planta de generación eléctrica. Las medidas propuestas actualmente para controlar este aspecto ambiental concuerdan con los requerimientos de este prerrequisito, sin embargo, se puede evaluar el uso de combustibles alternativos, mientras se sustituye la flotilla vehicular por vehículos híbridos o eléctricos para disminuir las emisiones generadas en la actualidad. Además se debe evaluar el cambio de los aires acondicionados cuyo refrigerantes contengan Clorofluorocarbonados (CFC) o hidroclorofluorcarbonados (HCFC), este tema será ampliado en la sección de energía y atmósfera.

En el caso de la gestión del recurso hídrico, en el prerrequisito de reducción del consumo interior se han propuesto alternativas de cambio de la plomería interna para lograr un ahorro mayor en el consumo de agua y en el crédito de reducción del consumo de agua exterior se han propuesto medidas para mejorar la irrigación de las áreas verdes; ambas medidas deberían incluirse en los compromisos del PGAI. Además de las medidas ambientales que ya se proponen en el PGAI, se deben de realizar campañas de concientización sobre el ahorro del recurso hídrico y realizar protocolos de limpieza que eviten el desperdicio de agua.

En la gestión energética, es importante realizar la auditoría energética que solicita el apartado de Energía y Atmósfera del sistema de evaluación LEED O+M: EB V4, ya que esta auditoría permitiría encontrar puntos críticos en los cuáles se puede mejorar la eficiencia energética. Además del estudio de factibilidad establecido en el PGAI, que se realizará para evaluar el cambio de equipos con desempeño energético bajo por unidades más eficientes, es importante asignar un plazo para el cumplimiento de este programa, este debe ser asignado con ayuda del equipo de comisionamiento establecido en la categoría de Energía y Atmósfera.

En el caso de las compras sostenibles se debe realizar una política de compras que permita asegurar el cumplimiento de los criterios establecidos en el PGAI, esto se abordará con más detalle en la sección de Materiales y Recursos. La gestión de residuos sólidos debe incluir la gestión de los residuos peligrosos como luminarias y baterías, ya que, estos, actualmente se contemplan como residuos ordinarios que se disponen en un relleno sanitario. Según la norma estos deben de ser desviados de los rellenos y tratados por un gestor autorizado por el Ministerio de Salud.

En el caso de futuras remodelaciones de la edificación, la compra de materiales de construcción debe seguir los criterios establecidos en la política de compras sostenibles, este tema ser profundizado en la categoría de Materiales y recursos (MR). Los materiales de construcción deben de calcularse de acuerdo a la cantidad real que se va a utilizar; si se establece un porcentaje adicional por desperdicio, este no deberá ser mayor al 8% (Vega, 2015), esto con el fin de reducir los residuos generados. Al añadir estas secciones al plan de gestión ambiental institucional se estaría cumpliendo con los requerimientos de este prerrequisito.

Finalmente, se recomienda que los encargados de la implementación del proyecto sean el jefe del departamento Gestión Ambiental de la Municipalidad y los encargados de la ejecución del PGAI.

4.1.2.2 SS Crédito 1. Desarrollo del sitio-Protección o restauración del hábitat

El edificio de la Municipalidad de Heredia posee muy poco espacio verde, este se limita a las jardineras ubicadas en frente del edificio y las jardineras internas, en total se disponen de 63 m² de área de paisajismo.

La Municipalidad de Heredia al ser una institución encargada de la administración del cantón de Heredia, tiene un programa de reforestación de zonas susceptibles, como en áreas cercanas a captaciones de agua superficial (nacientes) y parques. Este programa cuenta con un presupuesto anual y las especies de árboles que se utilizan para la reforestación son nativas de la región.

El área del terreno de la Municipalidad de Heredia es de 1580 m² contemplando la huella del edificio y el área verde, por lo que el apoyo financiero que debe brindar anualmente es de \$790 (Aproximadamente ¢434,500.00, tipo de cambio utilizado \$1 es igual a ¢550). El presupuesto otorgado en el 2015 a la reforestación fue de ¢ 2, 900,000.00; por lo que actualmente se cumple los requerimientos de este crédito, por lo que se obtiene un punto en esta sección.

Finalmente, se recomienda que los encargados de la implementación del proyecto sean el jefe del departamento gestión Ambiental de la Municipalidad, los encargados de la elaboración

del presupuesto ordinario de la Municipalidad de Heredia y el encargado del plan anual de reforestación.

4.1.2.3 SS Crédito 2. Manejo de las aguas pluviales

En la Figura 4.3 se ilustran las cubiertas de la segunda planta del edificio administrativo de la Municipalidad de Heredia, la zona A es la zona que se ha seleccionado como zona para un sistema de captación de agua pluvial, esta decisión se tomó debido a que la zona B y C se han preseleccionado para la instalación de un sistema de generación de energía solar mediante paneles fotovoltaicos.

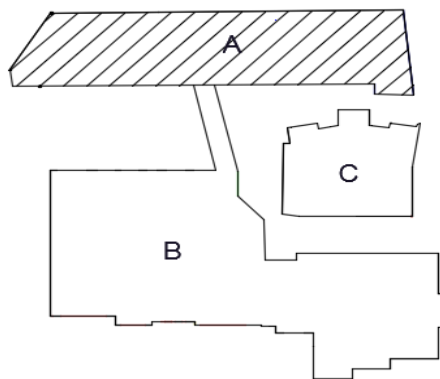


Figura 4.3 Selección de techos para sistema de cosecha de agua de lluvia

El área que representa la zona A de las coberturas es de 300 m^2 , esta corresponde a un 25% de zona techada del edificio. El agua recolectada mediante el sistema de cosecha de agua de lluvia deberá sustituir el uso de agua potable en labores de jardinería, limpieza externa y lavado de vehículos; el consumo de agua en labores de jardinería es de $5,3 \text{ m}^3/\text{mes}$ según lo estimado en el WE Crédito 1.

Los componentes de un sistema de captación de agua de lluvia son: captación, recolección, conducción, almacenamiento, tratamiento y distribución. La captación está constituida por el techo del edificio, este debe de tener una pendiente no menor al 5% en dirección a las canaletas de recolección de agua de lluvia, característica que se cumple actualmente (Reyes & Rubio, 2014). Los coeficientes de escorrentía son muy importantes en el momento del diseño del sistema de captación, estos determina la proporción de lluvia real que produce escorrentía superficial, este coeficiente depende del tipo de superficie (Estupiñán & Zapata,

2010); en este caso la cubierta es lámina estructural esmaltada la cual tiene un coeficiente de escorrentía de 0,85 (Calking, 2012).

La recolección y conducción se realizarán mediante las canaletas adosadas en los bordes más bajos del techo, el agua se acumulará en estos canales antes de caer al suelo mediante el sistema de bajantes. Las canaletas deben de tener una especie de filtro o malla para retener residuos sólidos gruesos como hojas y así evitar taponamientos. El tratamiento tiene como función remover partículas que no fueron retenidas en las mallas del sistema de conducción, mediante un proceso de sedimentación y el acondicionamiento bacteriológico bajo un principio de filtración de hasta 5µm (Reyes & Rubio, 2014).

Los datos climáticos utilizados para el diseño del sistema corresponden a la estación 111 ubicada en Santa Lucía de Barva, se escogió esta por su cercanía al proyecto (Instituto Meteorológico Nacional, 2013). En el cuadro 4.3 se detalla el volumen de agua de lluvia que se puede recolectar por mes según las condiciones precipitación de la zona, el coeficiente de escorrentía y el área destinada a la captación

Cuadro 4.3 Volumen de agua que se puede captar por mes

Mes	Precipitación total media (mm)	Volumen tanque (m ³)
Enero	18,00	5,13
Febrero	23,80	6,78
Marzo	44,80	12,77
Abril	112,80	32,15
Mayo	330,80	94,28
Junio	329,90	94,02
Julio	214,80	61,22
Agosto	274,60	78,26
Septiembre	417,90	119,10
Octubre	445,20	126,88
Noviembre	193,00	55,01
Diciembre	53,10	15,13

Se propone la instalación de un tanque de 11 m³ para que el sistema sea rentable, ya que aunque se puede recolectar una cantidad mayor cada mes, la tarifa de agua potable es muy baja lo que hace que un sistema más grande no sea rentable para la institución; se propone

que el sistema sea utilizado para sustituir el agua de jardinería, limpieza interna y además puede ser utilizado para alimentar las fuentes de agua potable que utilizan los usuarios. Se propone la implementación de un sistema de RainWater Pillow, de 11 m³, este es un sistema de captación de bajo impacto y cuenta a la vez con la certificación de producto de la Cuna a la Cuna, su costo es de ¢6.171.000,00; incluyendo el precio de instalación, los detalles del producto se encuentran en el Apéndice 2. La realización de un sistema de cosecha de agua que recolecte el agua del 25% de las cubiertas permite obtener un puntaje de 3 puntos.

Finalmente, se recomienda que los encargados de la implementación del proyecto sean el jefe del departamento gestión ambiental de la Municipalidad, la empresa encargada del sistema de cosecha de agua de lluvia y el profesional LEED AP.

4.1.2.4 SS Crédito 3. Reducción del efecto isla de calor

El área total de la zona techada es de 1195 m², el tipo de cubierta que tiene actualmente es lámina estructural esmaltada de color blanco. Se planean instalar un sistema de generación de energía solar que cubrirá un área de 505 m² de los techos, según lo ilustrado en la Figura 4.3 del crédito anterior. De acuerdo a lo establecido en la norma LEED O+M: EB versión 4, si una parte del área techada está cubierta con paneles de energía solar, se debe deducir estas áreas de la superficie total de cubiertas del proyecto. Por lo que el área total de cubiertas para efectos de este crédito es de 690 m².

Los valores de reflectancia solar (SRI, por sus siglas en inglés) deben de ser probados en cada producto por el fabricante, en caso de que estos aún no hayan sido determinados, se pueden usar la información de la base de datos del Laboratorio Nacional de Techos Frescos de Lawrence Berkeley, algunas de estos datos se especifican en el Cuadro 4.4:

Cuadro 4.4 Valores de SRI para distintos materiales de cobertura. (Lawrence Berkeley National Laboratory, 2000)

Material	Reflectancia solar	Aumento de temperatura (°F)	Valor de SRI
Monómero de etileno propileno dieno (EPDM) de color gris	0,23	68	21
Teja asfáltica gris	0,22	67	22
Baldosas de concreto no pintadas	0,25	65	25
Baldosas de arcilla roja	0,33	58	36
Revestimiento de aluminio	0,61	48	50
Techos metálicos con cobertura de pintura blanca	0,67	28	82
Una capa de revestimiento blanco de 8 milésimas de pulgada	0,80	14	100
PVC de color blanco	0,83	11	104
Paneles metálico pre-pintado de color blanco	0,70	25	84

Según el Cuadro 4.4, el valor de SRI de las láminas estructurales esmaltadas de color blanco es de 84. Por lo que actualmente se cumple con los requerimientos de este crédito, sin embargo para que el punto sea otorgado, se debe documentar la información con la hoja del fabricante.

Finalmente, se recomienda que los encargados de la implementación del proyecto sean el profesional LEED AP y la arquitecta de la Municipalidad de Heredia.

4.1.2.5 SS Crédito 4. Reducción de la contaminación lumínica

El edificio de la Municipalidad de Heredia es una edificación esquinera, por lo que es iluminada por los postes de alumbrado público; este no forma parte del proyecto ya que se encuentra fuera de la frontera de evaluación de LEED. La edificación cuenta solamente con dos faroles en el jardín externo, estos no emiten luz directamente en un ángulo vertical mayor a 90 grados de la línea horizontal. Por estas características se cumple actualmente los requisitos de este crédito, obteniendo un punto.

Finalmente, se recomienda que el encargado de la implementación del proyecto sea el profesional LEED AP.

4.1.2.6 SS Crédito 5. Manejo del sitio

Para el cumplimiento de este crédito se deben implementar ciertos compromisos ambientales y estos deben ser incluidos en el plan de gestión ambiental del edificio. Las medidas ambientales que se deben incluir en el PGAI se describen en el Cuadro 4.5.

Cuadro 4.5 Compromisos ambientales que deben incluirse en el Programa de Gestión del sitio.

Proyecto	Aspecto ambiental	Medidas ambientales
Proyectos de Remodelación	Erosión del suelo	-Delimitar el área de la remodelación, mediante algún tipo de membrana (geotextil no tejido), para evitar la erosión de los suelos cercanos.
	Contaminación Atmosférica	-Evitar realizar remodelaciones en período de verano, para disminuir la generación de material particulado -Humedecer el área de construcción para evitar el levantamiento de material particulado -Verificar el uso de equipo de protección en el personal que realiza la construcción
	Almacenaje de materiales	-Colocar contenciones a los materiales que posean algún tipo de aceite como pintura, entre otros. Para en caso de derrame darle un tratamiento adecuado a los residuos. -Asegurarse que cada producto esté debidamente etiquetado y cuente con su hoja de seguridad en un lugar de fácil alcance. -Evitar colocar productos como solventes, pinturas en envases de bebidas, para evitar los accidentes laborales.
	Separación de residuos generados en la construcción	-Durante el planeamiento de la obra, solicitar listas de materiales, que contengan las hojas de seguridad de los materiales para determinar la disposición final más oportuna de algunos materiales en específico, como en el caso de disolventes -Designar un espacio para el manejo de los residuos que no esté alejado del sitio de la obra, en donde los constructores puedan llevar y clasificar los residuos -El manejo de los residuos sólidos que se sugiere se detalla en el Anexo 3.
Riego de áreas verde	Irrigación	-Cuando se realice la instalación de un sistema de irrigación, según lo propuesto de en WE Crédito 1. Se deben realizar inspecciones semanales para detectar fugas en el sistema, esta inspección deberá ser realizada por el encargado del sistema de riego.

Estas medidas deben ser implementadas en plan de gestión del sitio y se deben de realizar auditorías internas que permitan verificar su cumplimiento.

En el Cuadro 4.10 se puede ver los tipos de planta que componen los jardines, se puede observar que tanto los jardines externos como internos no contienen césped, por lo que se cumple con el requerimiento adicional establecido por la guía. El cumplimiento de este crédito otorga un punto al proyecto.

Finalmente, se recomienda que los encargados de la implementación del proyecto sean el jefe del departamento gestión ambiental de la Municipalidad, la encargada de la Gestión de los Residuos Sólidos de la Municipalidad de Heredia y un Profesional LEED AP.

4.1.2.7 SS crédito 6. Plan de mejora del sitio

Para el elemento hidrología, se cuenta actualmente con el plan de reforestación que se mencionó anteriormente en el SS crédito 1, este está orientado a la protección de los cuerpos de agua de la zona, preservando la zona de recarga acuífera de la zona. Además se han evaluado las oportunidades de reutilización de las aguas pluviales en el crédito SS crédito 2, su implementación está sujeta al presupuesto de la Municipalidad. La reducción del consumo de agua potable interno se evaluó en el WE prerrequisito 1, de ser efectuadas las medidas ya mencionadas se lograría una reducción del 48,6 %.

La vegetación fue identificada en el WE crédito 1 esta se detalla en el cuadro 4.10. En este cuadro se puede apreciar que las jardineras no contienen césped. Sin embargo, en el caso de los suelos, es difícil de realizar una documentación de la estructura general del suelo ya que las áreas verdes que posee el edificio son jardineras con áreas muy pequeñas, lo que dificulta la realización de este. Para alcanzar este crédito se debe contar con un 5% como mínimo de área verde, este requisito no se cumple ya que el porcentaje de área verde disponible es de 3,9%. Por esta razón, este crédito no se considera alcanzable, sin embargo gran parte de lo que se solicita en este si se realizará, mejorando la situación actual del sitio.

Uso eficiente del agua (WE)

4.1.2.8 WE Prerrequisito 1. Reducción del consumo de agua en el interior

El edificio administrativo de la municipalidad de Heredia no cuenta con un medidor que registre el consumo de la plomería interna de las instalaciones; por lo que se calculó el consumo de la plomería interna utilizando los consumos unitarios del Código Internacional de Plomería (IPC, por sus siglas en inglés)

La edificación a pesar de ser construida en una fecha anterior a 1995, ha sufrido muchas renovaciones mayores y todas las piezas sanitarias fueron renovadas después de esta fecha, por lo que se debe alcanzar una eficiencia del 20% sobre la línea base determinada con los consumos de IPC para alcanzar el prerrequisito.

El primer paso consistió en realizar un inventario de los accesorios existentes en el edificio, como se muestra en el Cuadro 4.6, en este inventario se identificaron las características de consumo unitario de cada instalación sanitaria. Actualmente la institución cuenta con piezas sanitarias de bajo consumo, como los son los inodoros de doble descarga.

Cuadro 4.6. Inventario de accesorios de plomería interna presentes en el edificio administrativo de la Municipalidad de Heredia.

Localización	Tipo de uso	Inodoros		Lavamanos		Orinal	Fregadero	Ducha
		Bajo Consumo	Normal	Bajo consumo	Normal			
Primer nivel	Privado	1	4	4	3	2	2	1
	Público	-	3	3	-	1	-	-
Segundo nivel	Privado	6	1	4	3	1	1	-
	Público	-	-	-	-	-	-	-
Total		7	8	11	6	4	3	1

Posteriormente, se determinó la población regular del edificio, la cual está compuesta por los ocupantes regulares del edificio y el promedio de clientes diarios. Los colaboradores de la municipalidad que laboran en este edificio corresponden a 124 usuarios del cuál el 50% corresponde a mujeres, el promedio de clientes que utilizan los servicios de la Municipalidad corresponde a 300 personas/día. En base a estos datos y las ecuaciones establecidas en la guía

de referencia LEED O+M: EB las cuales se detallan en el Apéndice 1, se calculó la línea base establecida en el Cuadro 4.7.

Cuadro 4.7. Línea base de consumo de agua para el Edificio administrativo de la Municipalidad de Heredia

Accesorio según tipo de usuario	Categoría de usuario	Consumo unitario (lpf)	Tiempo de uso (s)	Cantidad de usuarios	Usos diarios por usuario	Total usos diarios	Consumo diario (l/día)	Consumo anual (m ³ /año)
Inodoro (Mujer)	Funcionarios	6,0	N/a	62	3,0	186,0	1116,0	301,3
Inodoro (Hombre)	Funcionarios	6,0	N/a	62	1,0	62,0	372,0	100,4
Orinal (Hombre)	Funcionarios	3,8	N/a	62	2,0	124,0	471,2	127,2
Inodoro (Mujer)	Clientes	6,0	N/a	150	0,2	30,0	180,0	48,6
Inodoro (Hombre)	Clientes	6,0	N/a	150	0,1	15,0	90,0	24,3
Orinal (Hombre)	Clientes	3,8	N/a	150	0,1	15,0	57,0	15,4
Ducha	Funcionarios	9,5	300	124	0,1	12,4	589,0	159,0
Lavamanos	Funcionarios	1,9	30	124	3,0	372,0	353,4	95,4
Lavamanos	Clientes	1,9	30	300	0,2	60,0	57,0	15,4
Fregadero	Funcionarios	8,3	15	124	1,0	124,0	257,3	69,5
Total								956,6

El consumo de agua de la plomería interna de acuerdo a la línea base es de 79,7 m³/mes, para cumplir el prerequisite se debe de reducir el consumo en un 20%. La municipalidad actualmente ha invertido en inodoros de bajo consumo los cuáles tienen un consumo unitario de 4,8 litros/descarga. Además se ha instalado lavamanos del tipo Instaflush en algunos servicios sanitarios, sin embargo, estos solo representan una reducción en el tiempo de uso por el usuario, pero no logran una reducción significativa ya que tienen el mismo consumo unitario que los lavamanos normales.

Actualmente el consumo unitario de todos los lavamanos es de 2,5 galones/minuto (9,4 litros/minuto), este es mayor al que establece LEED O+M: EB V4 para calcular la línea base. El consumo de agua de acuerdo a los dispositivos que se tienen instalados actualmente es de

113,3 m³/mes, siendo un consumo mayor al de la línea base. Por lo que es necesario evaluar el cambio de los accesorios, por plomería de alta eficiencia, se proponen los siguientes cambios:

- Instalar aireadores en los lavamanos lo cuales reducirán el consumo unitario de la unidad a 0,5 galones/minuto.
- Colocar aireadores en los fregaderos que reduzcan el consumo a 1,5 galones/minuto.
- Ubicar un cabezal en la ducha que restrinja el flujo a 1,5 galones/minuto.
- Los orinales instalados actualmente no son de fluxómetro, debido a que la presión brindada por el sistema mecánico del edificio es insuficiente. Por lo que la mejor opción de reducción de consumo es colocar orinales secos. Estos permiten un ahorro del 100% en el consumo de agua, sin embargo es importante brindar el mantenimiento sugerido por el proveedor para evitar problemas de malos olores.
- Cambiar los inodoros existentes por unidades de bajo consumo, con un consumo unitario de 3 litros/descarga. Se propone cambiar también los de bajo consumo instalados, ya que estos tienen un consumo de 4,8 litros/descarga, el cual se considera alto para efectos de reducciones significativas.

El consumo de agua de implementarse las medidas propuestas sería de 40,9 m³/mes, según lo ilustrado en el Cuadro 4.8, se lograría una reducción del 48,6% de acuerdo con la línea base de LEED. Sin embargo, debido a que los accesorios instalados tienen un consumo mayor que el establecido en la línea base. Se lograría una reducción del 63,9% del consumo con respecto al consumo actual.

Cuadro 4.8. Consumo de agua utilizando plomería de alta eficiencia en el Edificio administrativo de la Municipalidad de Heredia

Accesorio según tipo de usuario	Categoría de usuario	Consumo unitario (lpf)	Tiempo de uso (s)	Cantidad de usuarios	Usos diarios por usuario	Total usos diarios	Consumo diario (l/día)	Consumo anual (m ³ /año)
Inodoro (Mujer)	Funcionarios	3,0	N/a	62	3,0	186,0	558,0	150,7
Inodoro (Hombre)	Funcionarios	3,0	N/a	62	1,0	62,0	186,0	50,2

Continuación del Cuadro 4.8

Accesorio según tipo de usuario	Categoría de usuario	Consumo unitario (lpf)	Tiempo de uso (s)	Cantidad de usuarios	Usos diarios por usuario	Total usos diarios	Consumo diario (l/día)	Consumo anual (m ³ /año)
Orinal (Hombre)	Funcionarios	0,0	N/a	62	2,0	124,0	0,0	0,0
Inodoro (Mujer)	Clientes	3,0	N/a	150	0,2	30,0	90,0	24,3
Inodoro (Hombre)	Clientes	3,0	N/a	150	0,1	15,0	45,0	12,1
Orinal (Hombre)	Clientes	0,0	N/a	150	0,1	15,0	0,0	0,0
Ducha	Funcionarios	5,7	300	124	0,1	12,4	353,4	95,4
Lavamanos	Funcionarios	0,5	30	124	3,0	372,0	353,4	95,4
Lavamanos	Clientes	0,5	30	300	0,2	60,0	57,0	15,4
Fregadero	Funcionarios	5,7	15	124	1,0	124,0	176,7	47,7
Total								491,3

La inversión necesaria para realizar el cambio por plomería de alta eficiencia es de ¢4.079.256, los detalles de este se desglosan en el Cuadro 4.9, según el estudio económico realizado para 10 años, el período de retorno de la inversión es de seis años. Aunque el ahorro en el consumo de agua es muy alto y la inversión es baja, el período de retorno es alto ya que el costo del metro cúbico de agua es bastante bajo, pero se justifica debido a la importancia del recurso hídrico.

Cuadro 4.9. Desglose de la inversión económica necesaria para colocar plomería de alta eficiencia.

Accesorio	Cantidad de unidades	Precio unitario	Precio Total	Ahorro consumo LEED (m ³ /año)	Ahorro real (m ³ /año)	Ahorro económico real
Inodoro	15	¢198.370,00	¢2.975.550,00	237,33	203,40	¢186.311,10
Orinal	4	¢255.887,00	¢1.023.548,00	142,61	142,61	¢130.634,42
Ducha	1	¢8.473,00	¢8.473,00	63,61	63,61	¢58.268,59
Lavamanos	17	¢3.300,00	¢57.450,00	0,00	437,40	¢400.658,40
Fregadero	3	¢4.745,00	¢14.235,00	21,76	21,76	¢19.933,99
Total			¢4.079.256,00	465,32	868,78	¢795.806,51

En el Apéndice 2 se detallan los detalles del estudio económico realizado, así como los detalles tanto técnico como los proveedores sugeridos para el cambio de los accesorios. El ahorro que se lograría es más alto que lo que solicita el prerrequisito pero este permitirá obtener puntos en el crédito 1 de reducción del consumo de agua en el interior.

Finalmente, se recomienda que los encargados de la implementación del proyecto sean el profesional LEED AP y el jefe del departamento Gestión Ambiental de la Municipalidad

4.1.2.9 WE Prerrequisito 2. Medición de consumo de agua por edificio

El edificio administrativo de la Municipalidad de Heredia es abastecido por la Empresa de Servicios Públicos de Heredia, se cuentan con dos medidores instalados. La sumatoria de los consumos registrados por los dos medidores representa el consumo total de agua del edificio. No se conoce exactamente las áreas del edificio que registra cada medidor, ya que uno de los medidores se colocó después de las ampliaciones realizadas al edificio y no existen planos de las instalaciones hidráulicas.

Se lleva un registro del consumo mensual del edificio desde el 2012, este se elabora como uno de los requerimientos que exige el PGAI; el período 2014-2015 se detalla en el anexo 3. El promedio mensual de consumo de agua del 2012 al junio del 2015, es de 115,90 m³/mes.

Finalmente, se recomienda que los encargados de la implementación del proyecto sean el jefe del departamento de Gestión Ambiental de la Municipalidad de Heredia y el encargado de la elaboración del PGAI de la Municipalidad de Heredia.

4.1.2.10 WE Crédito 1. Reducción del consumo agua en el exterior

Como se indicó previamente, el edificio administrativo de la Municipalidad de Heredia cuenta con muy poco espacio verde, este se limita a las jardineras ubicadas en frente del edificio y las jardineras internas. El área que abarcan las jardineras internas es de 30 m² y las externas es de 33 m², por lo que en total se dispone de 63 m² de área verde. Al ser un área tan pequeña y estar ubicada en distintas partes del edificio no se cuenta con un sistema de medición que contabilice el consumo de agua en el exterior. El riego de estas áreas se realiza de manera manual dos veces a la semana, en horas de la mañana; el riego en meses lluviosos se hace con menos frecuencia de acuerdo al criterio del operador.

Para la utilización de la herramienta WaterSense es necesario identificar el tipo de vegetación presente en el área verde, en el Cuadro 4.10, se especifican las especies presentes en los jardines tanto internos como externos, su identificación se hizo gracias a la colaboración de los ingenieros forestales Marisol Hidalgo y Lucía Valverde, (comunicación personal, 02 de octubre 2015). Las jardineras utilizan en su mayoría plantas ornamentales, solo existen cuatro palmas reales.

Cuadro 4.10. Especies existentes en los espacios verdes del edificio administrativo de la Municipalidad de Heredia. (Marisol Hidalgo et Lucía Valverde, Comunicación personal, 02 de octubre 2015)

Nombre común	Nombre científico	Familia	Clasificación	Cantidad
Lotería	<u>Dieffenbachia picta</u>	Araceae	Nativa	46
Pie de elefante	<u>Beaucarnea recurvata</u>	Asparagaceae	Adaptada	7
Palma china	<u>Raphis excelsa</u>	Arecaceae	Adaptada	8
Lengua de vaca	<u>Sansevieria trifasciata</u>	Asparagaceae	Adaptada	46
Bromelia	<u>Aechmea lueddemanniana</u>	Bromeliaceae	Adaptada	2
Pasto mondo	<u>Ophiopogon japonicus</u>	Asparagaceae	Adaptada	54
Palmira	<u>Dracaena marginata</u>	Asparagaceae	Adaptada	21
Calita	<u>Spathiphyllum friedrichsthali</u>	Araceae	Nativa	7
Cinco negritos	<u>Lantana camara</u>	Verbenaceae	Nativa	17
Palma Real	<u>Raystonia regia</u>	Arecaceae	Nativa	4
Pingo de oro	<u>Duranta rapens aurea</u>	Verbenaceae	Adaptada	61
Croto	<u>Codiaeum variegatum</u>	Euphorbiaceae	Adaptada	24
Platanilla o avecilla	<u>Heliconia psittacorum</u>	Heliconiaceae	Adaptada	55

La vegetación de las jardineras se compone en su mayoría de cobertura vegetal y al contar tanto con plantas nativas como adaptadas su requerimiento de agua es medio. La evapotranspiración de la zona es de 1100 mm/año, siendo marzo y abril los meses que presentan un valor de evapotranspiración más alto alcanzado los 130 mm/mes (Piedra, 2007). El consumo estimado de la línea base es de 1666 galones/mes, el valor de LWA es de 1166 galones/mes, este valor corresponde al mínimo de eficiencia que el consumo de agua en el exterior debería poseer y a la asignación de agua para el sitio.

El requerimiento de agua para el sitio es de 777 galones/mes, por lo que la irrigación actualmente cuenta con un 53% de eficiencia sobre la línea base. Actualmente se obtendría dos puntos en este crédito, sin embargo, se pueden aplicar medidas que incrementen el

rendimiento sobre la línea base. Algunas de las medidas que pueden mejorar el rendimiento del consumo de agua en el exterior son las siguientes:

- Colocar un sistema de irrigación adecuado para el tipo de vegetación de la zona, se recomienda para jardines de cobertura vegetal utilizar sistemas por goteo (Calking, 2012). Este tipo de sistemas permiten dosificar agua en la cantidad necesaria, y al ser una aplicación más directa disminuye la cantidad de agua necesaria.
- La utilización de plantas nativas en los jardines disminuye la cantidad de agua que se debe dosificar, ya que las necesidades de agua de estas se satisfacen con las condiciones climáticas del sitio (Calking, 2012). Por lo que cambiar el tipo de plantas que más necesitan irrigación, por especies nativas, ayudaría a disminuir la cantidad de agua requerida.
- La utilización de agua no potable para la irrigación, es una alternativa que aplica en la reducción de este crédito. Por lo que alternativas como la reutilización de agua de lluvia, son buenas opciones para disminuir el consumo de agua en el exterior.

Finalmente, se recomienda que los encargados de la implementación del proyecto sean el jefe del departamento de gestión ambiental de la Municipalidad de Heredia, el Profesional LEED AP y el operario encargado del riego de las áreas verdes.

4.1.2.11 WE Crédito 2. Reducción del consumo de agua en el interior

Según las recomendaciones realizadas en el prerrequisito WE 1, tales como la sustitución de la plomería existente por accesorios de alta eficiencia y bajo consumo, se lograría una eficiencia 28,6% mayor a la solicitada en el prerrequisito. Se le asignarían 4 puntos a la edificación; de ser implementado el proyecto sugerido en el prerrequisito.

Finalmente, se recomienda que los encargados de la implementación del proyecto sean el profesional LEED AP y el jefe del departamento gestión ambiental de la Municipalidad

4.1.2.12 WE Crédito 3. Consumo de agua de la torre de enfriamiento

El edificio administrativo de la municipalidad de Heredia no cuenta con torres de enfriamiento, ya que utiliza unidades de aire acondicionado individuales (mini Split) para

mantener una temperatura interna adecuada. Por lo que los puntos de este crédito no son alcanzables.

4.1.2.13 WE Crédito 4. Medición del consumo de agua

Debido a la falta de un plano de instalaciones hidráulicas, es difícil colocar medidores que reporten el consumo de la plomería interna, se considera importante la elaboración de un plano de las instalaciones hidráulicas del edificio, posterior a la elaboración de esta, evaluar la viabilidad de la colocación de un fluxómetro que mida el consumo de agua en el interior.

Sin embargo, para el alcance del crédito, se propone la instalación de un medidor que reporte el consumo de agua para riego, tanto en el jardín externo como interno. Además se propone la instalación de un medidor que reporte la cantidad de agua pluvial captada por mes, esta agua se ha propuesto ser usada para el riego, sin embargo la norma asigna puntos por medir el agua de reúso. Al colocarse estos medidores se alcanzaría un punto del crédito.

Finalmente, se recomienda que los encargados de la implementación del proyecto sean el profesional LEED AP y el jefe del departamento gestión ambiental de la Municipalidad

4.1.3 Energía y Atmosfera (EA)

4.1.3.1 EA Prerrequisito 1. Mejores prácticas de gestión de la eficiencia energética

4.1.3.1.1 Descripción del edificio y sus sistemas

El edificio administrativo de la Municipalidad de Heredia, tiene dos sistemas principales de consumo de energía, el sistema de iluminación y el sistema de aire acondicionado. La edificación cuenta con un total de 45 unidades de aire acondicionado, 29 ubicados en la primera planta y 16 en la segunda planta. Existen un total de ocho marcas y 21 modelos diferentes, además las unidades tienen diferentes capacidades de enfriamiento, estas diferencias son importantes de tomar en cuenta en el plan de mantenimiento de las unidades. Un 95% de las unidades son equipos tipo mini Split de instalación a pared y un 5% son equipos Split de instalación Piso/cielo, la mayoría de unidades son recientes y se encuentran en buenas condiciones.

De acuerdo a los tiempos de uso promediados de los sistemas de aire acondicionado, se estima que las unidades se utilizan durante un 65% de la jornada laboral, lo cual equivale a un promedio de 6 horas por día. Cada unidad es controlada manualmente por los ocupantes regulares de cada área, por lo que su uso y temperatura son definidos por el usuario. Actualmente, existe un plan de mantenimiento preventivo de los aires acondicionados, el resumen de las actividades de este plan se detalla en el Cuadro 4.11:

Cuadro 4.11 Mantenimiento preventivo de los sistemas de aire acondicionado de la Municipalidad de Heredia.

Período	Descripción de operaciones a realizar
Trimestral	Limpieza general, ajuste de uniones roscadas, limpieza de filtros, limpieza de motores, limpieza de serpentines, mediación de voltajes, medición de consumos, revisión de los aislantes, revisión de la carga refrigerante, limpieza de bandeja recolectora de condensados y tubería, revisión parte eléctrica
Semestral	Ubicación de puntos críticos de las tuberías (Puntos con vibraciones excesivas) para evitar fugas de gas refrigerante
Anual	Resoque de terminales y cambio de filtros antibacteriales

Las condiciones actuales de las unidades de aire acondicionado son buenas, ya se cuenta con un plan de mantenimiento adecuado. Sin embargo, la mayoría de los sistemas utilizan el refrigerante R22, el cual tiene un alto impacto ambiental; este tema será abordado con más detalle en el EA prerequisite 4. Es importante recalcar que la ubicación de algunas unidades no es la más adecuada ya que existen unidades de aire acondicionado que se ubican en frente de otras, lo que dificulta una correcta climatización de las oficinas, esta debería ser revaluada para aumentar la eficiencia del sistema, especialmente en el departamento de dirección de inversión pública.

El sistema de iluminación no es automatizado, sino que es controlado por el usuario mediante interruptores manuales. El uso de la iluminación durante toda la jornada laboral, es necesaria en muchas zonas debido a la poca iluminación natural del área. El inventario de las luminarias se detalla en el Cuadro 4.12, alrededor del 95% de las luminarias presente en las instalaciones son fluorescentes tipo T8 de 32 Watt con balastro, existen algunas luminarias fluorescentes tipo compacto de 20 Watt auto-balastrados como iluminación complementaria.

Cuadro 4.12 Inventario de la luminaria del edificio administrativo de la Municipalidad de Heredia

Zona	Fluorescentes	Lámpara fluorescente compacta (LFC)
Primer piso	164 fluorescentes tipo T8	24 LFC
Segundo piso	100 fluorescentes tipo T8	58 LFC

El horario de operación del edificio es de lunes a viernes de 7:00 am a 4:00 pm. La edificación posee dos medidores, sin embargo, no se cuenta con un plano eléctrico que especifique qué áreas mide cada uno. La presencia de dos medidores se debe a que el edificio a lo largo del tiempo ha sufrido remodelaciones mayores, en el 2009 se realizó una ampliación de 310 m², en el 2012 se realizó otra de 349 m² y en el 2014 se realizó una última ampliación de 175 m²; estas, hicieron necesario la instalación de un segundo medidor. Los datos de consumo eléctricos se registran mensualmente. En el Cuadro 4.13 se detalla, el promedio del consumo mensual de los últimos cinco años:

Cuadro 4.13 Consumo promedio mensual de los últimos cinco años

Período	Promedio mensual del consumo eléctrico (Kwh/mes)	Promedio mensual del costo
2010	14919	€1.357.129,4
2011	10999	€977.433,4
2012	18955	€1.590.843,8
2013	20995	€2.086.975,4
2014	21573	€2.007.748,3
2015	21345	€1.869.765,6

Según el Cuadro 4.13, se puede observar que el promedio del consumo eléctrico se incrementó considerablemente en el año 2012, esto se justifica por las ampliaciones que ha sufrido la edificación. En la Figura 4.4, se ilustra el consumo de los últimos cuatro años. En este gráfico se puede apreciar que los últimos meses del año (De agosto a diciembre) poseen un consumo mayor. El mes que representa un menor consumo es el de enero, posiblemente se deba a que es el mes en que las personas salen a vacaciones.

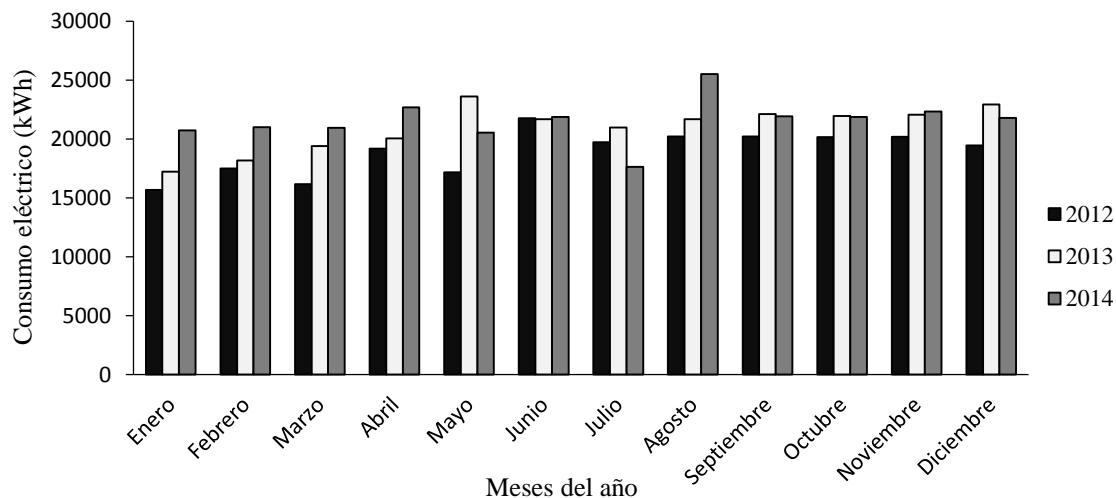


Figura 4.4 Distribución mensual del consumo eléctrico del edificio administrativo de la Municipalidad de Heredia

A partir del 2014, con el avance de la elaboración del PGAI se han establecidos tres indicadores energéticos que se tabulan mes a mes, estos son Kwh/persona, Kwh/m², Kg CO₂ equivalentes. El valor de estos indicadores para el año 2014 se resume en el Cuadro 4.14:

Cuadro 4.14 Indicadores de eficiencia energética del 2014 incluidos en el reporte anual del PGAI.

Indicador	Valor
Consumo eléctrico promedio por ocupante regular	183,91 Kwh/persona/mes
Consumo eléctrico promedio por superficie	6,89 Kwh/m ² /mes
Emissiones de CO ₂ equivalentes emitidas	1235,18 Kg CO ₂ equivalentes/mes

4.1.3.1.2 Auditoría energética

Se debe conducir una auditoría energética que siga los lineamientos del nivel 1 de los Procedimientos para auditoría energética de edificios comerciales de la Sociedad Americana de Aire Acondicionado, Refrigeración y Calefacción (ASHRAE, por sus siglas en inglés). Una auditoría energética es un proceso que estudia las características de un edificio, su ubicación, configuración, su uso, las instalaciones y equipos electromecánicos, consiste en una explicación detallada de cómo el edificio consume energía y genera propuestas relacionadas con cambios en la operación de los equipos o mejoras de los mismos, que finalmente repercuten en ahorros de energía y por ende ahorros en los costos de operación (Restrepo, 2014).

La auditoría energética, debe ser ejecutada por personas expertas y externas a la administración del edificio, de tal manera que se pueda evidenciar oportunidades de mejora con la implementación de proyectos, reposición de equipos y cambios en el horario de operación diaria de los sistemas, que no habían sido identificadas por parte de los administradores. Estas oportunidades de mejora se respaldan con los ahorros esperados en kWh y si existe algún tipo de inversión se debe mostrar el período de retorno de la misma.

El nivel 1 de la auditoría energética de ASHRAE consiste en la revisión de los registros mecánicos, eléctricos (incluyendo iluminación) y del sistema de plomería para identificar oportunidades de reducción del consumo de energía y de los costos de operación. También implica evaluar el desempeño del edificio mediante el análisis de las facturas de energía y la realización de un recorrido visual.

Se deben realizar inspecciones visuales de las instalaciones para comprender la propiedad y la operación de los sistemas abordados. En conjunto con el recorrido, el equipo auditor debe revisar las instalaciones de diseño, las operaciones y su función; las principales acciones para realizar un análisis nivel 1, son las siguientes (U.S Green Building Council, 2013):

- Realizar un estudio de las instalaciones, determinar la edad del edificio, identificar mejoras realizadas, actualizar los planos eléctricos.
- Determinar el tipo de uso de cada zona del edificio.
- Realizar una revisión de los sistemas eléctricos y de plomería, cantidad y tipo de aires acondicionados y sistema de iluminación.
- Recopilar todas las facturas de electricidad, preferiblemente por un período de tres años.
- Identificar cambios potenciales de bajo costo para el edificio que permitan mejorar el desempeño energético de este.

Finalmente, se recomienda que los encargados de la implementación del proyecto sean el profesional LEED AP, el jefe del departamento gestión ambiental de la Municipalidad, el jefe del departamento de Ingeniería de la Municipalidad y el Auditor energético.

4.1.3.2 EA Prerrequisito 2. Desempeño energético mínimo

El edificio de la Municipalidad de Heredia no es elegible para una calificación *Energy Star*, ya que esta no está disponible para proyectos en esta región geográfica. Actualmente en el país se ha elaborado una línea base de desempeño energético mediante la herramienta Excelencia en diseño para una mayor eficiencia (EDGE, por sus siglas en inglés), sin embargo, actualmente esta solo se encuentra disponible para viviendas y complejos inmobiliarios, por lo que no es posible comparar la edificación con esta línea base.

Por lo que para demostrar un desempeño energético mínimo, se van a utilizar los datos de consumo eléctrico de julio del 2011 a junio del 2014, para comparar el consumo del período actual. El resumen de los datos se detalla en el siguiente Cuadro 4.15:

Cuadro 4.15 Desempeño energético del edificio administrativo durante los últimos cuatro años

Período	Promedio mensual de consumo eléctrico (kWh)
Julio 2011-Junio 2014	18432,47
Julio 2014-Julio 2015	21575,
% de eficiencia	-17%

El consumo eléctrico del edificio ha aumentado su consumo en un 17% luego del 2012, esto se debe a que se amplió su tamaño en 524 m² lo que implica que su consumo eléctrico aumentó igualmente. Sin embargo se puede analizar el comportamiento del consumo eléctrico por metro cuadrado, de los últimos años este se detalla en el Cuadro 4.16:

Cuadro 4.16 Desempeño energético por unidad superficial del 2012-2015

Período	Promedio del consumo eléctrico (Kwh/mes)	Área del edificio (m ²)	Consumo eléctrico por unidad superficial (kWh/m ² /mes)
2012	18.955,0	2.676	7,1
2013	20.995,2	3.025	6,9
2014	21.573,1	3.025	7,1
2015	21.345,0	3.200	6,7

Según los datos del Cuadro 4.20, el consumo de lo que llevamos del año actual (Datos hasta julio del 2015) ha disminuido un 5,4%. Este porcentaje no es suficiente para alcanzar los requerimientos del crédito, sin embargo a través de la conducción de la auditoría energética

se puede identificar estrategias de ahorro energético, que permitan disminuir el consumo hasta un 25% de la línea base.

Finalmente, se recomienda que los encargados de la implementación del proyecto sean el profesional LEED AP, el jefe del departamento Gestión Ambiental de la Municipalidad, el jefe del departamento de Ingeniería de la Municipalidad y el auditor energético.

4.1.3.3 EA Prerrequisito 3. Medición del consumo de energía por edificio

Este prerrequisito actualmente se cumple, ya que se cuenta con dos medidores de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH) que cuantifican el consumo energético total del edificio. Desde el 2014 se comenzaron a elaborar resúmenes anuales que registran el consumo mensual de la edificación, en estos se incluyen los indicadores de eficiencia energética descritos en el Cuadro 4.18.

Finalmente, se recomienda que los encargados de la implementación del proyecto sean el jefe del departamento Gestión Ambiental de la Municipalidad y el responsable de la elaboración de informes del PGAI.

4.1.3.4 EA Prerrequisito 4. Gestión básica de refrigerantes

El proyecto cuenta con un total de 45 unidades de aire acondicionado, como se explicó anteriormente existe una amplia variedad de equipos, los refrigerantes utilizados por cada equipo se detalla en el Cuadro 4.17:

Cuadro 4.17. Tipo de refrigerantes utilizados en los aires acondicionados de la Municipalidad de Heredia

Tipo de aire acondicionado	Cantidad	Tipo de refrigerante
Mini Split a pared	40	R22
Split Piso/cielo	2	R22
Mini Split a pared	3	R410A

El refrigerante R410A, está compuesto por hidrofluorocarbonos (HFC), estos gases no contienen cloro ni bromo, por lo tanto su uso no contribuyen a la reducción de la capa de ozono. Sin embargo, 42 de las unidades de aire acondicionado contienen el refrigerante R22, el cual contiene hidroclorofluorocarbonos (HCFC) y su uso contribuye a la reducción de la

capa de ozono, aunque en menor grado que los CFC. Actualmente el prerrequisito se cumple ya que este solo contempla la sustitución de los CFC.

Sin embargo, el refrigerante R22 comienza a escasear en el mercado, debido a las nuevas tendencias en sostenibilidad por lo que se debe considerar la sustitución de este a corto plazo. La sustitución del refrigerante de un aire acondicionado implica no solo el cambio de este, sino que se deben realizar modificaciones en el equipo para que este opere según las especificaciones de presión del nuevo gas. Es por esta razón que su sustitución implica un alto costo y en algunas ocasiones resulta más beneficioso cambiar los equipos por unidades nuevas que utilicen refrigerantes ambientalmente más eficientes. Las unidades nuevas tienen una mayor eficiencia energética y su cambio puede reducir el consumo energético de las unidades de HVAC a la mitad del consumo actual (Guillermo Cortés, comunicación personal, septiembre 2015).

Se cotizó el cambio de todas las unidades de HVAC que utilicen el refrigerante R22, por equipos con una mayor eficiencia energética y que a su vez utilicen un refrigerante ecológico, los detalles del equipo se encuentran en el apéndice 2. El cambio de las 42 unidades tiene un costo de \$19.110,56 (Aproximadamente ₡10.510.808,00, tipo de cambio utilizado \$1 equivale a ₡550), estas utilizarían el refrigerante R410A, el cual tiene un potencial de degradación de la capa de ozono igual a cero.

Finalmente, se recomienda que los encargados de la implementación del proyecto sean el jefe del departamento gestión ambiental de la Municipalidad, el profesional LEED AP y el contratista.

4.1.3.5 EA Crédito 1. Retrocomisionamiento-Análisis

Una de las primeras tareas que debe realizar el equipo de trabajo antes de plantear planes, estrategias u objetivos, es la recopilación de información, estudio y actualización de un informe técnico del edificio. La intención de este documento es poder garantizar que todo el grupo conozca el detalle del funcionamiento del edificio y los equipos que posee, saber qué acciones se han llevado a cabo anteriormente y cuáles han sido sus resultados, además de sentar una línea base de revisión y comparación que permita validar los logros obtenidos

durante la gestión energética que se realizará. Este informe técnico y de operación, debe ser revisado y actualizado anualmente.

Este documento debe incluir el detalle de los sistemas electromecánicos y de gestión que el edificio posee, por ejemplo: UPS, sistemas hidráulicos, sistemas de iluminación y unidades HVAC&R; junto con su operación y las herramientas de gestión o automatización, es decir, se deben reportar y describir los que equipos que consuman una cantidad considerable de energía y la manera cómo se operan, mantienen y gestionan. Explicando su horario de operación, rutinas de mantenimiento, formas de identificación de fallas y la eficiencia energética definida por el fabricante, además, si se identifican oportunidades de mejoras o cambios por equipos más eficientes, se debe dejar planteado en el documento, aunque no esté previsto cambiarlos en un corto plazo.

Se debe generar una base de comparación que permita medir los logros alcanzados y el cumplimiento de las metas, es indispensable que en este informe técnicos los datos históricos de consumo de la edificación de los últimos doce meses como mínimo.

Este plan se debe desarrollar previo a la conducción de la auditoría energética del EA prerequisite 1, ya que este debe ser un soporte durante la conducción de la auditoría. El plan de comisionamiento debe incluir lo siguiente (U.S Green Building Council, 2013):

- Requisitos actualizados de las instalaciones.
- Miembros del equipo de comisionamiento, sus funciones durante el proceso de comisionamiento.
- Una descripción de la estrategia para identificar y analizar las oportunidades de mejora de las instalaciones.
- El proceso para revisar y priorizar las oportunidades identificadas con el propietario e implementar un plan de acción.
- Formato y contenido de los entregables del proceso de comisionamiento y el calendario propuesto.

Los miembros típicos de un plan de comisionamiento son el dueño de la edificación, el gerente general el cual deberá revisar y aprobar todas las actividades propuestas dentro del plan, los ingenieros a cargo del edificio, el auditor energético y los contratistas necesarios.

Las oportunidades de mejora del desempeño energético encontradas durante la conducción de la auditoría energética, deben ser analizadas mediante indicadores económicos que prueben la factibilidad de implementación de cada medida. Se deben utilizar indicadores como el período de retorno, tasa interna de retorno (TIR) y además se deben priorizar las medidas que generan un mayor costo-beneficio. Además se deben establecer priorizar las medidas que impliquen un beneficio en la salud humana. El plan de comisionamiento permite evaluar cada medida de manera integral, decidiendo cuáles deberán ser efectuadas y el periodo de implementación de estas.

En conclusión, la actualización, estudio y revisión de este documento de manera periódica, proporciona al equipo de trabajo las herramientas para entender las posibilidades del edificio en cuanto al uso y gestión de la energía, la manera como se está gestionando este recurso al interior, el cumplimiento de las metas u objetivos trazados, además de permitir la identificación de oportunidades de mejora que podrían ser implementadas a lo largo del proceso, revisadas y analizadas en las reuniones del equipo de trabajo. La elaboración de este plan otorgará 2 puntos al proyecto.

Finalmente, se recomienda que los encargados de la implementación del proyecto sean el profesional LEED AP, el jefe del departamento gestión ambiental de la Municipalidad, el jefe del departamento de Ingeniería de la Municipalidad, el alcalde, el auditor energético y los contratistas involucrados.

4.1.3.6 EA Crédito 2. Retrocomisionamiento-Implementación

Para el alcance de este crédito, se deben aplicar los siguientes requisitos a todos los sistemas que directamente consuman o produzcan energía, incluyendo iluminación, HVAC&R, calentamiento de agua doméstica y energía renovable.

- Se deben implementar las mejoras operativas sin costo o de bajo costo y desarrollar un plan de cinco años basado en la fase de análisis para la sustitución de equipamiento y mejoras fundamentales.
- Capacitar al personal del edificio de modo que sean capaces de operar eficientemente todos los equipamientos o sistemas nuevos o sustancialmente alterados del edificio.

Se recomienda que los funcionarios cuente con al menos 24 horas de capacitación al año (U.S Green Building Council, 2013)

- Desarrollar un programa de seguimiento y verificación de todos los proyectos implementados como parte del proceso de retrocomisionamiento. Se deben incluir factores como la eficacia, los costos y beneficios económicos y los beneficios observados para el medio ambiente y la salud humana.
- Actualizar el plan de operaciones y mantenimiento de cada sistema, de modo que se incorporen las mejoras recién implementadas.

Es importante revisar los planes estratégicos, además de evaluar y verificar los resultados obtenidos de manera periódica, haciendo posible establecer planes de acción cuando sea necesario, redefinir la estrategia y corregir aquello que no se está cumpliendo o inclusive eliminar las medidas que estén fuera de la nueva estrategia definida. El alcance de los requerimientos de este crédito le otorgará dos puntos al proyecto.

Finalmente, se recomienda que los encargados de la implementación del proyecto sean el jefe del departamento Gestión Ambiental de la Municipalidad, el jefe del departamento de Ingeniería de la Municipalidad, el alcalde, el auditor energético y los contratistas involucrados.

4.1.3.7 EA Crédito 3. Comisionamiento continuo

No se va a optar por el alcance de este crédito, ya que su cumplimiento implicaría la contratación periódica de personal especializado para que realicen mediciones de los sistemas. Al ser una institución pública este crédito se sale del alcance de la institución.

4.1.3.8 EA Crédito 4. Optimización del desempeño energético

La Municipalidad de Heredia actualmente tiene el proyecto de cambiar todas las luminarias por luminarias LED. En este proyecto se ha hecho una evaluación de las luminarias actuales del edificio, además del cambio de las luminarias existentes se van a colocar luminarias en los espacios que no se alcanza la iluminancia mínima de 500 lúmenes, ya que según un informe presentado por el Departamento de Salud existe una deficiencia lumínica en más del 90% de los espacios. Este proyecto tiene un costo de ₡39.492.066,79, si se cambiaran solo los fluorescentes existentes por tecnología LED, se generaría un ahorro aproximado del 45%

en el consumo energético del sistema. Sin embargo, al agregar nuevas luminarias implica un aumento del consumo eléctrico, ya que se va a aumentar la iluminación actual entre un 100%-200%.

Además de este proyecto se propone el cambio de aires acondicionados por unidades de mayor eficiencia con refrigerantes con menor impacto ambiental, como se mencionó anteriormente estos disminuyen su consumo energético hasta en un 50%. Es importante implementar todas las propuestas de bajo costo resultantes de la auditoría energética, ya que estas implicarán una reducción en el consumo eléctrico actual.

Igualmente se debe tener en cuenta que hasta las acciones más pequeñas y sencillas encaminadas a la reducción de los consumos energéticos pueden tener un gran impacto global si todos los ocupantes regulares de la edificación las ponen en práctica. Algunas acciones correctivas que pueden ponerse en prácticas para la reducción del consumo energético son las siguientes (González, Pérez, Vásquez, & Araujo, 2014):

- Aprovechar la luz y ventilación natural siempre que sea posible, sin que afecte el estado de confort y las condiciones adecuadas para el buen desempeño de sus funciones.
- Apagar las luces y equipos cuando no se utilizan.
- Usar el modo de ahorro de energía de los equipos.
- Mantener la temperatura del aire acondicionado entre 22-25°C.
- Cerrar puertas y ventanas cuando esté funcionando el aire acondicionado.
- Reducir al máximo el consumo de papel, tinta y material de oficina.
- Reducir el número de impresoras, faxes y cafeteras.
- Reducir el consumo de agua potable, así se evita el sobreuso de la bomba hidroneumática.

Una vez implementados estos proyectos se deberán recopilar datos de consumo energético por doce meses, para ver el porcentaje de reducción logrado. El alcance de este crédito es difícil ya que la edificación aún no alcanza el porcentaje mínimo de eficiencia energética exigido en el prerrequisito 1, pero se recomienda que lo implementen porque representa un ahorro y mejora la eficiencia energética de la edificación.

Finalmente, se recomienda que los encargados de la implementación del proyecto sean el profesional LEED AP, el jefe del departamento gestión ambiental de la Municipalidad, el jefe del departamento de Ingeniería de la Municipalidad, el alcalde, el auditor energético y los contratistas.

4.1.3.9 EA Crédito 5. Medición de energía avanzada

El monitorear los sistemas de la edificación con un gran consumo de energía permite identificar oportunidades de ahorro de energía que no pueden ser visibles con la factura eléctrica. Permite además encontrar oportunidades para trasladar cargas y disminuir los cargos por la demanda máxima en la factura eléctrica.

Los principales sistemas de consumo eléctrico como se menciona anteriormente son los sistemas de iluminación y de climatización. El costo de implementar un sistema de medición avanzada para estos es de alrededor de \$5000, aproximadamente ¢2.750.000,00 (Ver apéndice 2, para detalles técnicos del equipo); el sistema se instala sobre los tableros eléctricos por lo que no requiere modificaciones mayores de las estructuras. Este sistema registra datos de consumo y demanda eléctrica cada quince minutos, estos son transmitidos remotamente a una computadora. La instalación de un equipo de medición avanzada otorgaría dos puntos a la edificación.

Finalmente, se recomienda que los encargados de la implementación del proyecto sean el jefe del departamento gestión ambiental de la Municipalidad, el jefe del departamento de Ingeniería de la Municipalidad, el profesional LEED AP y los contratistas.

4.1.3.10 EA Crédito 6. Respuesta a la demanda

La demanda máxima anual se basa en las facturas eléctricas. En la Figura 4.5, se observa una distribución de la demanda eléctrica de los últimos años el promedio de la demanda es de 69,4 KW por lo que habría que deshacerse de 6,9 KW, para cumplir con los requerimientos del crédito.

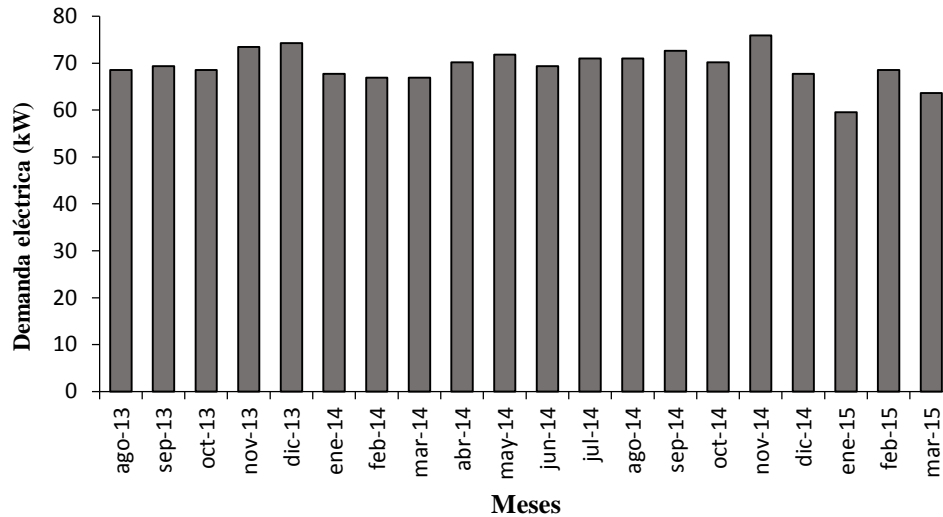


Figura 4.5 Distribución de la demanda eléctrica del edificio de la Municipalidad de Heredia

Trasladar la demanda eléctrica es muy difícil de realizar si no se conocen sus causas, el implementar un sistema de medición avanzada permite controlar los puntos que generan esta demanda mensual. Para el cumplimiento de este crédito, se debe instalar previamente el sistema de medición avanzada. Una vez instalado, el equipo de retro-comisionamiento del edificio debe identificar el origen de esta demanda y establecer estrategias para de eliminar o trasladarla. El alcance de este crédito otorgaría 1 punto al proyecto

Finalmente, se recomienda que los encargados de la implementación del proyecto sean el profesional LEED AP, el jefe del departamento gestión ambiental de la Municipalidad, el jefe del departamento de ingeniería de la Municipalidad, alcalde, el auditor energético y los contratistas.

4.1.3.11 EA Crédito 7. Energías renovables y compensaciones de carbono

Actualmente la institución no cuenta con ningún sistema de generación de energía renovable, sin embargo, la Municipalidad de Heredia está planeando instalar un sistema de generación de energía in situ con paneles solares fotovoltaicos. Según el estudio realizado por Sibó Solar Energy en julio del 2015, se propone la instalación de una sistema fotovoltaico de 61.6 kW que de acuerdo a la radiación solar en la zona generará 8040 kWh por mes en promedio. La electricidad generada permitiría reducir en un 37,7% la energía que consume de la compañía

eléctrica actualmente, y contribuirá reduciendo la huella de carbono en 12.5 toneladas de CO₂ al año.

La instalación del sistema generaría un ahorro mensual aproximado de ¢525.157,00. El sistema tiene un costo de ¢65.000.000,00, el precio del sistema es bastante elevado por lo que lo que el Valor actual neto (VAN) es negativo para un escenario de diez años, los detalles del estudio económico se detallan en el apéndice 2. A pesar de esto, se recomienda su implementación por su aporte ambiental, ya que ayuda a desplazar la demanda energética del proyecto y a producir energía mediante de una manera limpia, disminuyendo a su vez las emisiones de GEI. La implementación de esta estrategia le adjudicaría 5 puntos a la edificación.

Finalmente, se recomienda que los encargados de la implementación del proyecto sean por el jefe del departamento Gestión Ambiental de la Municipalidad, el alcalde y los contratistas.

4.1.3.12 EA Crédito 8. Manejo avanzado de refrigerantes

Para realizar el cálculo del impacto atmosférico de los refrigerantes es necesario conocer el potencial de agotamiento de la capa de ozono (ODP, por sus siglas en inglés) y el potencial de calentamiento global (GWP, por sus siglas en inglés) de cada refrigerante. En el Cuadro 4.18 muestra los valores de GWP y ODP para algunos refrigerantes comunes.

Cuadro 4.18 Valores de GWP y ODP para algunos refrigerantes comunes utilizados en equipos HVAC (U.S Green Building Council, 2013)

Refrigerante	Potencial de agotamiento de la capa de ozono (ODP)	Potencial de calentamiento global (GWP)
CFC-11	1,00	4680
CFC-12	1,00	10720
HCFC-22	0,04	1780
HCFC-123	0,02	76
HFC-23	-0,00	12240
HFC-134A	-0,00	1320
HFC-410A	-0,00	1890
Propano	0,00	3
Amoniaco (NH ₃)	0,00	0

En el cuadro anterior se puede apreciar que aunque los refrigerantes compuestos de HFC no tengan un potencial de degradación de la capa de ozono, estos tienen un alto potencial de calentamiento global inclusive en algunos casos mayor que los HCFC, por lo que este factor debe ser tomado en cuenta al escoger el refrigerante. Para conocer el impacto atmosférico de un refrigerante es necesario conocer el valor de carga del refrigerante este valor está dado en libras de refrigerante por tonelada de capacidad de enfriamiento; se encuentra en la ficha técnica de cada refrigerante y cambia dependiendo de la marca y el modelo. En el Cuadro 4.19 se detallan los valores de la carga refrigerante (Rc), ODP, GWP y capacidad de enfriamiento de los equipos de HVAC presentes en la edificación.

Cuadro 4.19 Valores de carga refrigerante y capacidad de enfriamiento de los equipos de HVAC presentes en la edificación

Unidades	Capacidad de enfriamiento (tons)	Refrigerante	GWP _r	ODP _r	Carga refrigerante (lb/ton)
2	1,50	R22	1780	0,04	1,73
1	1,00	R410a	1890	0,00	1,50
1	0,75	R410a	1890	0,00	3,08
1	2,00	R22	1780	0,04	1,60
1	1,50	R410a	1890	0,00	2,94
1	1,00	R22	1780	0,04	1,23
1	2,00	R22	1780	0,04	1,76
2	1,00	R22	1780	0,04	1,98
1	1,50	R22	1780	0,04	1,54
2	0,75	R22	1780	0,04	1,65
2	2,00	R22	1780	0,04	1,27
3	2,00	R22	1780	0,04	1,76
3	0,75	R22	1780	0,04	1,65
3	1,00	R22	1780	0,04	1,96
1	1,5	R22	1780	0,04	2,50
3	1,00	R22	1780	0,04	1,98
2	0,75	R22	1780	0,04	1,91
1	1,5	R22	1780	0,04	1,98
2	0,75	R22	1780	0,04	1,82

Unidades	Capacidad de enfriamiento (tons)	Refrigerante	GWPr	ODPr	Carga refrigerante (lb/ton)
7	1,00	R22	1780	0,04	1,98
1	1,5	R22	1780	0,04	1,98
1	2,00	R22	1780	0,04	1,87
1	1,50	R22	1780	0,04	2,50
1	0,75	R22	1780	0,04	3,09
1	1,50	R22	1780	0,04	2,50

El valor promedio del impacto atmosférico de los refrigerantes es de 277,42, el detalle del cálculo se amplía en el Apéndice 1. El valor del impacto es mayor que 100, por lo que en la actualidad este crédito no se cumple. Sin embargo, si se realiza el cambio de las unidades de HVAC por equipos que utilicen refrigerantes ecológicos, sugerido en el prerrequisito EA 4; el impacto atmosférico de los refrigerantes disminuiría. El detalle del cálculo del LCGWP y LCODP del equipo sugerido se detalla en el Cuadro 4.21:

Cuadro 4.20 Impacto atmosférico de los refrigerantes de las nuevas unidades HVAC sugeridas.

Refrigerante	Carga refrigerante (lb/ton)	LCGWP	LCODP
R410a	1,73	87,41	0,00
R410a	3,08	155,41	0,00
R410a	2,94	148,15	0,00
R410a	1,29	65,19	0,00
R410a	1,04	52,22	0,00
R410a	1,25	62,96	0,00
R410a	1,51	76,11	0,00

Como se puede apreciar en el Cuadro 4.21, la carga refrigerante del equipo propuesto es menor que la del equipo actual. Esto se debe a que los equipos propuestos son más eficientes y requieren una menor cantidad de refrigerante para lograr la misma de capacidad de enfriamiento que las unidades actuales; disminuyendo aún más el impacto generado. El impacto atmosférico promedio de los refrigerantes de las unidades de HVAC propuestas es de 67,92 por lo que si se cumple con los requerimientos de este crédito. En caso de que se cambiarán las unidades el proyecto ganaría un punto por este crédito.

Finalmente, se recomienda que los encargados de la implementación del proyecto sean el jefe del departamento gestión ambiental de la Municipalidad, el profesional LEED AP y el contratista.

4.1.4 Materiales y Recursos (MR)

4.1.4.1 MR Prerrequisito 1. Política de compras y desechos continuos

La Municipalidad de Heredia realiza sus compras mediante licitaciones públicas, la cantidad solicitada en estas es para cubrir la demanda de los cinco edificios, por lo que no se conoce la cantidad exacta de materiales adquiridos para el edificio administrativo. Sin embargo, los principales productos que se adquieren son tintas y tóner, suministros de oficina, papel, bolsas plásticas y productos de limpieza.

La Municipalidad de Heredia como parte de la elaboración del PGAI se encuentra en el proceso de elaboración de una política institucional de compras verdes; sin embargo, se propone la siguiente para cumplir los requerimientos de este prerrequisito:

4.1.4.1.1 Política de compras sostenibles

La Municipalidad de Heredia en cumplimiento con la legislación ambiental vigente y conforme a su responsabilidad social se compromete a adquirir nuestros bienes y servicios de manera que se produzca un progreso continuo y evaluable en nuestro rendimiento medioambiental, a causa de la reducción de nuestros impactos en el medio ambiente, y haciendo un mejor uso de los recursos económicos del cantón.

La política de compras sostenibles de la Municipalidad de Heredia se aplica para las compras y los servicios contratados en el edificio administrativo, esta se aplica para los siguientes productos y/o servicios:

- Suministros de oficina (Incluyendo tintas, tóner, papel y otros productos utilizados)
- Equipo eléctrico
- Productos de aseo y limpieza
- Luminarias
- Baterías

- Compra de bienes duraderos (Incluyendo el inmobiliario de oficina)

Los criterios generales que se establecen como parte de la política para realizar una compra sostenible son los siguientes (CEGESTI, 2008):

- Se debe buscar la prevención de la contaminación y el cumplimiento de la legislación ambiental vigente.
- Buscar productos que reduzcan la generación de residuos sólidos.
- Se deben preferir los recursos provenientes de procesos de reciclado o renovables.
- Buscar utilizar materiales reciclados.
- Se deben utilizar productos que en su post-consumo sean reciclables.
- Se debe utilizar sustancias no peligrosas.
- Utilizar materiales con baja toxicidad.
- Adquirir productos que posean un menor consumo de energía.
- Preferir productos con una menor cantidad de empaque/embalaje.
- Buscar productos que tengan una mayor vida útil, que se puedan reparar o reutilizar.

4.1.4.1.2 Criterios de selección para la compra de los productos mencionados en el alcance de la política institucional de compras verdes

Se propondrán criterios específicos de adquisición para los productos de mayor consumo del edificio, el departamento de Proveduría debe incluir estas especificaciones en los carteles de licitación de las compras de bienes o servicios, para asegurarse que se esté cumpliendo con lo establecido en la política descrita anteriormente. En el cuadro 4.22 se propone las especificaciones para realizar las compras continuas de la edificación:

Cuadro 4.21 Criterios ambientales para realizar las compras continuas del edificio administrativo de la Municipalidad de Heredia. (CEGESTI, 2008)

Producto	Criterio de compra
-Papel	<ul style="list-style-type: none"> - Al menos un 70% de la fibra de materia prima del papel debe ser fibra reciclada. - El empaque debe ser lo más simple posible, tomando en cuenta su facilidad para ser reciclado. - El papel debe contar con el sello del sistema de certificación forestal del FSC, este garantiza que la fibra virgen procede de bosques gestionados de manera sostenible y que el blanqueo es totalmente libre de cloro (TCF).
-Productos de limpieza	<ul style="list-style-type: none"> -Utilizar detergentes biodegradables, con bajo contenido de fosfatos -Adquirir productos que no contengan compuestos que afecten la capa de ozono o que excedan los límites de compuestos orgánicos volátiles (VOC, por sus siglas en inglés). -Emplear desinfectantes biodegradables sin productos ácidos, corrosivos, sin CFC, metanol u otros productos peligrosos. -Adquirir papel higiénico y papel toalla, elaborados a partir de materias primas en un 100% reciclada, que no contengan ni colorantes ni perfumes. -El envase de los productos a adquirir debe ser reciclable y en preferencia ser elaborado de material reciclado.
-Bolsas de basura	<ul style="list-style-type: none"> -Adquirir bolsas de basura que contengan al menos un 80% de material reciclado.
-Suministros de oficina	<ul style="list-style-type: none"> -Utilizas rotuladores que no sean de un solo uso, ni contengan PVC. La tiene debe ser base acuosa y no contener VOC. -Los lápices deben ser sin lacar, elaborados preferiblemente de madera certificada (FSC). -Utilizar pegamento en barra de base acuosa. -Las gomas de borrar deben ser de base acuosa y el envase debe ser sin PVC. -El corrector debe ser de base acuosa y el envase sin PVC. -La cinta adhesiva debe ser de acetato de celulosa o de propileno que no contenga PVC. -Los sacapuntas, tijeras y grapadoras deben ser elaborados a partir de un solo material. Libres de componentes o mixturas de madera o plásticos. -Las carpetas y separadores de archivos deben ser elaboradas a partir de cartón reciclado. -Los folder plásticos deben ser elaborados de propileno en lugar de PVC
-Tintas y tóner	<ul style="list-style-type: none"> -Los cartuchos de tóner de impresoras de láser deben ser re-fabricados.
-Baterías	<ul style="list-style-type: none"> -Las baterías deben ser recargables.
-Luminaria	<ul style="list-style-type: none"> -Los bombillos eléctricos deben ser de bajo consumo que muestren un ahorro energético aproximado del 80%. -Deben tener una vida útil larga, como mínimo 10.000 horas. -Un contenido de mercurio inferior a 4 mg.

En el Cuadro 4.22 se propone las especificaciones para realizar las compras de los bienes duraderos de la edificación:

Cuadro 4.22 Criterios ambientales para realizar los bienes duraderos del edificio administrativo de la Municipalidad de Heredia

Producto	Criterio de compra
-Equipo de cómputo	<ul style="list-style-type: none"> -El equipo debe ser eficiente en cuanto al consumo energético. -Debe contar con la certificación Energy Star -Evitar que los equipos contengan mercurio o cadmio. -El embalaje o empaque debe ser reciclable.
-Equipos acondicionadores de aire	<ul style="list-style-type: none"> -El refrigerante que utiliza el equipo debe ser ecológico, este debe tener un potencial de degradación de la capa de ozono igual a cero y un potencial de calentamiento global bajo. -Deben tener una alta eficiencia energética y utilizar una baja carga de refrigerante. -La emisión de ruido debe ser baja.
-Mobiliario de oficina	<ul style="list-style-type: none"> -Debe ser de larga duración. -Si es de madera debe tener alguna certificación que asegure que la madera fue manejada de forma sostenible, como la FSC. -Se deben preferir los productos que tengan un contenido de material post-consumo y/o post-industrial. -Deben ser recubiertos con pinturas a base de agua o con pigmentos naturales. -Los cobertores y almohadones deben ser fabricados con materiales naturales, si se utiliza cuero este debe estar teñido con color natural. El relleno de espuma no debe contener CFC. -Deben ser elaborados con materiales sin sustancias peligrosas para la salud de las personas o el ambiente.

Para el cumplimiento de lo establecido en la política ambiental propuesta y el empleo de los criterios ambientales para las compras, se debe crear una comisión que vele por el cumplimiento de estos requerimientos.

4.1.4.1.3 Manejo de desechos sólidos

Actualmente existen dos baterías que permiten separar los residuos en las categorías de plástico (Botellas plásticas de PET o HDPE), papel, cartón, aluminio (incluyendo poli-laminados); estas baterías están ubicadas en el primer piso una en el comedor institucional y otra en el área de las cajas. Además existen recipientes de reciclaje en las oficinas, en estos se dispone el reciclaje sin separar y luego este es separado por la compañía que es subcontratada para brindar el servicio.

Actualmente a los bienes duraderos, se les dispone en el relleno sanitario estos no reciben ninguna gestión especial. Sin embargo, se debe crear un plan para el manejo de los residuos

generados; en este se debe establecer un protocolo que indique el procedimiento a seguir para desechar los bienes duraderos, según la categoría a la que pertenezcan. Como parte del protocolo de manejo, la primera opción es buscar una alternativa de reutilización del equipo, se puede evaluar la donación del mobiliario o de los equipos eléctricos a instituciones educativas u Organizaciones no gubernamentales (ONGs) con el fin de ampliar la vida útil de estos. Es importante registrar la cantidad de mobiliario o equipo donado por unidad de volumen o peso, para llevar un control de los desechos que están siendo desviados del relleno sanitario. En el Cuadro 4.23, se detalla la disposición final que se le debe dar a cada tipo de desecho:

Cuadro 4.23. Protocolo de disposición final de los bienes duraderos

Desechos	Disposición final sugerida
Equipos eléctricos	<p>-El equipo eléctrico debe ser recolectado por un gestor autorizado por el Ministerio de Salud. El equipo debe ser desmantelado, extraer las piezas reciclables y reutilizables y los componentes restantes sean desechados.</p> <p>-Se debe realizar una separación de los materiales según sus componentes, que son básicamente metales (como hierro, aluminio, cobre y oro) y por aparte otros materiales como el plástico.</p>
Mobiliario	<p>-El mobiliario debe separarse de acuerdo al material principal que lo conforma, madera, metal u otra fibra. Este debe pesarse y luego transportarse a un centro de procesamiento autorizado.</p>

El equipo eléctrico de la Municipalidad actualmente es tratado por un gestor autorizado, y en el caso de que este pueda ser reutilizado es donado a centros educativos. Para los desechos peligrosos no se cuenta actualmente con un plan de manejo responsable para estos, se debe destinar un lugar seguro para su almacenamiento y establecer un plan de gestión. Como parte del protocolo de gestión de desechos peligrosos que se propone, se deben seguir los criterios establecidos en la política de compras sostenibles, ya que de esta manera se puede reducir la generación de residuos. La disposición y almacenamiento sugeridos para los residuos peligrosos que se generan en la institución se propone en el cuadro 4.24.

Cuadro 4.24 Protocolo de disposición final de los desechos peligrosos

Desechos	Disposición final sugerida
Lámparas	-Almacenamiento: Se deben almacenar en un lugar seguro y aislado para evitar que estas se quiebren, especialmente los fluorescentes ya que estos contienen mercurio. -En su tratamiento se les debe extraer el mercurio en el interior, luego el vidrio y las partes metálicas pueden recuperarse o aprovecharse de nuevo. Estos residuos deben de ser entregados a un gestor autorizado por el Ministerio de Salud.
Baterías	-Almacenamiento: Las pilas deberían depositarse en un contenedor sellado, de volumen pequeño. En el que cada vez que este se llene debe ser enviado a un gestor autorizado para asegurar su tratamiento y disposición final.
Cartuchos de tóner y tintas	-Las tintas y tóner de impresoras, deben ser almacenados en un recipiente de residuos peligrosos. Deben ser recogidas por un gestor autorizado para su tratamiento y disposición final.

Es importante que se asegure que todos los residuos peligrosos sean desviados de los rellenos sanitarios, se debe asegurar igualmente que el gestor contratado para su recolección, tratamiento y disposición les estén dando una adecuada gestión a estos desechos. Igualmente se debe llevar un registro con el peso o volumen correspondiente a este tipo de desechos.

El prerrequisito exige realizar una auditoría de residuos, en esta se deben recolectar los desechos generados en un día. Se deben auditar los desechos ordinarios que son los que son dispuestos directamente en el relleno sanitario y los desechos que van a ser reciclados. Se debe medir la cantidad total de desechos ordinarios y luego se debe separar y medir la cantidad de desechos reciclables que fueron dispuestos incorrectamente en esta categoría, estos se deben medir según el tipo de residuo (papel, plástico, aluminio, cartón, poli-laminado). Además se deben medir los residuos peligrosos que fueron dispuestos incorrectamente en esta categoría.

Para los desechos reciclables, se debe pesar el total de los desechos reciclables y luego se debe separar y medir los desechos no reciclables que fueron dispuestos incorrectamente en esta categoría, estos se deben medir según el tipo de residuo ordinario o peligroso. Al final

de esta auditoría se debe realizar un informe que indique la situación actual de separación de desechos de la edificación, con estos resultados se deben realizar capacitaciones a los funcionarios que permitan corregir los errores de separación evidenciados en la auditoría. Esta auditoría es importante de realizar, se aconseja que se haga semestral o anualmente, ya que permite al proyecto realizar un diagnóstico real de su situación de separación de los residuos sólidos, permitiendo mejorar su gestión.

Finalmente, se recomienda que los encargados de la implementación del proyecto sean el jefe del departamento Gestión Ambiental de la Municipalidad, el encargado de la gestión de residuos sólidos institucional y el profesional LEED AP.

4.1.4.2 MR Prerrequisito 2. Política de mantenimiento y renovación de instalaciones

Actualmente no se cuenta con una política para la gestión de actividades de mantenimiento y renovación, por lo que se debe elaborar una que permita incorporar el elemento de sostenibilidad en este tipo de obras. El Departamento de Ingeniería de la Municipalidad de Heredia es el encargado de la planificación y diseño de las actividades de mantenimiento y renovación del edificio.

Al realizar trabajos de alteración o modificación al edificio se debe elaborar un plan de gestión que indique los encargados del proyecto, el proceso de selección de materiales de acuerdo a los lineamientos establecidos en la política de compras, los tipos de desechos esperados de dicha actividad y el procedimiento a seguir para deshacerse adecuadamente de los desechos generados. Este plan debe incluir capacitaciones a los contratistas, además debe designarse un sitio de acopio de los desechos en obra, separando cada tipo de material para su posterior traslado y procesamiento. Igualmente se deben incluir las acciones necesarias para garantizar el cumplimiento de los lineamientos de la política de calidad de aire interior. Se proponen la siguiente política para cumplir con los requerimientos del prerrequisito:

4.1.4.2.1 Política para actividades mantenimiento y renovaciones

La Municipalidad de Heredia como parte de su compromiso ambiental y de responsabilidad social, se compromete a cumplir con los objetivos de sostenibilidad y de salud ambiental establecidos por la institución al realizar cualquier obra de renovación o mantenimiento de la edificación

La institución se compromete a adquirir todos los materiales necesarios para los procesos de mantenimiento y renovación del edificio administrativo bajo el seguimiento de los siguientes criterios ambientales:

- Reutilizar las estructuras existentes
- Reducir al mínimo la cantidad de materiales a utilizar
- Usar materiales creados de fuentes renovables
- Utilizar materiales con contenido de material reciclado
- Utilizar materiales producidos localmente

Todos los desechos sólidos generados en situ deben ser separados y clasificados. Se debe designar un espacio para el manejo de los residuos que no esté alejado del sitio de la obra, en donde los constructores puedan llevar y clasificar los residuos. El manejo de los residuos sólidos que se sugiere se detalla en el Anexo 3.

Se debe garantizar la calidad del ambiente interior, mediante la implementación de las siguientes medidas (EPA, 2008):

- Protección de los equipos de HVAC: Los equipos no deben ser usados durante las actividades de construcción y se deben remplazar los filtros de los equipos previos a la ocupación.
- Utilizar materiales con bajos niveles de compuestos orgánicos volátiles (VOC).
- Aislar las áreas de trabajo de otros espacios, sellar ventanas y puertas; para controlar el material particulado generado.
- Mantener actividades de limpieza diarias.
- Mantener los materiales separados y organizados.

Es importante que toda actividad de construcción o mantenimiento que registrada mediante evidencia fotográfica, para verificar que se esté cumpliendo con los lineamiento especificados anteriormente.

Finalmente, se recomienda que los encargados de la implementación del proyecto sean el jefe del departamento Gestión Ambiental de la Municipalidad, el encargado de la gestión de residuos sólidos institucional, el contratista e el ingeniero a cargo del proyecto.

4.1.4.3 MR Crédito 1. Compras-Continuas

Actualmente no se puede verificar el cumplimiento de este crédito, ya que los costos de los productos adquiridos están mezclados con los costos de los otros edificios. Se deben separar las compras y establecer una línea base de los productos que se compran actualmente y cuales se están comprando bajos los criterios anteriores. Actualmente la mayoría de resmas de hojas se compran certificadas por el FSC, pero como estrategia para alcanzar este crédito se debe buscar que productos se compran continuamente y tienen un alto costo, estos son los productos que deben de cumplir con los criterios anteriores para alcanzar el crédito. Para demostrar el cumplimiento de este crédito se debe contar con la hoja del fabricante del producto que demuestre que este cumple con los lineamientos anteriores.

Adicionalmente el crédito pide que al menos el 40% según costo del equipo de alimentación eléctrica tenga una certificación Energy Star. La mayoría de los equipos de cómputo de la institución tienen la certificación Energy Star, sin embargo al no tener los costos no se puede demostrar el cumplimiento de este requerimiento. Es importante al igual que las compras continuas establecer una línea base con los costos de los equipos y las hojas técnicas de estos para alcanzar este crédito. El alcance de este crédito le otorgaría un punto al proyecto.

Finalmente, se recomienda que los encargados de la implementación del proyecto sean el jefe del departamento Gestión Ambiental de la Municipalidad, el departamento de proveeduría y el comité de compras sostenibles.

4.1.4.4 MR Crédito 2. Compras- Lámparas

Como se mencionó anteriormente en la categoría de Energía y atmosfera (EA) las luminarias del edificio van a ser cambiadas en su totalidad por luminaria LED, la cual al igual que los fluorescentes tiene un alto rendimiento energético pero tienen la ventaja que no contienen mercurio. En el Cuadro 4.25 se especifican los detalles y la cantidad de iluminarias a implementar.

Cuadro 4.25 Características y cantidad de luminarias a implementar en el edificio administrativo.

Descripción	Cantidad	Promedio de lúmenes (lm)	Promedio de vida (h)	Cantidad de Mercurio
T8T441 Tubo LED T8 Forest Lighting	492	1.900	50.000	-
Tcp LED Br40	409	1.400	25.000	-
Tcp LED A19	60	750	25.000	-
Tcp LED Mr16	4	350	25.000	-
Tcp LED R20	6	550	25.000	-

El promedio de mercurio es de 0 picogramos de mercurio por lumen-hora, por lo que se cumpliría con el crédito y se le otorgaría un punto al proyecto.

Finalmente, se recomienda que los encargados de la implementación del proyecto sean el profesional LEED AP y el contratista

4.1.4.5 MR Crédito 3. Compras-Mantenimiento y renovación de instalaciones

La Municipalidad de Heredia contrata las actividades renovación llave en mano, por lo que no se cuenta con una línea base de costos ya que estos están a cargo del contratista. Sin embargo, se cuenta con las especificaciones de los materiales de las últimas renovaciones realizadas. Estos se detallan en el Cuadro 4.26:

Cuadro 4.26 Principales materiales de construcción utilizados durante las últimas renovaciones

Materiales de construcción		
-Láminas de gypsum	-Cemento	-Tornillos autoroscantes “top-seal”
-Bloques de concreto	-Puertas de madera de cedro	-Pintura anticorrosiva
-Perling	-Marcos de madera de pino	-Piezas sanitarias
-Rodapié plástico	-Pintura de aceite	-Azulejo antideslizante
-Vidrio color bronce 5mm	-Láminas esmaltadas de color blanco	-Cerámica
-Vidrio laminado temperado de color bronce	-Canoas de lámina de hierro galvanizado calibre #24	-Fragua
-Tubería de PVC	-Tubería para cableado eléctrico	

En el país, actualmente hay una serie de productos que cumplen con los requerimientos establecidos en esta categoría, algunos fabricantes especifican en la ficha técnica del producto cuando este cumple con los requerimientos de LEED, en caso de que no esté estipulado en la ficha técnica pero el material cumpla con alguno de los requisitos anteriores se le debe

pedir al fabricante que lo indique en un documento oficial. En el Cuadro 4.27 se detallan algunos productos disponibles en el mercado que permiten el alcance de este crédito:

Cuadro 4.27 Ejemplos de Materiales en el mercado que cumple los estándares de LEED

Material/Producto	Requerimientos que cumple
-Pintura para interiores	-Cero contenido de VOC (Compuestos Orgánicos Volátiles). -Certificación Eco-Sure -En el país muchas compañías ofrecen pinturas que cumplen con estas características.
-Cemento	-Existe cemento con bajas emisiones de CO ₂ -Producción local
-Bondex Piedra rústica: Este material se usa para pegar piedra rústica	-Materiales regionales, los puntos de extracción y lugar de fabricación se encuentran dentro de un radio de 804km. -Bajas emisiones de VOC (Cero contenido de VOC) -Empaque hecho de material reciclable
-Bondex Cerámica: Formulado para pegar cerámica, azulejo, en pisos y paredes de concreto y mampostería.	-Materiales regionales -Bajas emisiones de VOC (Cero contenido de VOC) -Empaque hecho de material reciclable
-Pasta cementicia para dar acabado liso sobre paredes en interiores y exteriores	-Materiales regionales -Bajas emisiones de VOC (Cero contenido de VOC)

Es importante que el diseño de la renovación especificado en el cartel de licitación contemple la compra de materiales que cumplan los requerimientos estipulados para alcanzar el crédito. El uso de materiales para el piso que sean de rápida generación como el bambú, el corcho o el uso de baldosas de moqueta reciclada o láminas de madera reciclada; son alternativas que deben considerarse a la hora del diseño. Se debe de pedir al contratista que al menos 50% de los materiales según costo cumplan con los requerimiento LEED. El cumplimiento de este crédito otorgaría un punto al proyecto.

Finalmente, se recomienda que los encargados de la implementación del proyecto sean el profesional LEED AP, el contratista y la Arquitecta de la Municipalidad.

4.1.4.6 MR Crédito 4. Gestión de desechos sólidos- Continuos

Como parte del PGAI se realizó una auditoría de los residuos valorizables generados durante el mes de septiembre, las cantidades de residuos valorizables registradas durante este mes se detallan en el Cuadro 4.28:

Cuadro 4.28 Residuos valorizables reciclados durante el mes de septiembre del 2015.

Fecha	Papel (kg)	Plástico (kg)	Vidrio (kg)	Cartón (kg)	Aluminio (kg)	Tóner- cartuchos tinta (kg)	Electrónicos (kg)	Tetrabrik (Kg)	TOTAL (kg/semana)
01/09/15	31,00	0,45	0,10	18,50	0,00	1,00	0,00	0,00	51,05
08/09/15	8,00	1,50	0,00	16,00	0,00	1,00	0,50	0,00	27,00
14/09/15	15,00	0,50	0,00	6,50	0,00	5,00	0,00	0,00	27,00
22/09/15	13,50	1,00	1,00	13,00	0,30	1,00	0,50	0,10	30,40
29/09/15	20,00	3,00	0,00	10,00	0,00	3,00	0,00	0,00	36,00

Durante el mes de septiembre se desviaron de los rellenos sanitarios un total de 171,45 kg de residuos valorizables. Sin embargo, para el cumplimiento de este crédito se debe llevar un control del peso de los residuos generados tanto valorizables como ordinarios. Actualmente la Municipalidad solo lleva el record de los residuos ordinarios generados a nivel cantonal, sin embargo se debe realizar una línea base a nivel institucional. Como primer paso para el alcance de este crédito se debe realizar la auditoría de residuos sugerida en el prerrequisito 1, esta permitirá conocer la situación actual de separación y gestión de los residuos de la institución y permitirá establecer medidas para mejorar la gestión actual y alcanzar las metas establecidas por este crédito.

Posteriormente se deben calcular los siguientes indicadores mes a mes, para ver si se llega a los porcentajes requeridos, estos se detallan en el Cuadro 4.29:

Cuadro 4.29 Indicadores de desempeño de la gestión de residuos sólidos a nivel municipal

Indicador	Unidad de medición
Cantidad mensual de residuos llevados al relleno sanitario	Toneladas de residuos ordinarios/mes
Cantidad mensual de residuos reciclados	Toneladas de residuos reciclados/mes
Cantidad de baterías gestionadas mediante un ente autorizado	Kg de baterías recolectadas/mes
Cantidad de fluorescentes gestionadas mediante un ente autorizado	Kg de luminaria recolectadas/mes
Cantidad de equipo electrónico	Kg de equipo electrónico recolectado/mes
Cantidad de tóner y tintas	Kg de tóner y tintas recolectadas/mes
Cantidad de material donado	Kg de materiales donados/mes

Se debe demostrar que la cantidad mensual de residuos ordinarios es menor al 50% del total de los residuos generados por la institución. Igualmente para el alcance de este crédito, es importante seguir el protocolo de gestión de bienes duraderos establecido en el prerrequisito

1, ya que estos deben ser separados por tipo de material. Se debe pesar cada tipo de material que fue reciclado o reusado, estos deben representar el 75% del total de residuos generados.

Una adecuada gestión institucional de residuos sólidos requiere constancia, por lo que es aconsejable mantener programas de capacitaciones periódicas a los funcionarios, para lograr alcanzar las metas planteadas. El cumplimiento de este crédito otorgaría 2 puntos al proyecto.

Finalmente, se recomienda que los encargados de la implementación del proyecto sean el departamento de gestión ambiental institucional.

4.1.4.7 MR Crédito 5. Gestión de desechos sólidos-Mantenimiento y renovación de instalaciones

Para el alcance de este crédito se deben de seguir los protocolos establecidos en el prerrequisito 2. Es importante apoyarse en el crédito de compras de materiales verdes, ya que se debe buscar que la mayoría de materiales posean empaques que puedan ser reciclados posterior a su consumo. Es importante procurar que los materiales adquiridos puedan ser reciclados posteriormente y se debe minimizar al máximo el desperdicio de los materiales durante la construcción.

Durante el planeamiento de la obra, se deben solicitar las listas de materiales, que contengan las hojas de seguridad para determinar la disposición final más oportuna de algunos materiales en específico, como en el caso de disolventes. Es importante designar contenedores en el sitio que permitan separar los residuos de construcción, se recomienda que los residuos sean medidos por volumen ya que facilita la gestión en sitio.

Este crédito es responsabilidad del contratista, por lo que se debe coordinar los requerimientos de este crédito desde el diseño del proyecto como parte del proceso de licitación. Este es el encargado de la separación y gestión de los desechos, sin embargo, siempre se deben hacer visitas al sitio y llevar un registro fotográfico que verifique la adecuada gestión de los desechos. El cumplimiento de este crédito otorgaría 2 puntos al proyecto.

Finalmente, se recomienda que los encargados de la implementación del proyecto sean el contratista y profesional LEED AP

4.1.5 Calidad ambiental interior (EQ)

4.1.5.1 EQ Prerrequisito 1. Desempeño mínimo de la calidad del aire interior

La Municipalidad de Heredia es ventilada en su mayoría por unidades individuales de aire acondicionado, por lo que se calculó la tasa para sistemas de ventilación mecánica. Los parámetros de la zona de ventilación fueron determinados para cada zona ventilada mediante un equipo de HVAC, estos cálculos se detallan en el Cuadro 4.30:

Cuadro 4.30 Cálculo de la zona de flujo de aire exterior para los espacios mecánicamente ventilados del edificio de la Municipalidad de Heredia.

Área o departamento	Población del área (personas)	Área ventilada (m ²)	Rp ¹ (l/s/persona)	Ra ² (l/s/m ²)	Vbz ³ (l/s)	Voz ⁴ (m ³ /min)
Servicios tributarios	6	46,0	5	0,3	43,80	157,70
Patentes	2	40,0	5	0,3	22,00	79,20
Auditoría interna	3	34,5	5	0,3	25,35	91,30
Acesoría y gestión jurídica	7	62,0	5	0,3	53,60	192,96
Planificación	2	21,0	5	0,3	16,30	58,68
Servicios de TI	3	42,0	5	0,3	22,60	81,36
Control fiscal y urbano	7	29,0	5	0,3	43,70	157,32
Control interno	1	15,0	5	0,3	9,50	34,20
Dirección de inversión pública	14	152,0	5	0,3	115,60	416,16
Sala de reuniones	12	29,0	5	0,3	68,70	247,32
Alcaldía	6	54,0	5	0,3	46,20	166,32
Contraloría de servicios	2	16,4	5	0,3	14,92	53,71
Sindicato	1	9,5	5	0,3	7,85	28,26
Comunicación institucional	3	18,8	5	0,3	20,64	73,30
Vice-alcaldía	4	51,0	5	0,3	35,3	127,08
Proveeduría	6	94,0	5	0,3	58,20	209,52
Contabilidad	5	41,5	5	0,3	37,45	134,82

¹Rp: Tasa de aire exterior por persona

²Ra: Tasa de aire exterior requerida por unidad de área

³Vbz: zona de respiración de flujo de aire externo

⁴Voz: zona de flujo de aire exterior requerido

En el Cuadro 4.31 se muestra las unidades de aire acondicionado disponibles, la potencia de cada unidad y la cantidad de flujo de aire que la unidad puede proporcionar.

Cuadro 4.31 Distribución y caracterización de unidades de HVAC instaladas por departamento

Departamento	Unidades de HVAC instaladas	Potencia (BTU)	Flujo máximo de aire que proporciona la unidad de HVAC (m ³ /h)	Voz requerida (m ³ /h)
Servicios tributarios	-2 Haier SUQ012	-2 unidades de 12000	550 por unidad	157,70
Patentes	-1 Haier HSUQ012	-1 unidad de 12000	550	79,20
Auditoría interna	-1 LG modelos F122CS	-1 unidad de 12000	550	91,30
Acesoría y gestión jurídica	-3 LG F122CS	-2 unidades de 12000	550 por unidad	192,96
Planificación	-2 LG F122CS	--2 unidades de 12000	550 por unidad	58,68
Servicios de TI	-1 COOLTEK SE-12CRN1-CL.	-1 unidad de 12000	-550 por unidad de 12000 BTU	81,36
	-1 COOLTEK SM118CR-CL	-1 unidad de 18000	- 750 por unidad de 18000 BTU	
Control fiscal y urbano	-2 Frigilux ASFR-09R3	-2 unidades de 9000	480 por unidad	157,32
Control interno	-1 Frigilux ASFR-09R3	-1 unidad de 9000	480	34,20
Dirección de inversión pública	-2 Frigilux ASFR-12KCH-P	-2 unidades de 12000	- 550 por unidad de 12000 BTU	416,16
	-3 Frigilux ASFR	-3 unidades de 24000	- 1050 por unidad de 24000 BTU	
Sala de reuniones	-1 Frigilux ASFR-09R3	-1 unidad de 9000	480	247,32
Alcaldía	-3 Lennox	-3 unidades de 12000	550 por unidad	166,32
Contraloría de servicios	-1 Haier HSUQ018	-1 unidad de 18000	750	53,71
Sindicato	-1 YORK HLEA09FS-ADR	-1 unidad de 9000	- 480 por unidad de 9000 BTU	28,26
Comunicación institucional	-1 Frigilux ASFR-12R3	-1 unidad de 12000	- 550 por unidad de 12000 BTU	73,30
Vice-alcaldía	-1 Frigilux ASFR-24KCH-M	-1 unidad de 24000	- Un máximo de 750 m ³ /h por unidad de 18000 BTU	127,08
	-1 Miller NHX3-018KNW1	-1 unidad de 18000	- Un máximo de 1050 m ³ /h por unidad de 24000 BTU	
Proveeduría	-2 Frigilux ASFR-9kCH-P -1 COOLTEK SE09CRN1-CL	- 3 unidad de 9000	480 por unidad	209,52
Contabilidad	-2 Frigilux ASFR-9KCH-P	- 2 unidad de 9000	480 por unidad	134,82

En el cuadro 4.31 se puede observar que en cada departamento hay unidades que pueden proporcionar un flujo de aire mayor al requerido por el recinto según la norma ASHRAE. Sin embargo, para efectos del cumplimiento de este prerrequisito, es necesario que el flujo del aire sea calculado por un experto en el área.

Finalmente, se recomienda que los encargados de la implementación del proyecto sean el profesional LEED AP y un Ingeniero Mecánico

4.1.5.2 EQ Prerrequisito 2. Control del humo ambiental del tabaco

Este actualmente se cumple gracias a la Ley general de control del tabaco y sus efectos nocivos en la salud (Ley N°9028) (Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica, 2012), la cual prohíbe el fumado en centros de trabajo y dependencias de las administraciones públicas.

4.1.5.3 EQ Prerrequisito 3. Política de limpieza ecológica

El edificio administrativo de la Municipalidad de Heredia cuenta con una limpieza diaria de rutina, el trabajo es realizado por las misceláneas, cada una se encarga de limpiar un área o departamento específico. Los productos utilizados actualmente en la limpieza se detallan en el Cuadro 4.32

Cuadro 4.32 Productos de limpieza utilizados en el edificio administrativo de la Municipalidad de Heredia

Productos Químicos		Otros
Detergente en polvo	Cera biodegradable	Bolsas plásticas
Aromatizante en aerosol	Alcohol en gel biodegradable	Mechas para limpiar
Jabón líquido para manos biodegradable	Líquido quita grasa para microondas	Limpión microfibra
Cloro industrial al 3%	Jabón lavaplatos biodegradable	Guantes de hule
Eco-acid limpiador de loza sanitaria	Abrillantador de superficies	Papel higiénico
Líquido para limpiar vidrios	Desinfectante biodegradable concentrado	
Pastilla germicida	Desatorador	

Actualmente se compran varios productos biodegradables, sin embargo, se debe estandarizar los procedimientos de limpieza del edificio mediante una política de manera que se reduzca el impacto generado en la actualidad. Se propone la siguiente política de limpieza para el cumplimiento de este prerrequisito:

4.1.5.3.1 Política de limpieza institucional

La Municipalidad de Heredia como parte de su responsabilidad ambiental, se compromete a cumplir con los objetivos de sostenibilidad y de salud ambiental establecidos por la institución al realizar las actividades de limpieza institucional.

La institución reducirá la exposición de los ocupantes del edificio y personal de mantenimiento a productos químicos potencialmente peligrosos, contaminantes biológicos y partículas; que afecten negativamente la calidad de aire, la salud humana, acabados de la construcción y el medio ambiente mediante la aplicación de lo siguiente:

- Un registro del uso de productos químicos
- El seguimiento de la compra de todos los productos y materiales de limpieza.
- Utilizar productos y materiales de limpieza que cumplan los criterios de sostenibilidad establecidos.
- Reducir la cantidad de agua y materiales utilizados durante los procedimientos de limpieza, procurando disminuir los desechos generados

La institución se compromete a adquirir al menos el 40% de los materiales necesarios para los procesos de limpieza del edificio administrativo utilizando los siguientes criterios ambientales:

- Todos los productos de limpieza deben ser elaborados por materiales provenientes de fuentes renovables.
- Se debe buscar utilizar productos que contengan material reciclado.
- Se debe utilizar sustancias no peligrosas y biodegradables.
- Utilizar materiales no tóxicos.
- Utilizar materiales con bajo contenido de VOC.
- Comprar productos de producción ecológica.
- Preferir productos que tenga una menor cantidad de empaque/embalaje.

Para el cumplimiento de la política establecida, se debe estandarizar los procesos de limpieza de manera que se cumplan con los objetivos ambientales planteados. En el Cuadro 4.33 se

enumeran los procedimientos generales de limpieza que debe seguir el personal encargado de la limpieza en la institución

Cuadro 4.33 Procedimientos estándar de limpieza de la institución

Actividad	Procedimiento
-Limpieza de polvo	-En esta actividad no se debe utilizar agua o algún tipo de producto químico, se debe realizar únicamente mediante métodos mecánicos
-Limpieza de espejos, vidrios	-Utiliza agua o limpiador de vidrio con derivados naturales, sin amoníaco, biodegradable. - Se deben utilizar toallas de microfibra para limpiar las superficies, ya que estas remueven la carga microbiana con mayor efectividad que las toallas de algodón, requiere una menor cantidad de producto químico y el material permite ser reutilizado.
-Limpieza general de superficies	- Utilizar un desinfectante biodegradable, libre de fosfatos y amoníacos, con tenso activos biodegradables. El producto debe ser diluido con agua para disminuir el uso de químicos. -No se deben utilizar aerosoles para aromatizar el lugar.
-Limpieza de piezas sanitarias	- Actualmente se utiliza el producto Eco Acid para la limpieza de los mingitorios, este se debe utilizar para la limpieza de toda la loza sanitaria como sustitución del cloro ya que es biodegradables y contiene ingredientes de fuentes naturales.

Finalmente, se recomienda que los encargados de la implementación del proyecto sean el jefe del departamento de gestión ambiental, el departamento de Proveeduría y el departamento encargado de la limpieza.

4.1.5.4 EQ Crédito 1. Programa de gestión de la calidad del aire interior

Un programa de gestión de calidad del aire interior se compone por un programa de mantenimiento preventivo y prácticas de limpieza adecuadas. Su principal objetivo es controlar la presencia de contaminantes que afecten la calidad del ambiente interno. Estos se producen por las actividades diarias de la edificación o por la contaminación del flujo de aire exterior, las fuentes de polución más comunes en el edificio se describen en el Cuadro 4.34:

Cuadro 4.34 Principales contaminantes que afectan la calidad del aire en la edificación

Tipo de contaminante	Posibles fuentes
Gases provenientes de la combustión	Aire externo, automóviles
VOC	Pinturas, solventes, tintas, perfumes, productos de limpieza
Material particulado	Actividades de construcción, deterioro de materiales, combustión, otras fuentes externa

Es importante realizar un control adecuado de estos contaminantes. Por lo que se propone el siguiente programa de mantenimiento preventivo y el programa de limpieza:

4.1.5.4.1 Programa de mantenimiento preventivo

El edificio administrativo cuenta con ventanas que permiten la ventilación natural, sin embargo, para una correcta ventilación de la edificación los ocupantes regulares utilizan las unidades de HVAC instaladas. Por lo que los aires acondicionados actualmente son los sistemas utilizados para garantizar la calidad del ambiente interno. Estos cuentan actualmente con actividades de mantenimiento preventivo las cuales fueron descritas en el cuadro 4.11. En el plan de mantenimiento se especifica que los filtros de las unidades de HVAC son limpiados trimestralmente y estos son sustituidos anualmente. Sin embargo, es importante asegurar la calidad de estos ya que son los encargados de proporcionar un aire de buena calidad a los ocupantes de la edificación. Por lo que es importante que durante el mantenimiento trimestral se detalle el estado del filtro y si se encuentra en mal estado este debe ser cambiado inmediatamente.

4.1.5.4.2 Programa de limpieza

La contaminación de la calidad del ambiente interno también es generada por las actividades de limpieza, por lo que es necesario la elección de productos y métodos que reduzcan al mínimo la introducción de contaminantes en el ambiente. Se deben seguir los procedimientos de limpieza establecidos en el EQ prerequisite 3, además se deben utilizar productos de limpieza con las siguientes características:

- Utilizar productos de baja emisión de VOC
- Evitar el uso de aerosoles y spray
- Se deben almacenar los productos adecuadamente en recipientes debidamente rotulados y herméticos.
- Evitar el uso de ambientadores.

El plan de mantenimiento preventivo y programa de limpieza permitirán asegurar una calidad adecuada del entorno durante las operaciones normales del edificio. Sin embargo, durante

actividades extraordinarias se deben seguir los siguientes protocolos para controlar las fuentes de contaminación:

Cuadro 4.35 Protocolos para el manejo de las principales fuentes de polución en la edificación (EPA, 2008)

Actividad	Estrategias
Remodelaciones	<ul style="list-style-type: none"> -Utilizar efectivamente las estrategias propuestas en los créditos anteriores para la selección de materiales. -Aislar el área de construcción de los ocupantes regulares del edificio.
Pintura	<ul style="list-style-type: none"> .Utilizar pinturas con bajos niveles de VOC, de secado rápido. -Realizar las actividades de pintura durante las horas en que el edificio no está ocupado. -Ventilar adecuadamente el área pintada antes de que sea ocupada nuevamente. -Utilizar la ventilación natural los días posteriores a la ocupación del área. -Evitar el uso de aerosoles
Control de plagas	<ul style="list-style-type: none"> -Controlar la suciedad, humedad, el desorden para reducir al mínimo la presencia de plagas. -Utilizar cebos o trampas en lugar de pesticidas en aerosol. -Evitar la aplicación periódica de plaguicidas para la prevención de plagas. -Usar pesticidas sólo cuando hay presencia de plagas. -Aplique pesticidas solamente durante horas no ocupadas. -Ventile el edificio con cantidades significativas de aire exterior durante y después de las aplicaciones. -Utilizar la ventilación natural los días posteriores a la ocupación del área.

El establecimiento y verificación del programa de gestión de la calidad del aire interior le otorgaría 2 puntos al proyecto.

Finalmente, se recomienda que los encargados de la implementación del proyecto sean el jefe del departamento de Gestión Ambiental, el departamento encargado de la limpieza y el contratista encargado del mantenimiento preventivo de las unidades de A/C.

4.1.5.5 EQ Crédito 2. Estrategias avanzadas de calidad del aire interior

Los filtros que poseen las unidades de aire acondicionado en la actualidad son sustituidos anualmente, para el cumplimiento de este crédito en el próximo cambio de filtros que se realice se deben colocar filtros que posean una eficiencia de filtración MERV 13; este tipo de filtros proporcionan una remoción de partículas de entre el 80%-85%. Estos tienen una mayor eficiencia que los filtros con los que se cuenta actualmente. Los filtros de mayor eficiencia se recomiendan ya que ayudan a mejorar la calidad del aire interior y a la vez ayuda

a minimizar el consumo eléctrico del equipo. La implementación de esta estrategia le otorgaría un punto al proyecto.

Los medidores de CO₂ sugeridos como segunda opción para el cumplimiento de este crédito representan un alto costo, por esta razón se optó por la primera opción. Sin embargo, se realizaron mediciones de temperatura, CO₂ y humedad relativa para evaluar la situación actual de la calidad del aire. Los resultados de dichas mediciones se resumen en el Cuadro 4.36:

Cuadro 4.36 Mediciones de CO₂, temperatura y humedad relativa de los departamentos de la edificación

Departamento	Concentración de CO₂ (±50) ppm	Temperatura (±0,6) °C	Humedad relativa (±0,3) %
Igualdad de equidad de genero	542	22,6	58,8
Talento Humano	1015	22,9	49,9
Servicios tributarios	568	24,5	59,1
Patentes	509	23,1	51,0
Auditoría interna	570	25,7	46,5
Asesoría y gestión jurídica	810	25,6	49,3
Planificación institucional	585	25,4	51,2
Servicios de TI	1172	21,3	53,4
Control fiscal y urbano	479	25,2	56,8
Dirección de inversión pública	473	23,8	58,1
Sala de reuniones	509	26,0	67,9
Alcaldía	492	25,9	54,1
Contraloría de servicios	496	26,5	57,0
Comunicación institucional	930	25,5	59,9
Valoración y catastro	584	24,3	54,4
Vice alcaldía	597	25,2	59,7
Proveeduría	626	24,3	46,8
Tesorería	565	25,4	59,4
Contabilidad	1067	23,4	42,5
Plataforma de servicios	850	24,8	62,6

El límite máximo recomendado de CO₂ en oficinas es de 1000 ppm (EPA, 2008), según el cuadro 4.36 existen tres departamentos que presentan concentraciones mayores a las permitidas. Concentraciones de CO₂ elevadas pueden indicar que el nivel de ventilación de la unidad es muy baja. Estos tres departamentos a pesar de que cuentan con acceso a la ventilación natural, utilizan solo las unidades de HVAC para la climatización del lugar por

lo que se recomiendan que fuera de la jornada se ventilen las oficinas mediante ventilación natural.

El límite de humedad debe ser menor al 60%, para controlar la presencia de microorganismos y evitar la proliferación de moho (EPA, 2008). Actualmente existen dos departamentos que presentan húmedas relativas mayores a las sugeridas, en estas unidades se debe revisar el estado de los filtros e identificar si estos tienen presencia de moho.

La temperatura para un confort adecuado debe ser menor de 26,6 °C (EPA, 2008). En este caso todas las temperaturas reportadas son menores. Sin embargo, al realizar las mediciones varios funcionarios manifestaron molestias debido al ajuste de la temperatura; ya que existen muchos funcionarios que prefieren temperaturas más bajas y esto interfiere con el confort térmico de los demás. Es importante que la temperatura utilizada en las unidades de HVAC no sea menor a 23°C para garantizar el confort térmico de los ocupantes.

Finalmente, se recomienda que los encargados de la implementación del proyecto sean el profesional LEED AP y el contratista encargado del mantenimiento preventivo de las unidades de A/C.

4.1.5.6 EQ Crédito 3. Confort térmico

El cumplimiento de este crédito implica la colocación de sensores que registran la temperatura y la humedad relativa en 21 departamentos de la Institución, este crédito representa un alto de costo de implementación y no proporcionaría una mejora significativa a la edificación, ya que la temperatura es regulada por los funcionarios de cada departamento. Por lo que no se va optar por su cumplimiento.

4.1.5.7 EQ Crédito 4. Iluminación interior

Como se había mencionado anteriormente se van a cambiar las luminarias existentes por luminaria LED, las características y cantidades de las luminarias que van a ser instaladas se detallan en el Cuadro 4.37:

Cuadro 4.37 Características de las luminarias LED que van a ser instaladas den la institución

Descripción	Cantidad	Luminosidad (lm)	Vida útil (horas)	CRI
Tubo LED T8	472	1900	50000	80
Tcp LED Br40	458	1400	25000	82
Tcp LED A19	60	750	25000	82
Tcp LED Mr16	4	350	25000	82
Tcp LED R20	6	550	25000	82

Como se observa en el cuadro 4.37, as luminarias a instalar cumplen con los requerimientos establecidos por el crédito. El 100% de los dispositivos de iluminación poseen una luminancia menor a 2500 lúmenes, un CRI mayor a 80 y una vida útil mayor a 24000 horas. Por lo que se le otorgaría un punto al proyecto.

Finalmente, se recomienda que los encargados de la implementación del proyecto sean el profesional LEED AP y el contratista encargado del proyecto del cambio de luminarias.

4.1.5.8 EQ Crédito 5. Iluminación natural y vistas de calidad

La edificación mantiene un sistema de iluminación mixto, luz natural mediante el diseño de ventanales, techos con láminas difusoras y tragaluces, así como luz artificial mediante el uso de luminaria tipo fluorescente. En junio del 2015, se realizó un estudio por parte del departamento de Seguridad Laboral para evaluar la calidad de la iluminación del edificio. En este estudio se hicieron mediciones en cada departamento de la institución, las mediciones fueron realizadas durante la mañana y la tarde con el fin de determinar el nivel de iluminación en el horario habitual de las actividades.

El estudio demostró que solo el 12,3% de los puntos evaluados cumplen con los requerimientos establecidos por la norma de referencia del país INTE-31-08-06-14 “Niveles y condiciones de iluminación en centros de trabajo”. Esta establece que el nivel mínimo de iluminancia en oficinas debe ser de 500 lúmenes y en pasillos de 200 lúmenes (INTECO, 2000). Se considera que la iluminación existente es deficiente para las actividades que se realizan. Es por esta razón que se implementará el proyecto de sustitución de luminarias mencionado anteriormente en la sección de Energía y Atmosfera.

Debido a que la iluminación natural de la edificación es deficiente y es necesario aumentar la cantidad de luminarias existentes para lograr cumplir con la iluminación mínima requerida

para los espacios de trabajo, se considera que este crédito no es alcanzable mediante la opción de iluminación natural de calidad.

Las oficinas que son ocupadas con regularidad representan aproximadamente un área de 1222,8 m², las oficinas que cumplen con el requerimiento de vistas de calidad solicitadas por el crédito poseen un área de 321,2 m². Estas oficinas representan solamente el 26% del total, por lo que este crédito no es alcanzable mediante la opción 2.

4.1.5.9 EQ Crédito 6. Limpieza ecológica-Evaluación de efectividad de la limpieza

Se establecerán auditorías que deben ser realizadas anualmente, para evaluar la efectividad de la limpieza de la edificación. La auditoría propuesta está basada en las directrices establecidas por la Asociación de administradores de Plantas Físicas (APPA, por sus siglas en inglés). Las auditorías se deben de realizar en al menos 10% de las oficinas o áreas comunes de la institución, se debe realizar una auditoría individual por cada área o departamento seleccionado.

Para cada tipo de espacio, se debe calificar la apariencia de los ítems de acuerdo a las siguientes cinco niveles:

- Nivel 1: Orden impecable
- Nivel 2: Aseo ordinario
- Nivel 3: Desatención casual
- Nivel 4: Desorden moderado
- Nivel 5: Aseo negligente

La auditoría se debe realizar utilizando la plantilla que muestra en el Cuadro 4.38, se debe aplicar el factor de ponderación establecido para determinar la calificación absoluta y calcular el nivel promedio de apariencia para las oficinas auditadas.

Cuadro 4.38 Plantilla para auditar los espacios según los parámetros de APPA (U.S Green Building Council, 2013)

Ítem de apariencia	Factor de ponderación	Nivel de apariencia					Puntaje absoluto (Factor x nivel)
		1	2	3	4	5	
Pisos	55						
Superficies horizontales	12						
Luminarias	3						
Contenedores de basura	23						
Superficies verticales	7						
Puntuación total							
Nivel= Puntuación total/100							

Se debe obtener un nivel de apariencia promedio de 2.5. En caso de obtener calificaciones menores, se deben de implementar medidas que permitan mejorar el nivel de apariencia de la institución.

Para evaluar la situación actual del inmueble se auditaron tres departamentos, los resultados se muestran en el Cuadro 4.39, en el apéndice 3 se muestran las plantillas.

Cuadro 4.39 Resumen de resultados conducción de la auditoria para la verificación de la limpieza según los lineamientos de APPA.

Departamento	Nivel obtenido
Igualdad de equidad de género	2.35
Servicios de TI	2.67
Dirección de inversión pública	2.38
Nivel Promedio	2.47

La calificación obtenida está cerca del promedio que debe obtener, por lo que la condición de limpieza del inmueble se considera adecuada. El cumplimiento de este crédito otorgaría un punto al proyecto.

Finalmente, se recomienda que los encargados de la implementación del proyecto sean el profesional LEED AP y el supervisor de limpieza institucional.

4.1.5.10 EQ Crédito 7. Limpieza ecológica-Productos y materiales

Actualmente no se puede verificar el cumplimiento de este crédito, ya que los costos de los productos adquiridos están mezclados con los costos de los otros edificios. Se deben separar las compras y establecer una línea base de los productos que se compran actualmente y cuales se están comprando bajos los criterios anteriores y demostrar que el 75% según costo se compran según los lineamientos requeridos.

En el país, actualmente hay una serie de productos que cumplen con los requerimientos establecidos en esta categoría, la mayoría de fabricantes especifican en la ficha técnica del producto cuando este cumple con los requerimientos de LEED, en caso de que no esté estipulado en la ficha técnica pero el material cumpla con alguno de los requisitos anteriores se le debe pedir al fabricante que lo indique. En el Cuadro 4.40 se detallan algunos de los productos disponibles en el mercado que permiten el alcance de este crédito:

Cuadro 4.40 Ejemplos de productos en el mercado que cumple los estándares de LEED

Material/Producto	Requerimientos que cumple
Productos de limpieza verde	Existe una amplia gama de productos de limpieza que cumplen con el estándar de selección segura de productos de limpieza de la EPA. Algunos de los productos disponibles son limpiadores de vidrio, limpiadores de superficies, desinfectantes, blanqueadores sin cloro, detergente, líquido para lavar platos, limpiador de tazas para inodoro. Todos los productos Green Works de Clorox cumplen con este estándar.
Productos sanitarios de papel con contenido reciclado	Existe papel de baño que contiene un 100% de la fibra reciclada. Existen toallas de papel que contienen 80% de la fibra reciclada.
Bolsas de basura	Existen bolsas de basura que contienen material reciclado y son biodegradables.

Comprar el 75% de los productos de limpieza bajos los requerimientos establecidos por el crédito le otorgaría un punto al proyecto.

Finalmente, se recomienda que los encargados de la implementación del proyecto sean el profesional LEED AP y el departamento de Proveeduría.

4.1.5.11 EQ Crédito 8. Limpieza ecológica-Equipo

Este crédito no es alcanzable, la edificación no cuenta con equipos de limpieza a motor que puedan cumplir con las características establecidas por el crédito. Las actividades de limpieza

se realizan de manera manual, debido a las características de los pisos, los cuales son en su totalidad de cerámica.

4.1.5.12 EQ Crédito 9. Manejo integrado de plagas

Actualmente la Municipalidad no cuenta con un plan de manejo de plagas, por lo que se propone el siguiente plan como una guía para el manejo de plagas en situaciones futuras y para cumplir los requerimientos de este crédito.

4.1.5.13 Plan de manejo integrado de plagas

El propósito del siguiente plan es guiar a los funcionarios municipales en el manejo integrado de plagas mediante el uso de estrategias de control menos tóxicas y ambientalmente sensibles. Los elementos esenciales del plan son los siguientes:

- Utilizar pesticidas con bajo grado de toxicidad.
- Minimizar el uso de químicos
- Utilizar pesticidas solamente en áreas específicas y para controlar especies determinadas.
- Realizar inspecciones de rutina preventivas.

Aplicar medidas de prevención es fundamental para evitar la proliferación de plagas en el edificio, además que permite brindar un ambiente seguro y de calidad a sus ocupantes. Las siguientes medidas de prevención deben ser aplicadas en la edificación:

- Limpiar adecuadamente y eliminar el desorden para simplificar la limpieza y minimizar los posibles escondites de las plagas.
- Mantener el área de contenedores de basura limpia, ordenada, cubierta y libre de olores. Evitar la acumulación de basura en los contenedores. Especialmente en el área del comedor ya que es donde se depositan una mayor cantidad de desechos orgánicos.
- Enjuagar todos los recipientes de alimentos y bebidas antes de colocarlos en los contenedores de reciclaje.
- Limpiar las áreas de manipulación de alimentos con frecuencia, especialmente el comedor institucional.

- Reparar los grifos que gotean y las fugas en las tuberías.

Cuando un problema de plagas es detectado, se deben investigar las causas de la situación para determinar las medidas preventivas que no se aplicaron correctamente y eliminar deficiencia del sistema. Al identificar la presencia de una plaga se debe registrar la locación y la severidad del problema, las medidas que se van a utilizar para controlarla, de ser necesario el uso de pesticidas se debe indicar el tipo de pesticida a utilizar y el volumen utilizado.

Como primera medida para el control de la plaga se deben usar trampas, señuelos y otras estrategias que eviten el uso de plaguicidas. Los plaguicidas deben ser usados únicamente cuando es estrictamente necesario, se deben usar plaguicidas con baja toxicidad y específicos para la especie a tratar. Los pesticidas deben ser aplicados únicamente en el sitio donde se originó el problema y durante las horas en el edificio no está ocupado. Se deben ventilar adecuadamente la zona en que se aplicó el pesticida previo a que el área sea ocupada nuevamente.

Se debe notificar a los ocupantes regulares de la edificación cuando ha sido aplicado un pesticida. La notificación debe ser enviada 72 horas antes de la aplicación (Castro, 2012), se debe especificar el tipo de químico a utilizar y sus riesgos a la salud para que las personas puedan tomar las precauciones que consideren necesarias para proteger su salud.

Finalmente, se recomienda que los encargados de la implementación del proyecto sea el jefe del departamento de Gestión Ambiental

4.1.5.14 EQ Crédito 10. Encuesta de confort de los ocupantes

La encuesta fue respondida por 60 personas lo que representa el 48% de los funcionarios regulares de la Institución. Los resultados obtenidos permiten evaluar el nivel de satisfacción de los ocupantes con su área de trabajo, al evaluar las categorías de confort térmico, calidad de aire, calidad de la iluminación, los niveles de ruido y la limpieza general de la zona.

En cuanto al confort térmico, el 81,7% de los encuestados manifestó que para regular la temperatura en su área de trabajo utilizan las unidades de aire acondicionado. Un 53,3% cree que la temperatura de su área de trabajo es la adecuada, sin embargo, existe un 33% que se

queja que la temperatura es muy alta y un 18,3% que establece que esta es muy baja. Muchos de los encuestados establecen que suelen tener dificultades para seleccionar la temperatura de las unidades de HVAC, ya que sus compañeros tienen preferencias diferentes. En la Figura 4.6 se ilustran los resultados obtenidos en cuanto al nivel de satisfacción de los ocupantes con las condiciones térmicas actuales.

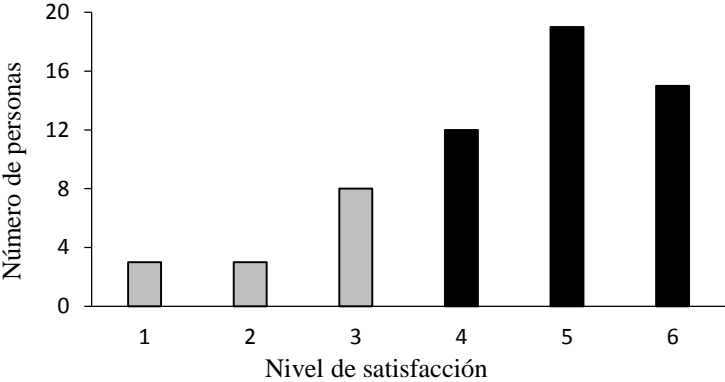


Figura 4.6. Nivel de satisfacción con las condiciones térmicas actuales.

El número 1 representa que el funcionario está muy insatisfecho y el número 5 que este se encuentra muy satisfecho. Según la Figura 4.6, el 76,7% de los ocupantes regulares están satisfechos con las condiciones térmicas actuales de su lugar de trabajo. En la sección de calidad de aire, un 76,7% manifestaron que la calidad de aire de su área de trabajo es buena, los resultados de esta categoría se ilustran en la Figura 4.7. El 23,3% que está insatisfecho con la calidad del aire de su zona de trabajo manifiesta que esto se debe en la mayoría de los casos a la falta de ventilación y a la presencia de polvo.

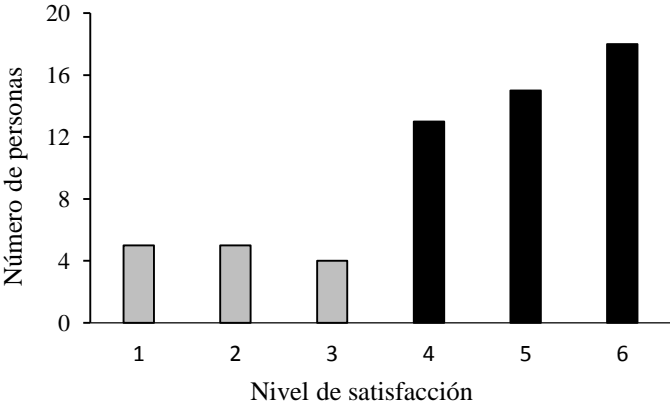


Figura 4.7 Nivel de satisfacción con respecto a la calidad del aire en el espacio de trabajo

Para mejorar las condiciones térmicas de los ocupantes regulares, es necesario que un experto verifique que el flujo del aire por área cumpla los requerimientos establecidos en el EQ Prerrequisito 1, con el fin de garantizar una adecuada ventilación en cada área de trabajo. Además se debe reubicar a los funcionarios que manifiestan que la temperatura de la zona de trabajo era muy baja, a una distancia lejana de las unidades de HVAC, para evitar que el flujo de aire disturbe su trabajo.

En cuanto a las condiciones de iluminación actuales en los espacios de trabajo, el 86,7% de los respondientes considera que la cantidad de luz en su lugar de trabajo es adecuada. Los resultados de satisfacción de esta sección se ilustran en la Figura 4.8.

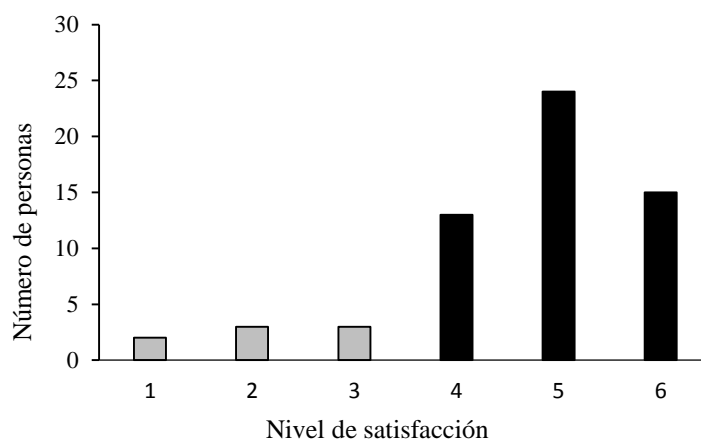


Figura 4.8. Nivel de satisfacción con respecto a las condiciones visuales de iluminación en el espacio de trabajo

La iluminación insuficiente en algunas áreas de trabajo va a ser mejorada por el proyecto de cambio de luminarios por luminarias LED que se mencionó en los créditos EQ 4 y EQ 5, este garantizará que la iluminancia mínima de cada área sea de 500 lúmenes.

En cuanto al confort sónico en el área de trabajo, un 84,9% creen que el nivel de ruido de sus oficinas es adecuado. El 15% restante que creen que los niveles de ruido de su oficina son muy altos, justifican que este se debe al ruido exterior al edificio ya que sus oficinas colindan con la carretera principal la cual es muy transitada. En la Figura 4.9 se ilustran los resultados de satisfacción de esta sección.

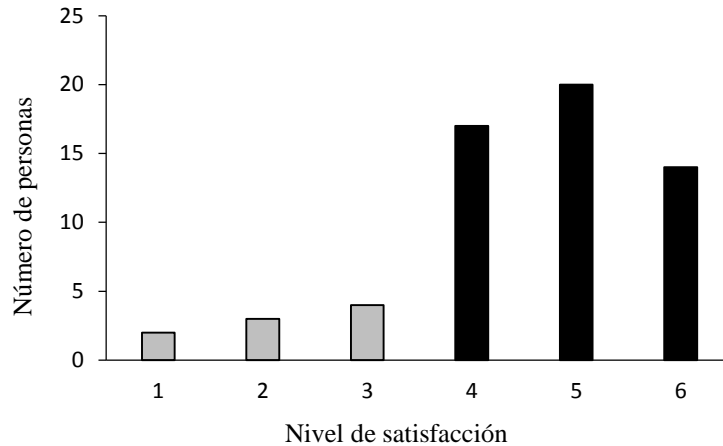


Figura 4.9 Nivel de satisfacción con respecto al confort sónico en el área de trabajo

En cuanto a la limpieza de la edificación, un 81,6% de los funcionarios considera que la limpieza del edificio es adecuada. El 18,4% que se encuentra disconforme con la limpieza establece que las principales áreas a mejorar son los baños y el comedor. Los resultados de esta sección se ilustran en la Figura 4.10.

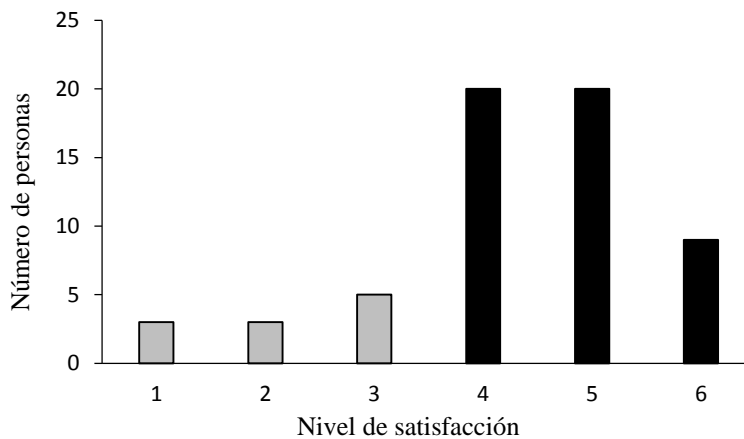


Figura 4.10 Niveles de satisfacción con respecto a la limpieza del edificio

La auditoría basada en las directrices establecidas por la Asociación de administradores de Plantas Físicas propuesta en el EQ Crédito 6, permitirá identificar las áreas que presentan una limpieza deficiente y proponer medidas que permitan mejorar el nivel de apariencia de estas.

Al final se les preguntó a los encuestados su nivel de satisfacción general con el área de trabajo y un 83,3% de los encuestados establece que su área de trabajo es adecuado. Por lo

que según los resultados obtenidos en la encuesta menos del 20% de los ocupantes están insatisfechos con su área de trabajo.

Finalmente, se recomienda que el encargado de la implementación del proyecto sea el profesional LEED AP

4.1.6 Innovación (IN)

4.1.6.1 IN Crédito 1. Innovación

Para optar por el crédito de innovación se va propone que el proyecto cuente con plantas eléctricas de emergencia que cumplan con los niveles máximos de ruido establecido en el Reglamento nacional para el control de ruidos y vibraciones Decreto N° 10541-TSS, en el cual se exige que toda máquina, equipo o aparato dentro del lugar de trabajo deberá tener niveles de ruido menores a 85 dB (Ministerio de trabajo y seguridad social, n.d.) En el Cuadro 4.40 se detalles técnicos de la planta actual instalada en el edificio, en el anexo 4 se encuentra la ficha técnica del equipo:

Cuadro 4.41 Detalles técnicos de la planta eléctrica de emergencia del edificio administrativo de la Municipalidad de Heredia

Equipo	Características técnicas	Nivel de ruido
Planta eléctrica Modasa MP-150	.Aislamiento clases H/H para alternador -Combustible diésel -Conexión trifásica monofásica -Factor de potencia de 0,8 -Bastidor de acero estructural con amortiguadores anti vibratorios -Baterías de arranque con soporte y cable.	-70 dB

La planta actual cumple con el requerimiento propuesto por lo que se le otorgaría un punto extra al proyecto, por proponer un crédito innovador.

Finalmente, se recomienda que el encargado de la implementación del proyecto sea el profesional LEED AP

4.1.6.2 IN Crédito 2. Profesional LEED acreditado

Se recomienda que el proceso de certificación sea conducido por un profesional LEED AP. Este no es un requerimiento obligatorio, la presencia de una persona con conocimiento y

experiencia en certificaciones mediante el sistema de evaluación LEED ayudará al proyecto en el entendimiento de los elementos del sistema de evaluación, el alcance de los prerrequisitos y créditos y el proceso de aplicación para la certificación. El contar con un profesional LEED le otorgará un punto adicional al proyecto.

4.1.7 Prioridad regional (PR)

4.1.7.1 PR Crédito 1. Prioridad regional

Actualmente el Consejo de construcción verde del país (GBCCR, por sus siglas en inglés) no ha establecido créditos de prioridad regional para el país, por lo que se utilizan los créditos de prioridad regional establecidos por el USGBC para proyectos fuera de Estados Unidos.

Los créditos de prioridad regional establecidos para el sistema de evaluación LEED: O+M para edificaciones existentes son los siguientes (U.S Green Building Council, 2015c):

- EA Crédito 7. Energías renovables y compensaciones de carbono
- EA Crédito 4. Optimización del desempeño energético
- EQ Crédito 5. Luz natural y vistas de calidad
- SS Crédito 2. Manejo de las aguas pluviales
- WE Crédito 1. Reducción del consume de agua en el exterior
- WE Crédito 2. Reducción del consumo de agua en el interior

Los créditos de prioridad regional se otorgan automáticamente en el sistema online, al demostrar el cumplimiento de los créditos mencionados anteriormente. Las estrategias para alcanzar los créditos que se propusieron anteriormente contemplan el cumplimiento de los créditos de energías renovables, el manejo de las aguas pluviales, la reducción del consumo de agua en el exterior y la reducción del consumo de agua en el interior. Por lo que el proyecto podría ganar cuatro puntos adicionales.

Finalmente, se recomienda que el encargado de la implementación del proyecto sea el profesional LEED AP

4.2 RESUMEN DE CRÉDITOS ALCANZABLES PARA CERTIFICAR EL PROYECTO

En esta sección se resumen para cada área de evaluación, el puntaje que se puede alcanzar en cada crédito, con el fin de estimar el puntaje que la edificación podría obtener de ser implementadas las estrategias propuestas en la sección anterior. Todos los prerrequisitos deben ser cumplidos para obtener la certificación. La puntuación alcanzable en las categorías de sitios sostenibles (SS) y locación e transporte (LT) se detalla en el Cuadro 4.42; la categoría de locación y transporte es la que permite alcanzar un puntaje mayor, mientras que el alcance de un puntaje alto en la categoría de sitios sostenibles se dificulta debido a la poca área verde con la que cuenta la edificación.

Cuadro 4.42 Resumen del puntaje estimado en las categorías de sitios sostenibles y locación e transporte

Categoría de Sitios sostenibles y locación e transporte	Puntos
LT Crédito 1. Transporte alternativo	12
SS Crédito 1. Protección o restauración del hábitat	1
SS Crédito 2. Manejo de las aguas pluviales	3
SS Crédito 3. Reducción del efecto isla de calor	1
SS Crédito 4. Reducción de la contaminación lumínica	1
SS Crédito 5. Manejo del sitio	1
SS Crédito 6. Plan de mejora del sitio	0
Total	19

La puntuación alcanzable en la categoría de uso eficiente del agua (WE) detalla en el cuadro 4.43. El crédito 3 no es posible cumplirlo ya que no es aplicable a la edificación; sin embargo, en esta categoría se lograrían reducciones importantes en el consumo de agua potable del edificio de aplicarse las medidas propuestas.

Cuadro 4.43 Resumen del puntaje estimado en la categoría de uso eficiente del agua

Categoría de uso eficiente del agua	Puntos
WE Crédito 1. Reducción del consumo de agua en el exterior	1
WE Crédito 2. Reducción del consumo de agua en el interior	4
WE Crédito 3. Consumo de agua en la torre de enfriamiento	0
WE Crédito 4. Medición del consumo de agua	1
Total	6

En el cuadro 4.44 se muestran la puntuación alcanzable para la categoría de Energía y Atmosfera (EA). La evaluación de esta categoría resulta especialmente difícil ya que se requiere un experto en el tema energético para la conducción de la auditoría energética solicitada en el prerrequisito. La implementación del nuevo proyecto de paneles solares permite obtener una puntuación mayor en esta categoría.

Cuadro 4.44 Resumen del puntaje estimado en la categoría de Energía y Atmosfera

Categoría de Energía y Atmosfera	Puntos
EA Crédito 1. Retrocomisionamiento-Análisis	2
EA Crédito 2. Retrocomisionamiento-Implementación	2
EA Crédito 3. Comisionamiento continuo	0
EA Crédito 4. Optimización del desempeño energética	0
EA Crédito 5. Medición de energía avanzada	2
EA Crédito 6. Respuesta a la demanda	1
EA Crédito 7. Energías renovables y compensaciones de carbono	5
EA Crédito 8. Manejo avanzado de refrigerantes	1
Total	13

La puntuación alcanzable en la categoría de Materiales y Recursos (MR) detalla en el cuadro 4.45. Se consideran que todos los créditos de esta categoría son potencialmente alcanzables si se implementan las estrategias propuestas en la sección anterior.

Cuadro 4.45 Resumen del puntaje estimado en la categoría de Materiales y Recursos

Categoría de Materiales y Recursos	Puntos
MR Crédito 1. Compras continuas	1
MR Crédito 2. Compras-Lámparas	1
MR Crédito 3. Compras-Mantenimiento y renovación de las instalaciones	1
MR Crédito 4. Gestión de desechos sólidos-Continuos	2
MR Crédito 5. Gestión de desechos sólidos- Mantenimiento y renovación	2
Total	7

El cuadro 4.46 presenta el puntaje potencial que se puede alcanzar en la categoría de Calidad del ambiente interior (EQ), los créditos 3, 5 y 8 de esta categoría no son viables para alcanzar su cumplimiento.

Cuadro 4.46 Resumen del puntaje estimado en la categoría de Calidad del ambiente interior

Categoría de Calidad del ambiente interior	Puntos
EQ Crédito 1. Programa de gestión de la calidad del aire interior	2
EQ Crédito 2. Estrategias avanzadas de calidad del aire interior	1
EQ Crédito 3. Confort térmico	0
EQ Crédito 4. Iluminación interior	1
EQ Crédito 5. Iluminación natural y vistas de calidad	0
EQ Crédito 6. Limpieza ecológica-Evaluación de efectividad de la limpieza	1
EQ Crédito 7. Limpieza ecológica-Productos y materiales	1
EQ Crédito 8. Limpieza ecológica-Equipo	0
EQ Crédito 9. Manejo integrado de plagas	2
EQ Crédito 10. Encuesta de confort de los ocupantes	1
Total	9

Actualmente la edificación no podría ser certificada en las condiciones actuales en las que se encuentra, ya que no se cumplen los prerrequisitos mínimos ni se alcanza el puntaje mínimo de requerido para la certificación. Sin embargo, la implementación de las estrategias desarrolladas a lo largo de la sección anterior permitiría obtener un total de 54 puntos. Además, si se implementan los créditos regionales se podrían obtener 4 puntos adicionales, se otorgaría además un punto adicional por la propuesta de innovación y un punto por realizar el proceso de acreditación bajo la guía de un profesional LEED AP. Por lo que se podrían obtener en total un máximo de 60 puntos, este puntaje permitiría alcanzar una certificación oro.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- El Programa de Gestión Ambiental Institucional (PGAI), abarca muchas de las áreas requeridas por el programa de gestión del sitio establecido por LEED; sin embargo, este no contempla la gestión del sitio para actividades de mantenimiento y remodelación, por lo que estas áreas deben ser incorporadas.
- El cumplimiento del desempeño energético mínimo exigido por el sistema de evaluación, representa todo un reto para la institución por lo que es importante conducir una auditoría energética que permita encontrar oportunidades para incrementar la eficiencia energética del edificio.
- La medición de los distintos sistemas que operan en el edificio, especialmente los sistemas de consumo eléctrico y de consumo del recurso hídrico, permite llevar un control de su funcionamiento, determinar el consumo de recursos y encontrar oportunidades de mejora que permitan su optimización.
- Los planes de gestión y mantenimiento son uno de los aspectos más destacados por el sistema de evaluación LEED, estos planes permiten la correcta gestión de los sistemas cumpliendo con los requerimientos de sostenibilidad establecidos en las distintas categorías de evaluación.
- El equipo de proyecto, encargado del proceso de certificación de la edificación debe ser multidisciplinario, de manera que se puedan evaluar todos los requerimientos establecidos en el sistema de evaluación. Por lo que se requiere la participación activa de los departamentos de la Institución encargados de la implementación de los proyectos propuestos.
- El proceso de certificación de la edificación mediante el sistema de evaluación LEED, es un proceso largo que requiere un fuerte compromiso por parte de la gerencia. Sin embargo, una vez iniciado el proceso de certificación, el proyecto evoluciona convirtiéndose en una edificación de alto desempeño ambiental, disminuyendo los impactos generados sobre el ambiente y creando un ambiente de confort para sus colaboradores y visitantes regulares

- Independientemente de que se busque o no la certificación de la edificación mediante el sistema de evaluación LEED, implementar algunas de las estrategias propuestas como parte del PGAI permitirían mejorar considerablemente el desempeño de la Institución. La ejecución de estas representa un costo inicial significativo; sin embargo, permitirá no solo mejorar el desempeño ambiental sino también reducir los costos de operación del proyecto.

5.2 RECOMENDACIONES

- Realizar la sustitución de los accesorios de plomería por plomería más eficiente, es una mejora de sencilla aplicación que permitirá a la institución alcanzar la reducción del consumo de agua interna solicitado por LEED.
- Para facilitar el cumplimiento del desempeño energético en edificaciones exigido por LEED. Se deben integrar datos históricos del consumo energético de edificios comerciales en la línea base establecida en la herramienta EDGE, de manera que se pueda realizar la comparación entre edificaciones nacionales y cumplir con los requerimientos del sistema.
- Implementar protocolos de gestión de residuos sólidos para los desechos generados durante las actividades de mantenimiento y renovación de las instalaciones.
- Capacitar e involucrar a los funcionarios municipales de una manera proactiva en la gestión del edificio, de manera que se puedan eliminar las costumbres que favorecen el desperdicio de los recursos utilizados en la institución.
- Evaluar los flujos de aire disponibles en cada espacio de manera que se pueda verificar los niveles mínimos sugeridos por la norma ASHRAE 62.1 y mejorar la calidad del ambiente interno de las zonas que presentan concentraciones elevadas de dióxido de carbono.
- Las unidades de aire acondicionado de la institución, aunque son nuevas, contienen refrigerantes que ocasionan un impacto atmosférica mayor al sugerido por LEED. Por lo que se debe realizar un protocolo para el cambio de estos por refrigerantes ecológicos.
- Las compras continuas, materiales de construcción y bienes duraderos para la edificación, no se encuentran registradas según las cantidades y montos adquiridos, lo que dificulta la evaluación de la sostenibilidad de estas. Por lo que se debe implementar un registro de estas que permita implementar los criterios de sostenibilidad propuestos.
- El plan de gestión de residuos institucional no contempla el manejo de desechos peligrosos como tintas, tóneres, baterías y fluorescentes; estos actualmente reciben una gestión incorrecta ya que son desviados a un relleno sanitario. Se deben elaborar un plan de gestión que me permita un adecuado manejo de estos.

- Es fundamental incorporar un profesional acreditado LEED (LEED AP) en el equipo de trabajo para guiar al equipo de manera adecuada durante el proceso de evaluación y certificación de la edificación.

REFERENCIAS

- Abood, K. (2007). Sustainable and green ports: application of sustainability principles to port development and operation. *The Eleventh Triannual International Conference: Ports ...*, (May 2012), 1–10. [http://doi.org/10.1061/40834\(238\)60](http://doi.org/10.1061/40834(238)60)
- Acuña, C. (2007). *Análisis de la metodología de evaluación de edificios sostenibles LEED para su aplicación en Costa Rica*. Universidad de Costa Rica.
- Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica. Ley general de control del tabaco y sus efectos nocivos en la salud, Pub. L. No. N° 36969-RE (2012). Costa Rica.
- ASHRAE. (2010). ASHRAE STANDARD Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. <http://doi.org/ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2004>
- Berardi, U. (2012). Sustainability Assessment in the Construction Sector: Rating Systems and Rated Buildings. *Sustainable Development*, 20(6), 411–424. <http://doi.org/10.1002/sd.532>
- Calking, M. (2012). *The sustainable sites handbook* (First edit). New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
- Campos, I., Méndez, H., & Salas, M. (2013). *Calculador Huella de Carbono para Edificaciones o Viviendas*. Retrieved from [boletin'iccyc.com-index.php?docId=127&year=2013](http://boletin.iccyc.com-index.php?docId=127&year=2013)
- Castro, C. (2012). *Estrategia para certificar en operaciones y mantenimiento el edificio de la facultad de ciencias económicas de la Universidad de Costa Rica mediante el sistema de evaluación LEED-EB: O&M*. Universidad de Costa Rica.
- Castro-Lacouture, D., Sefair, J. a., Flórez, L., & Medaglia, A. L. (2009). Optimization model for the selection of materials using a LEED-based green building rating system in Colombia. *Building and Environment*, 44(6), 1162–1170. <http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.08.009>
- CEGESTI. (2008). *Manual para la implementación de compras verdes en el sector público de Costa Rica*. San José.
- Cib, & Unep-Ietc. (2002). *Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries, a discussion document. WSSD edition, CSIR Building and Construction ...*. Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Agenda+21+for+Sustainable+Construction+for+Developing+Countries+?+A+Discussion+Document#1>

- Cole, R. J., & Jose Valdebenito, M. (2013). The importation of building environmental certification systems: international usages of BREEAM and LEED. *Building Research & Information*, 41(6), 662–676. <http://doi.org/10.1080/09613218.2013.802115>
- Daza, P. J. (2010). *Construcción sostenible de edificios: una alternativa responsable para el desarrollo urbano de Quito*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Eaton, L. (2006). Green buildings. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, 332(7554), 1389–1390. <http://doi.org/10.1136/bmj.332.7554.1389>
- EPA. (2008). IAQ Building Education and Assessment Model. Retrieved October 13, 2015, from <http://www2.epa.gov/mold/mold-resources-schools-and-commercial-buildings>
- Estupiñán, J., & Zapata, H. (2010). *Requerimientos de Infraestructura para el Aprovechamiento Sostenible del Agua Lluvia en el Campus de la Pontificia Universidad Javeriana, sede Bogotá*. Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá.
- Fenner, R., & Ainger, C. (2013). *Sustainable Infrastructure: Principles into practice*. ICE Publisher.
- González, C., Pérez, R., Vásquez, S., & Araujo, G. (2014). *Eficiencia Energética: Uso racional de la energía eléctrica en el sector administrativo. Consumo eficiente*.
- Instituto Meteorológico Nacional. (2013). Promedios mensuales de datos climáticos. Retrieved September 9, 2015, from http://www.imn.ac.cr/IMN/MainAdmin.aspx?__EVENTTARGET=ClimaCiudad&CIUDAD=9
- INTECO. Niveles y condiciones de iluminación que deben tener los centros de trabajo, Pub. L. No. INTE 31-08-06-2000 (2000). Costa Rica.
- Inteco. (2012). RESET - Requisitos para Edificaciones Sostenibles en el Trópico, 57.
- Kibert, C. (2013). *Sustainable Construction green building design and delivery* (Third Edit). New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
- Komurlu, R., Arditi, D., & Pelin, A. (2014). Applicability of LEED 's energy and atmosphere category in three developing countries. *Energy & Buildings*, 84, 690–697. <http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.07.095>
- Lawrence Berkeley National Laboratory. (2000). Cool Roofing Materials Database. Retrieved September 19, 2015, from <http://energy.lbl.gov/coolroof/>
- Lusk, B. J., & Kaplow, S. (2014). The Single Most Significant Change in LEED v4.

- Ministerio de trabajo y seguridad social. Reglamento para el control de ruido y vibraciones. Costa Rica.
- Piedra, L. P. (2007). *Balance hídrico superficial de Costa Rica. Periodo 1970-2002*. Uruguay. Retrieved from <http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001563/156338s.pdf>
- Quirós, F. (2014). *Análisis comparativo del sistema de evaluación medioambiental de construcción LEED NC 2009 y la norma costarricense para las edificaciones sostenibles en el trópico RESET y su aplicación en Costa Rica*. Universidad de Costa Rica.
- Restrepo, J. (2014). *Metodología para la evaluación energética de edificios comerciales en Colombia basados en estándares y normas internacionales*. Universidad Nacional de Colombia.
- Reyes, M., & Rubio, J. (2014). *Descripción de los sistemas de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias*. Universidad Católica de Colombia.
- Ruíz, J., & Esarza, L. (2014). Certificación LEED y la sociedad actual. Retrieved July 28, 2015, from http://www.bureauveritas.es/wps/wcm/connect/db3e1eef-233b-426f-af11-16aafeef8893/AT_certificacion_LEED_2014.pdf?MOD=AJPERES
- Suzer, O. (2015). A comparative review of environmental concern prioritization: LEED vs other major certification systems. *Journal of Environmental Management*, 154, 266–283. <http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.02.029>
- Tapia, D., & Araya, R. (2014). *Programa de gestión ambiental institucional Cuarto entregable*. Heredia.
- Téllez, L., Villareal, L., Armenta, C., Ponsen, R., & Bremer, M. (2014). *Situación de la Edificación Sostenible en América Latina. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente*.
- U.S Green Building Council. (n.d.). *Green Building and LEED Core Concepts Guide* (Second Edi). Washington, DC: U.S Green Building Council.
- U.S Green Building Council. (2013). *Reference guide for building operations and maintenance*.
- U.S Green Building Council. (2015a). Choose which LEED rating system best suits your project. Retrieved July 27, 2015, from <http://www.usgbc.org/certification>
- U.S Green Building Council. (2015b). Directory of projects. Retrieved July 16, 2015, from <http://www.usgbc.org/projects/existing-buildings?keys=costa+rica>

U.S Green Building Council. (2015c). Regional priority credits for LEED O+M: EB V4. Retrieved October 23, 2015, from [http://www.usgbc.org/rpc/LEED v4 O+M: EB/v4/2079?lat=9.849803938000607&lng=-84.0728759765625](http://www.usgbc.org/rpc/LEED_v4_O+M:EB/v4/2079?lat=9.849803938000607&lng=-84.0728759765625)

Vega, D. (2015). *Manejo de residuos en el Proyecto Trópika como alternativa sostenible para la construcción en Costa Rica*. Tecnológico de Costa Rica.

APÉNDICES

APÉNDICE 1. REQUERIMIENTOS Y METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LA EVALUACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA LEED O+M: EB V4

Ubicación y transporte (LT)

Esta categoría se compone solamente de un crédito y permite adjudicar un total de 15 puntos al proyecto.

LT Crédito 1. Transporte alternativo

Para el alcance de este crédito existen tres opciones:

1. Realizar una encuesta a los ocupantes regulares.
2. Elaborar una encuesta a los ocupantes regulares y demostrar un porcentaje de personas que utilizan medios de transporte alternativo.
3. Implementar un programa interno para incentivar el uso de transporte alternativo

Para la obtención de los puntos del crédito se utilizó la opción 2, ya que es la que permite obtener una mayor cantidad de puntos. Los puntos se otorgarán en base al porcentaje de personas que utilicen un medio de transporte alternativo. La encuesta se realizó para los ocupantes regulares y los visitantes pico, ya que el número de visitantes diarios duplica la cantidad de ocupantes regulares de la institución.

Para conocer la tasa de transporte alternativo de los ocupantes regulares primero se calculó el total de viajes realizados por los funcionarios que contestaron la encuesta, este se hizo en base a la ecuación 1:

$$\text{Total de viajes} = \text{respondientes} \times \text{días/semana} \times \text{viajes/día} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Las estrategias de transporte alternativo que contribuyen a esta reducción incluyen los medios de tracción humana (como el transporte a pie o en bicicleta), el transporte público, el teletrabajo, los automóviles compartidos, las semanas laborales intensivas y los vehículos verdes. Posteriormente, se calculó una tasa preliminar de desplazamientos alternativos de los funcionarios, se calcula en base a la ecuación 2:

$$\% \text{ de desplazamientos alternativos} = \frac{\text{Viajes alternativos}}{\text{Viajes totales}} \quad \text{(Ecuación 2)}$$

El crédito establece que en caso de que la encuesta no sea respondida por todos los ocupantes regulares se puede usar un factor de extrapolación, el cual se tomó del Cuadro A.1.1.

Cuadro A.1.1 Factores de extrapolación para ocupantes regulares

Tasa de respuesta a la encuesta	Factor de extrapolación
60%-100%	1,00
50%-59%	0,80
40%-49%	0,60
30%-39%	0,40
<30%	0,00

Este factor se puede utilizar siempre y cuando se logre un porcentaje de respuesta mayor al 30%, en este caso la respuesta fue del 56,5%, por lo que el factor utilizado fue de 0,8. Para calcular el total de viajes de desplazamiento alternativos realizados por los ocupantes regulares, se utilizó la ecuación 3:

$$\text{Total de viajes} = \text{Viajes alternativos} + \left(\text{No respondedores} \times \frac{\text{dias}}{\text{semana}} \times \frac{\text{viajes}}{\text{dia}} \times \text{Factor extrapolación} \times \text{tasa de transporte alternativo} \right) \quad \text{(Ecuación 3)}$$

La tasa total de desplazamientos alternativos de los funcionarios, se realizó de acuerdo a la ecuación 4:

$$\text{Tasa de desplazamiento alternativo} = \frac{\text{Total viajes alternativos}}{\text{Total de ocupantes} \times \frac{\text{Dias}}{\text{semana}} \times \frac{\text{Viajes}}{\text{dia}}} \quad \text{(Ecuación 4)}$$

En el caso de los visitantes, se seleccionó un tamaño de muestra, de acuerdo a lo establecido en la norma. El tamaño de muestra para una población de 300 es de 172 personas. El cálculo de la tasa de desplazamiento alternativo de los clientes se realizó con las ecuaciones 1, 2 y 4.

La tasa de transporte global se calculó usando la ecuación 5:

$$\text{Tasa global} = \left(\frac{\% \text{ funcionarios} \times \text{tasa de transporte alternativo de funcionarios}}{\% \text{ clientes} \times \text{tasa de transporte alternativo clientes}} \right) + \left(\% \text{ clientes} \times \text{tasa de transporte alternativo clientes} \right) \quad \text{(Ecuación 5)}$$

Sitios sustentables (SS)

Esta sección evalúa las condiciones del sitio en las que se ubica la obra, se compone de un prerrequisito y 6 créditos. El alcance de los créditos permite alcanzar un total de 10 puntos.

SS Prerrequisito 1. Políticas del manejo del sitio

Para el cumplimiento de este prerrequisito se creó una política de gestión del sitio, en la cual se establecen prácticas que permitan reducir el uso de productos dañinos, el desperdicio de energía y agua, la contaminación del aire, los desechos sólidos y la escorrentía de productos químicos del edificio administrativo de la Municipalidad de Heredia.

SS Crédito 1. Desarrollo del sitio-Protección o restauración del hábitat

Para el cumplimiento de este crédito existen dos opciones, en la primera opción se debe contar con una zona verde con un área mínima de 465 m², requerimiento que no se puede cumplir por lo que se debe optar por la opción dos para el cumplimiento de este crédito.

Para el cumplimiento de la opción dos, se demostró que la institución suministra un apoyo financiero de \$0,50/m²/año por la superficie total del sitio (incluyendo la huella del edificio) a una organización con reconocimiento nacional que dedica ese monto a la reforestación de áreas cercanas al proyecto (a menos de 160 kilómetros).

SS Crédito 2. Manejo de las aguas pluviales

Para el alcance de este crédito se utilizaron prácticas de bajo impacto (DBI) para recolectar y tratar el agua del 25% de las superficies impermeables. Para el diseño del tanque de almacenamiento, se tienen que conocer los valores de precipitación de la zona, el coeficiente de escorrentía y el área destinada a la captación; los datos climáticos fueron obtenidos de la estación climatológica más cercana al proyecto.

El volumen del tanque se obtuvo mediante la siguiente ecuación 6 (Reyes & Rubio, 2014):

$$V= C \times A \times P \times \frac{1}{1000} \quad (\text{Ecuación 6})$$

V: Volumen del tanque de almacenamiento (m³)

C: Coeficiente de escorrentía

P: Precipitación

SS Crédito 3. Reducción del efecto isla de calor

Para el cumplimiento del crédito se demostró que los materiales de cubierta utilizados cuentan con un índice de reflectancia solar (SRI, por sus siglas en inglés) igual o superior 82 para superficies poco inclinadas, en al menos 75% de las área techadas.

SS Crédito 4. Reducción de la contaminación lumínica

Para el cumplimiento de este crédito se señaló que las luminarias exteriores no emiten luz directamente en un ángulo vertical a más de 90 grados de la línea directa hacia el suelo.

SS Crédito 5. Manejo del sitio

Para el cumplimiento de este crédito se establecieron medidas como parte del plan de gestión del sitio, que permitan controlar la erosión del suelo, contaminación atmosférica, almacenaje de materiales y gestión adecuada de residuos; en los proyectos de remodelación desarrollados en el sitio. Además se debe cumplir con alguna de las siguientes opciones adicionales; limitar el área de césped, utilizar equipo eléctrico y reducción de las emisiones generadas por el mantenimiento del sitio. En este caso se escogió cumplir con la opción de limitar el área de césped de las áreas de paisajismo.

SS Crédito 6. Plan de mejora del sitio

Para el alcance de este crédito se debe elaborar un plan de mejora del sitio que abarque los siguientes elementos:

- Hidrología: Protección y mejora de los cuerpos de agua del sitio, oportunidades de reutilización de las agua pluviales y reducción del consumo de agua potable.
- Vegetación: Documentación de la vegetación existente en el sitio, reducción de las superficie de césped.
- Suelos: Conservación de los suelos compactados, documentación de la estructura general del suelo.

El área verde mínima para el alcance de este crédito es del 5% del área total del proyecto. Por lo que no se optó por el alcance de este crédito ya que el área verde disponible es muy pequeña para realizar un estudio de suelos.

Uso eficiente del agua (WE)

Esta sección se compone de dos prerrequisitos y cuatro créditos, los cuales permiten obtener un puntaje máximo de 12 puntos.

WE Prerrequisito 1. Reducción del consumo de agua en el interior

En este prerrequisito se debe contabilizar el consumo de agua interno, con el fin de establecer una línea base. Para el cumplimiento de este prerrequisito se establecen dos opciones, la primera es contar con un medidor que mida el consumo de la plomería interna o calcular el consumo de la plomería interna utilizando los consumos unitarios del Código Internacional de Plomería (IPC, por sus siglas en inglés), establecidos en el Cuadro A.1.2. Para el alcance de este prerrequisito se escogió la opción 2.

Cuadro A.1.2 Códigos de los requerimientos de los accesorios, según el IPC (U.S Green Building Council, 2013)

Accesorio	Línea base (Unidades IP)	Línea base (Unidades SI)
Servicio Sanitario	1,6 gpf ¹	6,0 lpf ²
Urinal	1,0 gpf	3,8 lpf
Lavatorio público	0,5 gpm ³ a 60 psi	1,9 lpm ⁴ a 415 kPa
Lavatorio privado**	2,2 gpm a 60 psi	8.3 lpm a 415 kPa
Grifo de la cocina	2,2 gpm a 60 psi	8.3 lpm a 415 kPa
Ducha	2,5 gpm a 80 psi	9,5 lpm a 550 kPa

¹ gpf= galones por descarga ² lpf= litros por descarga

³ gpm= galones por minuto ⁴ lpm= litros por minuto

** Se considera privados los lavatorios de habitaciones de hospitales y hoteles

La línea base se determinó a partir del consumo unitario de los accesorios y el consumo estimado de los ocupantes del edificio, este consumo se establece a partir de los tiempos y usos estimados de las instalaciones sanitarias. Según lo establecido en la Guía de referencia LEED O+M: EB V4, se especifican tasas de consumo distintas para ocupantes a tiempo completo y ocupantes transitorios, estas se detallan en el Cuadro A.1.3.

Cuadro A.1. 3 Usos establecidos para el uso no residencial de accesorios de plomería.

Tipo de accesorio	Duración (s)	Usos por día	
		Empleados	Clientes
Inodoro (Mujer)	n/a	3,0	0,2
Inodoro (Hombre)	n/a	1,0	0,1
Urinal (Hombre)	n/a	2,0	0,1
Lavatorio público	30	3,0	0,2
Ducha	300	0,1	0,0
Fregadero	15	1,0	0,0

El prerrequisito establece demostrar una eficiencia a partir de la línea base, el porcentaje de eficiencia requerido depende de la antigüedad de la edificación. Si esta se realizó en una fecha anterior a 1995, se debe alcanzar una eficiencia del 20% sobre la línea base determinada con los consumos de IPC para alcanzar el prerrequisito.

Para calcular el consumo de agua de la plomería interna se utilizó la ecuación 7, los datos de duración y usos por día se tomaron del cuadro A.1.3:

$$\frac{\text{Consumo de agua}}{\text{Tipo de accesorio}} = \text{Consumo unitario} \times \text{Duración del uso} \times \text{Usuarios} \times \text{Usos por día} \quad (\text{Ecuación 7})$$

El cálculo del porcentaje de eficiencia logrado sobre la línea base, se realizó utilizando la ecuación 8:

$$\% \text{ eficiencia} = \left\{ \frac{\text{Consumo línea base} \times \text{Desempeño alcanzado}}{\text{Consumo línea base}} \right\} \times 100 \quad (\text{Ecuación 8})$$

WE Prerrequisito 2. Medición de consumo de agua por edificio

Este prerrequisito exige contar con medidores permanentemente instalados que midan el consumo total de agua del edificio y terrenos asociados. Además se debe elaborar un registro del consumo mensual y comprometerse a compartir los datos de este registro con el USGBC por el período de cinco años que dura la certificación.

WE Crédito 1. Reducción del consumo de agua en el exterior

Este crédito tiene como alcance se debe establecer una línea base y demostrar una reducción del consumo entre un 30% y 40%. Si no se cuenta con un medidor que registre el consumo de agua del riego de las áreas verdes, se puede calcular la línea base utilizando la

herramienta de presupuesto de agua WaterSense de la Agencia de protección ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés).

El primer paso en la creación del presupuesto de agua, fue determinar la línea base y la asignación de agua para el sitio (LWA, por sus siglas en inglés), para el cálculo de la línea base se utiliza la ecuación 9:

$$\text{Línea base} = ET_o \times A \times C_u \quad (\text{Ecuación 9})$$

ET_o : Evapotranspiración específica para la zona de estudio (in/mes)

A : Área total del espacio verde (ft)

C_u : Factor de conversión (0.6233)

Para el cálculo de la línea base se utilizó el valor de 5,1 in/mes (130 mm/mes), ya que representa mejor el consumo de agua en el exterior en los meses con mayor evapotranspiración.

La eficiencia mínima del consumo de agua en el exterior (LWA) se calculó mediante la ecuación 10:

$$\text{LWA} = 0,70 \times \text{Línea base} \quad (\text{Ecuación 10})$$

El valor la precipitación media mensual es de 78,8 mm/mes, se utilizó el promedio de los meses de marzo y abril, ya que son los meses en que la evapotranspiración es mayor (Insituto Meteorologico Nacional, 2013). Los datos climáticos utilizados corresponden a la estación 111 ubicada en Santa Lucía de Barva como se mencionó anteriormente, se escogió esta por su cercanía al proyecto.

Una vez establecido la línea base y la asignación de agua para el sitio, se procede a determinar el requerimiento de agua para el sitio (LWR) basado en el mes pico de riego. El cálculo se realizó mediante la ecuación 11:

$$LWR = \frac{1}{DU_{LQ}} \times [(ET_0 \times K_L) - R_A] \times A \times C_u \quad (\text{Ecuación 11})$$

ET₀: Evapotranspiración específica para la zona de estudio (in/mes)

A: Área total del espacio verde (ft)

C_u: Factor de conversión (0.6233)

K_L: Coeficiente de paisajismo para el tipo de planta según el sitio

R_A: Precipitación media mensual para la zona de estudio (in/mes)

DU_{LQ}: Coeficiente de distribución de la irrigación

El valor de K_L se escoge según lo establecido en el Cuadro A.1.4

Cuadro A.1. 4 Tipo de plantas y su coeficiente de requerimiento de agua de acuerdo al sitio

Tipo de vegetación	Requerimientos de agua (K _L)		
	Bajo	Medio	Alto
Arboles	0,2	0,5	0,9
Arbustos	0,2	0,5	0,7
Cobertura vegetal	0,2	0,5	0,7
Mixto (Arboles, cobertura vegetal y arbustos)	0,2	0,5	0,9
Césped	0,6	0,7	0,8

El valor de DQ_{LQ} se asigna según lo establecido en el Cuadro A.1.5. En el caso de que no exista un sistema de irrigación la herramienta WaterSense le asigna el valor más bajo que corresponde a un 65%.

Cuadro A.1. 5. Coeficientes de distribución correspondiente al tipo de sistema de irrigación.

Tipo de irrigación	DU _{LQ}
Irrigación estándar por goteo	70%
Irrigación por goteo con compensador de presión	90%
Aspersión fija	65%
Micro aspersión	70%
Rotor	70%
No existe un sistema de irrigación	NA

WE Crédito 2. Reducción del consumo de agua en el interior

Este crédito solicita contar con instalaciones cuyo consumo de agua sea inferior a la línea de base calculada en el Prerrequisito de reducción del consumo de agua en el interior.

Cuadro A.1 6. Puntos asignados al proyecto por reducir el consumo de agua más allá del nivel de prerrequisito

Porcentaje de reducción adicional	Puntos
10%	1
15%	2
20%	3
25%	4
30%	5

WE Crédito 3. Consumo de agua de la torre de enfriamiento

Para alcanzar este crédito se debe realizar un análisis de agua potable del agua de reposición que mida los siguientes parámetros Ca (CaCO_3), Alcalinidad total, SiO_2 , Cl^- y conductividad. Posteriormente, se debe calcular el número de ciclos de la torre para evitar superar los valores máximos de estos parámetros. No se optó por el cumplimiento de este crédito ya que no se cuentan con torres de enfriamiento.

WE Crédito 4. Medición del consumo de agua

Este crédito tiene como objetivo instalar medidores en los subsistemas de consumo de agua, con el fin de mantener un registro de consumo de cada subsistema que permita identificar oportunidades para ahorros adicionales. Se asigna un punto por cada dos subsistemas medidos.

Energía y atmosfera (EA)

Esta sección se compone de cuatro prerrequisitos y ocho créditos, los cuales permiten obtener un puntaje máximo de 38 puntos.

EA Prerrequisito 1. Mejores prácticas de gestión de la eficiencia energética

Para el cumplimiento de este prerrequisito, se deben explicar las características, el funcionamiento, el mantenimiento y la operación diaria (horarios de encendido y apagado) de los principales equipos electromecánicos tales como: aire acondicionado, iluminación, entre otros; junto con sus herramientas de gestión (automatización) y tendencias o gráficas de consumo.

Además se debe realizar un estudio o auditoría energética de la edificación donde se evidencien los consumos y se establezcan proyectos que permitan mejorar el desempeño actual. Toda esta información es fundamental para el entendimiento del edificio y las opciones de mejora que este tiene, además, dará las pautas para alcanzar la eficiencia energética.

EA Prerrequisito 2. Desempeño energético mínimo

El objetivo de este prerrequisito es conocer al detalle el comportamiento energético del edificio para luego ser comparado con otros edificios típicos y de igual tamaño en el mundo, además busca encontrar el punto óptimo de operación de manera que se puedan reducir los impactos ambientales y económicos asociados con el uso excesivo de energía.

Para el cumplimiento de este prerrequisito se establecen tres opciones:

- Obtener una calificación superior a 75 en el Portfolio Manager de Energy Star, esta una herramienta que permite comparar el desempeño energético de un edificio a nivel mundial.
- Comparar la eficiencia energética del edificio con datos históricos nacionales de edificaciones similares y demostrar un 25% de mejora sobre estos.
- Comparar los datos de consumo eléctrico de los últimos 12 meses con los datos de tres años anteriores continuos, se debe de demostrar un 25% de mejora sobre estos.

Se seleccionó la tercera opción para el cumplimiento de este.

EA Prerrequisito 3. Medición del consumo de energía por edificio

Este prerrequisito solicita contar con medidores que midan el consumo eléctrico total del edificio; además los datos de consumo de energía y demanda deben ser recopilados mensualmente; estos datos se deben ser compartidos con el USGBC por un período de cinco años una vez alcanzada la certificación LEED.

EA Prerrequisito 4. Gestión básica de refrigerantes

El crédito solicita no usar refrigerantes con clorofluorocarbono (CFC) en los sistemas de calefacción, ventilación, aire acondicionado y refrigeración (HVAC&R, por sus siglas en inglés) a menos que una auditoría externa demuestre que el remplazo o la conversión del sistema no es económicamente viable, se considera que es económicamente viable si el pierdo de retorno es menor a 10 años.

EA Crédito 1. Retrocomisionamiento-Análisis

En este crédito se debe evaluar el desempeño actual del proyecto, con relación a las especificaciones de desempeño de las instalaciones y el plan de operaciones y mantenimiento. Se deben identificar los sistemas y componentes de la instalación para que estos sean investigados y analizados como parte del proceso de auditoría energética.

EA Crédito 2. Retrocomisionamiento-Implementación

En este crédito se deben cumplir los requisitos solicitados en el crédito 1 EA. Además se deben aplicar todas las medidas de mejora energética de bajo costo resultantes del proceso de auditoría energética, a todos los sistemas que directamente consuman o produzcan energía, incluyendo iluminación, HVAC&R, calentamiento de agua doméstica y energía renovable.

EA Crédito 3. Comisionamiento Continuo

Para el alcance de este crédito se deben cumplir los requerimientos de los créditos anteriores (Crédito 1 EA y Crédito 2 EA). Además se debe establecer un proceso de comisionamiento que incluya la planificación, monitoreo de puntos, pruebas de sistemas, verificación de desempeño, respuestas de medidas correctivas, mediciones habituales y documentación para

lidar proactivamente con los problemas operativos de los sistemas que se están comisionando.

Se deberá desarrollar un plan comisionamiento continuo que incluya requisitos de medición (medidores, puntos, sistemas de medición, acceso a datos), puntos a seguir, frecuencia y duración del monitoreo, plan de acción para identificar y corregir errores y deficiencias operacionales. La frecuencia de análisis de los sistemas deberá ser al menos trimestral.

EA Crédito 4. Optimización del desempeño energético

Este crédito tiene como objetivo demostrar una eficiencia energética más allá del prerequisite EA 1. Son necesarios 12 meses completos de datos energéticos para optar por este crédito. El crédito permite adjudicar un total de 14 puntos dependiendo del porcentaje de eficiencia alcanzado.

EA Crédito 5. Medición de energía avanzada

Para el cumplimiento de este crédito se deben instalar sistemas de medición avanzadas para los principales sistema de consumo eléctrico del edificio, sin contar el consumo de las tomas de corriente. Los medidores instalados deben ser instalados permanentemente, registrar el consumo en intervalos de una hora o menos y transmitir datos a una ubicación remota. Estos deben reportar tanto el consumo como la demanda.

EA Crédito 6. Respuesta a la demanda

Para el cumplimiento de este crédito hay dos opciones, la opción uno es participar en un programa de respuesta a la demanda (RDEA) de los sistemas y el equipamiento del edificio. En caso de que no exista un programa de respuesta a la demanda disponible en la zona se opta por la opción 2, en esta se debe contar con infraestructuras que aprovechen futuros programas de respuesta a la demanda. Además se debe desarrollar un plan general que permita deshacerse de al menos el 10% de la demanda máxima de electricidad anual.

EA Crédito 7. Energías renovables y compensaciones de carbono

Para el alcance este crédito se debe satisfacer al menos parte del consumo total de energía del edificio directamente con sistemas de energía renovable, o generar un contrato de compra

de energía verde, compensaciones de carbono o certificados de energía renovable (REC según sus siglas en inglés).

EA Crédito 8. Manejo avanzado de refrigerantes

Para su cumplimiento existen dos opciones utilizar refrigerantes de bajo impacto los cuales tengan un potencial de agotamiento de la capa de ozono nulo y un potencial de calentamiento global menor de 50. La opción dos es calcular el impacto del refrigerante, para alcanzar el crédito utilizando esta opción se debe demostrar que el promedio del impacto atmosférico de los refrigerantes es igual o menor a 100.

En este crédito se optó por la opción dos, se calculó para cada unidad de HVAC el potencial de agotamiento de la capa de ozono a lo largo del ciclo de vida (LCODP), este se determina mediante la ecuación 12:

$$LCODP = \frac{[ODP \times (Lr \times Vida \text{ útil} + Mr) \times Rc]}{Vida \text{ útil}} \quad (\text{Ecuación 12})$$

ODP: Potencial de agotamiento de la capa de ozono

Vida útil: Vida del equipo

Lr: Tasa de fuga del refrigerante

Mr: Carga de refrigerante (lb/ton)

Rc: Pérdida del refrigerante al final de la vida útil

La norma de referencia establece que se debe asumir una tasa de fuga del refrigerante del 2% y una pérdida del refrigerante al final de su vida útil del 10%. Los valores de vida útil pueden ser tomados del Cuadro A.1.7:

Cuadro A.1 7 Valores de vida útil de unidades de HVAC

Equipo	Vida útil del equipo por default
Aire acondicionado de ventana, bombas de calor	10 años
AC unitarios, unidades Split	15 años
Compresores de pistón o espiral	20 años
Enfriadores de absorción	23 años
Enfriadores centrífugos	25 años

Se calculó igualmente para cada unidad de HVAC el potencial de calentamiento global a lo largo del ciclo de vida del refrigerante (LCGWP), este se realiza mediante la ecuación 13:

$$LCGWP = \frac{[GWP \times (Lr \times \text{Vida útil} + Mr) \times Rc]}{\text{Vida útil}} \quad (\text{Ecuación 13})$$

GWP: Potencial de calentamiento global del refrigerante

Vida útil: Vida del equipo

Lr: Tasa de fuga del refrigerante

Mr: Carga de refrigerante (lb/ton)

Rc: Pérdida del refrigerante al final de la vida útil

En el caso de que se tenga múltiple cantidad de equipos de aire acondicionado, se debe utilizar la ecuación 14 para calcular el promedio del impacto atmosférico del refrigerante:

$$\frac{\sum((LCGWP + LCODP \times 10^5) \times Q_{\text{unitario}})}{Q_{\text{total}}} \quad (\text{Ecuación 14})$$

Q unitario: Capacidad de enfriamiento de la unidad de HVAC

Q total: Capacidad de enfriamiento instalada en la edificación

El cálculo del impacto atmosférico que generado por cada unidad de aire acondicionado de la edificación se detalla en el Cuadro A.1.8:

Cuadro A.1 8. Potencial de degradación de la capa de ozono y potencial de calentamiento global a lo largo del ciclo de vida de los refrigerantes de las unidades de HVAC.

LCGWP	LCODP x10 ⁵	Impacto atmosférico del refrigerante (LCGWP+LCODP x 105)	(LCGWP+LCODP x 10 ⁵) x N x Q unitario
82,32	184,99	267,31	801,94
75,56	0,00	75,56	75,56
155,41	0,00	155,41	116,56
75,87	170,49	246,36	492,72
148,15	0,00	148,15	222,23
58,60	131,69	190,29	190,29
83,72	188,13	271,84	543,69
94,18	211,64	305,82	611,65
73,25	164,61	237,86	356,80
78,14	175,59	253,72	380,58
60,17	135,22	195,39	781,55
83,72	188,13	271,84	1631,07
78,14	175,59	253,72	570,87
93,13	209,29	302,43	907,28
118,60	266,51	385,11	577,67
94,18	211,64	305,82	917,47

Continuación del cuadro A.1.8

LCGWP	LCODP x10 ⁵	Impacto atmosférico del refrigerante (LCGWP+LCODP x 105)	(LCGWP+LCODP x 10 ⁵) x N x Q unitario
90,69	203,80	294,50	441,75
94,18	211,64	305,82	458,74
86,51	194,40	280,91	421,36
94,18	211,64	305,82	2140,77
94,18	211,64	305,82	458,74
88,95	199,89	288,83	577,67
118,60	266,51	385,11	577,67
146,50	329,22	475,73	356,80
118,60	266,51	385,11	577,67

Materiales y Recursos (MR)

El crédito se compone de dos prerrequisitos y cinco créditos, permite alcanzar un total de 8 puntos.

MR Prerrequisito 1. Política de compras y desechos continuos

Para el cumplimiento de este prerrequisito se debe contar con una política de compras sostenibles tanto para las compras continuas como para la compra de bienes duraderos, además se debe realizar un plan de manejo de residuos sólidos.

En la política de compras sostenibles para compras continuas se deben incluir las cinco categorías de productos más comprados según el total de compras anuales, además del papel, cartuchos de tóner, carpetas, baterías y lámparas.

El plan de manejo de residuos sólidos solicitado por el prerrequisito, incluye el establecimiento de zonas de reciclaje en el edificio para las categorías de papel, cartón, vidrio, plásticos y metales: además se deben establecer área de almacenamiento para baterías y lámparas que contengan mercurio. Además se debe contar con una política de gestión de desechos sólidos que abarque la reutilización, el reciclaje de los desechos continuos, los bienes duraderos (Mobiliarios, equipamiento eléctrico) y los desechos peligrosos (Eliminación segura de luminarias y baterías).

MR Prerrequisito 2. Política de mantenimiento y renovación de instalaciones

Para cumplir los requerimientos de este crédito se debe contar con una política de mantenimiento y renovación de instalaciones con directrices sobre actividades mantenimiento acordes con las estrategias de los sistemas de clasificación LEED. Las actividades de renovación incluyen actividades de mejora al edificio y las de mantenimiento incluyen reparaciones generales y sustitución. La política debe abarcar las compras, la gestión de desechos y la calidad del aire del interior.

MR Crédito 1. Compras-Continuas

El crédito tiene como objetivo mejorar aún más el desempeño establecido en el prerrequisito 1. Para ganar el puntaje se debe demostrar que las medidas del plan de gestión hayan sido implementadas durante el período de desempeño. Se debe demostrar que al menos 60% de las compras continuas según costo, se compran bajo alguno de los siguientes criterios. Las luminarias están excluidas de este cálculo:

- Contenido reciclado post-consumo
- Uso extendido: Este criterio pide que los productos tengan una larga vida útil o sean recargables.
- Papel y productos de madera certificados por el FSC o equivalente.

MR Crédito 2. Compras-Lámparas

Para el cumplimiento de este crédito se debe realizar un inventario de las luminarias de la edificación, solo se pueden tomar en cuenta las luminarias con eficiencias iguales o superiores a los fluorescentes. Posteriormente se debe calcular el contenido de mercurio promedio, para realizar este cálculo se debe conocer el contenido de mercurio de cada lámpara, la vida promedio de la luminaria y la emisión de luz de diseño.

MR Crédito 3. Compras-Mantenimiento y renovación de instalaciones

El crédito tiene como objetivo mejorar aún más el desempeño establecido en el prerrequisito 2. Para ganar el puntaje se puede optar por dos opciones, una es que no se realice ninguna renovación durante el período de desempeño (3-24 meses), la segunda opción es comprar el

50%, según costo, del total de los materiales de mantenimiento y renovación que cumplan con al menos uno de los siguientes criterios:

- Productos con contenido reciclado.
- Materiales regionales: Los productos extraídos, manufacturados y comprados a menor de 160 Km del proyecto, contribuyen con el doble del costo para la evaluación de este crédito.
- Productos de madera certificados por el FSC.
- Reusó de materiales
- Productos que participen en un programa de responsabilidad extendida del productor.
- Productos que tengan una certificación Cradle to Cradle
- Productos con bajas emisiones de VOCs.
- Bajas emisiones de formaldehído.
- Materiales de rápida regeneración.

MR Crédito 4. Gestión de desechos sólidos-Continuos

Para el alcance de este crédito se debe mantener un programa de reducción y reciclaje de desechos que reutilice o recicle al menos el 50% de los desechos continuos especificados en el prerrequisito 1 (por peso o volumen) y al menos el 75% de los desechos de bienes duraderos especificados en el prerrequisito 1.

MR Crédito 5. Gestión de desechos sólidos-Mantenimiento y renovación de instalaciones

El propósito de este crédito es desviar los residuos de construcción, renovación y demolición que serían eliminados en rellenos sanitarios y recuperar y reciclar los materiales reutilizables. Se deben desviar al menos el 70% de los desechos generados por actividades de mantenimiento y renovación de las instalaciones, se deben incluir los elementos especificados en el prerrequisito 2.

Calidad ambiental interior (EQ)

Este apartado tiene tres prerrequisitos y diez créditos, esta categoría permite alcanzar un total de 17 puntos.

EQ Prerrequisito 1. Desempeño mínimo de la calidad del aire interior

Para el cumplimiento de este crédito se debe modificar o mantener toda las entradas de aire exterior, ventiladores de aire de suministro y sistemas de distribución de la ventilación para cumplir las tasas de corriente de aire exterior establecidas en el procedimiento de ventilación de ASHRAE y cumplir con los requisitos mínimos de las secciones 4 a 7 de la norma ASHRAE 62.1-2010.

La guía de referencia propone tres estrategias para cumplir con los requisitos del crédito, se puede realizar el cálculo de la tasa de aire mínima para sistemas de ventilación mecánica, ventilación natural y modo de ventilación mixta. En el caso del edificio de la Municipalidad de Heredia, este es ventilado en su mayoría por unidades de HVAC, por lo que se calculó la tasa para sistemas de ventilación mecánica.

El procedimiento para determinar la tasa de ventilación, la norma de ASHRAE establece que como primer paso se debe asegurar que el aire exterior sea de buena calidad (libre de contaminantes en altas concentraciones). Posteriormente se debe determinar la cantidad de aire exterior requerida para cada recinto, esto se debe realizar tomando en cuenta el área, el número de ocupantes, el tipo de uso de la zona y el sistema de ventilación utilizado. Los parámetros de la zona de ventilación deben ser determinados para cada zona ventilada mediante un equipo de HVAC

Como primer paso se determinó la zona de respiración de flujo de aire externo (V_{bz}) para cada espacio, basado en la ecuación 15:

$$V_{bz}=R_p \times P_z + R_a \times A_z \quad \text{(Ecuación 15)}$$

R_p : Tasa de flujo de aire exterior requerida por persona

P_z : Población de la zona

R_a : Tasa de flujo de aire exterior requerida por unidad de área

A_z : Área de piso de la zona

Los valores de R_p y R_a , se tomaron del Cuadro A.1.9 que muestra las tasas mínimas de ventilación para edificios de oficinas. La población de la zona debe representar el pico de personas esperadas para dicha zona de ocupación.

Cuadro A.1.9 Tasas mínimas de ventilación en zonas de respiración para edificios de oficinas (ASHRAE, 2010)

	Tasa de aire exterior para personas (Rp)		Tasa de aire exterior para áreas (Ra)		Densidad de ocupación #/100 m2	Tasa combinada de aire exterior		Categoría de aire
	Cfm/persona	L/s*persona	Cfm/ft2	L/s*m2		Cfm/persona	L/s*persona	
Salas de espera	5	2,5	0,12	0,6	50	7	3,5	1
Vestíbulo principal	5	2,5	0,06	0,3	10	11	5,5	1
Oficinas	5	2,5	0,06	0,3	5	17	8,5	1
Áreas de recepción	5	2,5	0,06	0,3	30	7	3,5	1
Salas de telefonía /datos	5	2,5	0,06	0,3	60	6	3,0	1

La zona de flujo de aire exterior requerido (V_{oz}), se determinó ajustando la zona de respiración de flujo de aire exterior basado en la efectividad de la distribución de aire en la zona, usando los factores de corrección E_z . Se determina según la ecuación 16:

$$V_{oz} = \frac{V_{bz}}{E_z} \quad \text{(Ecuación 16)}$$

El valor de E_z que se utilizará es 1 (ASHRAE, 2010), ya que los sistemas de ventilación proveen aire frío a una altura mayor a 1.4 m del suelo.

EQ Prerrequisito 2. Control del humo ambiental del tabaco

El propósito de este crédito es prevenir o minimizar la exposición al humo de tabaco ambiental de los ocupantes del edificio, las superficies interiores y los sistemas de distribución del aire de ventilación. Este prerrequisito solicita prohibir el fumado dentro del edificio. Para su cumplimiento se utilizó la ley N° 9028.

EQ Prerrequisito 3. Política de limpieza ecológica

El objetivo de este crédito es reducir los niveles de contaminantes químicos, biológicos y particulados que pueden afectar a la calidad del aire, la salud humana, los acabados de los edificios, los sistemas de los edificios y al medioambiente. El prerrequisito establece que se debe contar con una política de limpieza verde para el edificio. Para el cumplimiento de estos requerimientos, se evaluaron los productos de limpieza usados en la actualidad y se propuso una política de limpieza que permita el alcance de este prerrequisito.

EQ Crédito 1. Programa de gestión de calidad del aire interior

Este crédito busca mantener el bienestar de los ocupantes mediante la prevención y la corrección de la calidad del aire interior. Para cumplir este crédito se desarrolló un programa de gestión de calidad del aire interior basado en el Modelo de evaluación de la calidad del aire interior (I-BEAM, por sus siglas en inglés) de la EPA.

EQ Crédito 2. Estrategias avanzadas de calidad del aire interior

Para el cumplimiento de este crédito se debe cumplir con alguno de los siguientes puntos:

- Contar con filtros de partículas en los sistemas ventilados mecánicamente.
- Contar con monitores de CO₂ en todos los espacios densamente ocupados.
- Instalar un dispositivo que permita el monitoreo del aire exterior en espacios ventilados naturalmente.

Para el cumplimiento de este crédito se escogió la primera opción, ya que las unidades de HVAC cuentan con filtros que son cambiados anualmente y limpiados trimestralmente.

Además para evaluar la situación actual de la calidad de aire interior se realizaron mediciones de CO₂, humedad relativa y temperatura. Estas se realizaron con un equipo portátil para medir dióxido de carbono y humedad marca EXTECH, proporcionado por el Laboratorio de Ingeniería Ambiental del TEC, se realizaron tres mediciones en cada área y el valor reportado es el promedio de las mediciones realizadas.

EQ Crédito 3. Confort Térmico

Para el alcance de este crédito se deben colocar sensores en cada zona ocupada que registren la temperatura y la humedad relativa al menos cada quince minutos, estos deben de transmitir la información a un sistema remoto. Igualmente se deben de realizar mediciones de la velocidad de flujo del aire periódicamente.

EQ Crédito 4. Iluminación interior

Para el cumplimiento de este crédito se utilizará la opción 2, ya que la opción 1 establece instalar controles de iluminación en al menos 50% de las luminarias que permitan ajustar la

iluminación. Esta opción no puede cumplirse ya que la mayoría de luminarias a instalar no pueden ser atenuadas.

La opción 2 establece cumplir con tres de las siguientes estrategias:

- Contar con dispositivos de iluminación con una luminosidad menor de 2500 cd/m² (o lúmenes) en un ángulo de 45 a 90 grados respecto al nadir.
- Contar con fuentes de iluminación con un índice de reproducción cromática (CRI, según sus siglas en inglés) de 80 o superior.
- En al menos el 75% de la carga total conectada contar con fuente de luz con una vida útil de al menos 24000 horas.
- Limitar la iluminación superior directa al 25% del total de la carga de iluminación conectada.
- En al menos el 90% de las superficies ocupadas con regularidad cumplir los siguientes umbrales de reflectancia media 85% en techos, 60% en paredes y 25% en pisos.
- Cumplir los siguientes umbrales de reflectancia media según área: 45% en superficies de trabajo y 50% en tabiques móviles.
- En al menos 75% de las superficies lograr un radio de iluminancia de la superficie de la pared con respecto a la iluminancia media del plano de trabajo no superior a 1:10. O demostrar una reflectancia de la superficie ponderada por área de al menos el 60% de las paredes.

Para la evaluación de este crédito se utilizaron las fichas técnicas de las luminarias LED que van a ser instaladas como parte del proyecto para mejorar la calidad de iluminación actual.

EQ Crédito 5. Iluminación natural y vistas de calidad

Para el alcance de este crédito existen dos opciones:

Opción 1: Obtener niveles de iluminancia de entre 300 y 3000 lux en al menos el 50% de las superficies ocupadas con regularidad. Se deben realizar dos mediciones al año, con seis meses de diferencia para alcanzar este crédito. Para analizar esta opción se utilizó el estudio de evaluación del sistema de iluminación realizado por el departamento de seguridad laboral en junio del 2015.

Opción 2: Contar con una línea directa de visión al exterior mediante ventanas con vistas para el 50% de la superficie regularmente ocupada. Las visas deben incluir al menos dos de los siguientes elementos: flora, fauna o cielo, movimiento, objetos a al menos de 7,5 m de la ventana con vistas. Para evaluar el cumplimiento de este crédito se utilizó el plano de la edificación, en este se midió el área de las oficinas que son ocupadas regularmente y se midió el área de oficinas que cumplen con los requerimientos del crédito.

EQ Crédito 6. Limpieza ecológica-Evaluación de efectividad de la limpieza

Este crédito solicita implementar las estrategias descrita en la política de limpieza verde de las instalaciones y llevar a cabo inspecciones y controles rutinarios. Además se debe llevar a cabo una auditoría anual de acuerdo con las directrices APPA para determinar el nivel de apariencia de las instalaciones, se debe lograr un puntuación de 2.5 o superior.

Para el cumplimiento de este crédito se realizó una plantilla para la conducción de una auditoría según los lineamientos de APPA. Para conocer la situación actual del inmueble, se aplicó una auditoría utilizando la plantilla diseñada en los departamentos de Igualdad de equidad de género, servicios de TI y dirección de inversión pública.

EQ Crédito 7. Limpieza ecológica- Productos y materiales

Para el alcance de este crédito se debe comprar el 75% según costo de los productos o materiales de limpieza verde siguiendo al menos uno de los siguientes criterios:

- Productos de limpieza: Deben contar con alguna certificación ecológica como Green Seal, UL Ecologo, Environmental Choice. O cumplir con el estándar de elección segura de productos de limpieza de la EPA (Standard for Safer Cleaning Products).
- Los productos de papel para limpieza y bolsas desechables deben cumplir las directrices generales de la EPA sobre compras para papel de limpieza, tener una certificación ecológica como Green Seal, UL Ecologo o utilizar productos de papel desechable derivados de recursos que se renueven rápidamente.

Para la evaluación de este crédito se buscaron productos de limpieza verdes en el país que cumplan con los criterios establecidos anteriormente.

EQ Crédito 8. Limpieza ecológica-Equipo

Para el cumplimiento de este crédito se debe crear un inventario del equipamiento interior y exterior, incluyendo el que traen los proveedores al sitio. Al menos el 40% de todo el equipamiento de limpieza a motor deben cumplir con los siguientes criterios:

- Defensas como rodillos o guardabarros de goma para reducir los daños potenciales a las superficies del edificio.
- Un diseño ergonómico para minimizar la vibración, el ruido y la fatiga del usuario.
- Las aspiradoras deben ser certificadas por el sello para aspiradoras del Carpet and Rug Institute/Green Label Vacuum Program y deben de operar con niveles de ruido menores a 70 dBA.
- El equipamiento de mantenimiento del piso a motor debe tener aspiradoras, guardapolvos y demás dispositivos para la captura de partículas finas y debe operar con niveles máximos de ruido de 70 dBA.

Para la evaluación de este crédito se identificó el equipamiento de limpieza utilizado en la edificación.

EQ Crédito 9. Manejo integrado de plagas

Para el alcance de este crédito se debe contar con un plan de manejo integral de plagas que contenga los siguientes elementos como mínimos:

- Medidas de prevención de plagas
- Estrategias para disminuir el uso de químicos durante el control de las plagas
- Estrategias que permitan mantener una calidad del ambiente interior adecuada para los ocupantes regulares.

EQ Crédito 10. Encuesta de confort de los ocupantes

Para el alcance de este crédito se debe llevar a cabo una encuesta de confort de los ocupantes para recopilar respuestas anónimas sobre la acústica, limpieza del edificio, iluminación y confort térmico. Se deben encuestar al menos el 30% del total de los ocupantes regulares. Si

más del 20% de los ocupantes que contestaron la encuesta están insatisfechos se deben de desarrollar medidas correctivas. La encuesta se realizó vía electrónica y se realizó a todos los funcionarios, el porcentaje de respuesta fue del 48%. En el Cuadro A.1.10 se detalla las preguntas realizadas.

Cuadro A.1.10 Encuesta realizada para medir el confort de los ocupantes regulares.

Pregunta 1. ¿Qué tan satisfecho se encuentra con la temperatura en su lugar de trabajo?				
Muy insatisfecho 1	Insatisfecho 2	Adecuado 3	Satisfecho 4	Muy satisfecho 5
Pregunta 2. ¿Cómo considera la temperatura de su zona de trabajo?				
Frio		Adecuada	Caliente	
Pregunta 3. ¿Cuál de los siguientes dispositivos usted utiliza para regular la temperatura de su espacio de trabajo?				
Unidades de aire acondicionado		Ventilación natural	Otros	
Pregunta 4. ¿En general, la temperatura en su lugar de trabajo favorece o interfiere con su capacidad de hacer su trabajo?				
Interfiere 1	2	3	4	Favorece 5
Pregunta 5. ¿Qué tan satisfecho se encuentra con la calidad del aire en su lugar de trabajo? (Ejemplo: mal ventilado, malos olores, presencia de polvo)				
Muy insatisfecho 1	Insatisfecho 2	Adecuado 3	Satisfecho 4	Muy satisfecho 5
Pregunta 6. Si está insatisfecho con la calidad del aire en su lugar de trabajo, indique la razón de este malestar:				
Malos olores	Presencia de polvo	Falta de ventilación	Humedad	Mala limpieza
Pregunta 7. ¿Qué tan satisfecho se encuentra con la calidad de la iluminación en su lugar de trabajo?				
Muy insatisfecho 1	Insatisfecho 2	Adecuado 3	Satisfecho 4	Muy satisfecho 5
Pregunta 8. ¿Qué tan satisfecho está con los niveles de ruido en su lugar de trabajo?				
Muy insatisfecho 1	Insatisfecho 2	Adecuado 3	Satisfecho 4	Muy satisfecho 5
Pregunta 9. ¿Cómo considera que es la limpieza que se le da al edificio?				
Muy mala 1	Mala 2	Adecuada 3	Buena 4	Muy buena 5
Pregunta 10. Si considera que la limpieza general del edificio es mala, indique las áreas que se deben mejorar:				
Baños	Oficinas	Comedor	Áreas de espera	Otros
Pregunta 7. ¿En general está satisfecho con su área de trabajo?				
Muy insatisfecho 1	Insatisfecho 2	Adecuado 3	Satisfecho 4	Muy satisfecho 5
Pregunta 11. Si está insatisfecho con su área de trabajo, indique las razones por las cuales no se encuentra satisfecho				
Respuesta libre				

5.3 APÉNDICE 2. ESTUDIOS ECONÓMICOS Y GUÍA DE COMPRAS SUGERIDA PARA EL ALCANZA DE LOS PRERREQUISITOS Y CRÉDITOS DE LEED O+M: EB V4

SS Crédito 2. Manejo de las aguas pluviales

Cuadro A.2.1. Detalles técnicos del sistema de captación de agua de lluvia sugerido.

Equipo	Casa distribuidora	Detalles técnicos	Precio
Rain Water Pillow	EcoTica	-Incluye la almohada (tanque de captación), filtro, bomba, luz UV y todos los accesorios. -Es resistente a los rayos ultravioleta y la abrasión. -Es aprobada para ganar puntos LEED, cuenta con el NAHB Green Building Standard y Cradle to Cradle Systems.	€6.171.000,00

En la figura A.2.1 se ilustran los principales componentes del sistema propuesto.



Figura B.1 Componentes del sistema de captación de agua de lluvia RainWater Pillow. Fuente: EcoTica

Se realizó un estudio económico para determinar la factibilidad del proyecto, sin embargo, el sistema no es rentable debido al bajo costo del m³ de agua. La VAN calculada es negativa y el período de retorno es mayor a 10 años, la importancia de este proyecto no está en el ahorro que se genera sino en la preservación del recurso hídrico. En el Cuadro A.2.2 se detalla los flujos de efectivo del proyecto:

Cuadro A.2.2. Evaluación económica de la implementación de un proyecto de cosecha de agua de lluvia

Flujos de efectivo										
Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Período	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ahorro	¢120.9 12	¢128.5 68	¢137.280	¢146.652	¢142.4 40	¢167.244	¢178.596	¢190.74 0	¢203.676	¢217.536
Costo de manteni miento	¢0	¢0	¢0	¢0	¢0	¢0	¢0	¢0	¢0	¢0
Utilidad operativa	¢120.9 12	¢128.5 68	¢137.280	¢146.652	¢142.4 40	¢167.244	¢178.596	¢190.74 0	¢203.676	¢217.536
VPF	¢120.9 12	¢128.5 68	¢137.280	¢146.652	¢142.4 40	¢167.244	¢178.596	¢190.74 0	¢203.676	¢217.536
VPF AC.		¢249.4 80	¢386.760	¢533.412	¢675.8 52	¢843.096	¢1.021.6 92	¢1.212. 432	¢1.416.1 08	¢1.633.6 44

WE Prerrequisito 1. Reducción del consumo de agua en el interior

En el caso del estudio económico realizado se utilizó la tasa básica pasiva para calcular el valor presente de los flujos de efectivo. Se utilizaron las tarifas de agua de las Empresa de Servicios Públicos de Heredia de la ARESEP, proyectadas a 10 años. El estudio se detalla en el siguiente Cuadro A.2.3, la VAN obtenida es de ¢3.380.086 al ser positiva se considera que el proyecto es rentable.

Cuadro A.2.3. Evaluación económica del proyecto de compra de accesorios de plomería de bajo consumo.

Flujos de efectivo										
Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Período	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ahorro	€795.807	€846.196	€903.536	€965.219	€1.031.247	€1.100.750	€1.175.465	€1.255.393	€1.340.534	€1.431.757
Costo de mantenimiento	€0	€0	€0	€0	€0	€0	€0	€0	€0	€0
Utilidad operativa	€795.807	€846.196	€903.536	€965.219	€1.031.247	€1.100.750	€1.175.465	€1.255.393	€1.340.534	€1.431.757
VPF	€745.836	€743.262	€743.793	€744.678	€745.660	€745.937	€746.550	€747.248	€747.822	€748.557
VPF AC.		€1.489.098	€2.232.891	€2.977.569	€3.723.228	€4.469.165	€5.215.715	€5.962.963	€6.710.785	€7.459.342

En el siguiente Cuadro A.2.4 se presentan los accesorios de plomería sugeridos para el alcance de la reducción del consumo de agua interno, se detallan principales detalles técnicos, precios y proveedores sugeridos; esto con el fin de que sirva como política de compra para la implementación del proyecto.

Cuadro A.2.4. Detalles técnicos de los accesorios

Accesorio	Casa Distribuidora	Detalles técnicos	Precio
Inodoro	Acualogica	Inodoro Salvagua II, inodoro de 2 piezas (tanque y taza), cumple altura apta para personas con discapacidad descarga silenciosa. Descarga de 3 lpd, no requiere alta presión de agua de entrada. Certificado WaterSense de la EPA, ASME A112.19.2, CSA B45.1. Garantía de 10 años.	€198.370,00 i.v.i (Este precio ya incluye la instalación)
Lavamanos	Impovel	Aireador tipo economizador, diseñado para ahorrar hasta un 80% de agua con respecto a los convencionales. Con rosca dual hembra y macho. Consumo máximo de 0.5 GPM a una presión compensada con flujo constante desde 20 PSI hasta 80 PSI. Certificado por la CSA B-125, ANSI/NSF-61/9, ASME A112.18.1M y WATERSENSE.	€3.300,00 i.v.i
Fregadero	Acualogica	Aireador Savaguita A-003, función doble con capacidad giratoria y válvula de pausa. Consumo máximo de 5,7 lpm, el compensador de presión patentado por acualogica brinda un caudal constante sin importar la presión de agua. Aireador de polioximetileno, sin plomo, ahorro de hasta del 52%. Certificaciones ASME A112.18.1, CSA B125.1, Código de Salud y Seguridad de California, ANSI/NSF 61.	€4.745,00 i.v.i
Orinales	Acualogica	Salvagua F-4000 Orinal 100% libre de agua. Este orinal funciona con un filtro, el filtro actúa como sifón y retiene la sedimentación de la orina con el fin de evitar obstrucciones en la tubería de desagüe. El sellador (compuesto de aceite biodegradable) actúa como sellador de olores. El filtro tiene una vida útil de 7000 usos. Al llegar a su punto máximo es necesario cambiarse, el cambio es muy sencillo se realiza en menos de 2 minutos. El mantenimiento debe ser diario 1 o 2 veces al día y debe limpiarse con desinfectante biodegradable.	€225.887,00 i.v.i (El precio incluye el costo de instalación)
Ducha	Acualogica	Ducha Salvaguitas D-002 aseguran entre un 40%-75% menos del consumo de agua. Caudal máximo de 5,7 lpm. Garantía de 10 años. Rociador potente de 9 chorros. Cumple o supera ASME A112.18.1/ CSA B125.1; ANSI/NSF 61 Blanco.	€8.473,00 i.v.i

EA Prerrequisito 4. Gestión básica de refrigerantes

Cuadro A.2.7. Especificaciones técnicas de las unidades de HVAC sugeridas

Equipo	Cantidad	Monto total
-Evaporadora COOLTEK 9000 BTU R410A SEER 13 220 V	9	\$2.943,00
-Condensadora COOLTEK 9000 BTU R410A SEER13 220		
-Evaporadora COOLTEK 12000 BTU R410A SEER 13 220 V	16	\$5.312,00
-Condensadora COOLTEK 12000 BTU R410A SEER13 220		
-Evaporadora COOLTEK 18000 BTU R410A SEER 13 220 V	9	\$3.897,00
-Condensadora COOLTEK 18000 BTU R410A SEER13 220		
-Evaporadora COOLTEK 24000 BTU R410A SEER 13 220 V	8	\$4.760,00
-Condensadora COOLTEK 24000 BTU R410A SEER13 220		
TOTAL		\$19.110,56

EA Crédito 5. Medición de energía avanzada

Cuadro A.2.5. Detalles técnicos del sistema de medición de energía avanzado propuesto

Accesorio	Casa Distribuidora	Detalles técnicos	Precio
Sistema Obvius	Procoen	<p>-Obivus hace un sistema con una plataforma muy versátil en el que se pueden conectar directamente 32 medidores de energía (electricidad, vapor, agua, BTU, LPG). Los sistemas pueden venir provistos de colectores de información inalámbricos por lo que con un solo sistema se pueden monitorear hasta 1024 medidores a lo largo de toda la planta con unos costos de instalación mínimos</p> <p>-El precio estipulado es para realizar la medición de dos sistemas, iluminación y aires acondicionados. El precio es un aproximado, y puede ser menor ya que se debe realizar una visita al sitio para realizar un presupuesto fijo.</p>	\$5.000,00 i.v.i

EA Crédito 7. Energías renovables y compensaciones de carbono

Cuadro A.2.6. Estudio económico de la factibilidad de instalación de un sistema fotovoltaico.

Flujos de efectivo										
Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Período	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ahorro	¢446.955	¢497.792	¢553.816	¢615.558	¢683.600	¢758.584	¢841.218	¢932.281	¢1.032.631	¢1.143.211
Costo de mantenimiento	¢0	¢0	¢8.390	¢8.390	¢8.390	¢8.390	¢8.390	¢8.390	¢8.390	¢8.390
Utilidad operativa	¢446.955	¢497.792	¢545.426	¢607.168	¢675.210	¢750.194	¢832.828	¢923.891	¢1.024.241	¢1.134.821
VPF	¢446.955	¢497.792	¢545.426	¢607.168	¢675.210	¢750.194	¢832.828	¢923.891	¢1.024.241	¢1.134.821
VPF AC.		¢944.747	¢1.490.173	¢2.097.341	¢2.772.551	¢3.522.745	¢4.355.573	¢5.279.464	¢6.303.705	¢7.438.526

VAN: -¢57.561.474

EA Crédito 8. Manejo avanzado de refrigerantes

Cuadro A.2.7. Potencial de degradación de la capa de ozono y potencial de calentamiento global a lo largo del ciclo de vida de los refrigerantes de las unidades de HVAC.

LCGWP	LCODP x10 ⁵	Impacto atmosférico del refrigerante (LCGWP+LCODP x 105)	(LCGWP+LCODP x 10 ⁵) x N x Q unitario
82,32	184,99	267,31	801,94
75,56	0,00	75,56	75,56
155,41	0,00	155,41	116,56
75,87	170,49	246,36	492,72
148,15	0,00	148,15	222,23
58,60	131,69	190,29	190,29
83,72	188,13	271,84	543,69
94,18	211,64	305,82	611,65
73,25	164,61	237,86	356,80
78,14	175,59	253,72	380,58
60,17	135,22	195,39	781,55
83,72	188,13	271,84	1631,07
78,14	175,59	253,72	570,87
93,13	209,29	302,43	907,28

Continuación del Cuadro A.2.7

LCGWP	LCODP x10 ⁵	Impacto atmosférico del refrigerante (LCGWP+LCODP x 105)	(LCGWP+LCODP x 10 ⁵) x N x Q unitario
118,60	266,51	385,11	577,67
94,18	211,64	305,82	917,47
90,69	203,80	294,50	441,75
94,18	211,64	305,82	458,74
86,51	194,40	280,91	421,36
94,18	211,64	305,82	2140,77
94,18	211,64	305,82	458,74
88,95	199,89	288,83	577,67
118,60	266,51	385,11	577,67
146,50	329,22	475,73	356,80
118,60	266,51	385,11	577,67

APÉNDICE 3. RESULTADOS DE LA CONDUCCIÓN DE LA AUDITORIA PARA LA VERIFICACIÓN DE LA LIMPIEZA SEGÚN LOS LINEAMIENTOS DE APPA.

Cuadro A.3.1 Resultados de la evaluación del Departamento de Igualdad de equidad de género

Ítem de apariencia	Factor de ponderación	Nivel de apariencia					Puntaje absoluto (Factor x nivel)
		1	2	3	4	5	
Pisos	55		X				110
Superficies horizontales	12			X			36
Luminarias	3		X				6
Contenedores de basura	23			X			69
Superficies verticales	7		X				14
Puntuación total							235
Nivel= Puntuación total/100							2.35

Cuadro A.3.2 Resultados de la evaluación del Departamento de Servicios de TI

Ítem de apariencia	Factor de ponderación	Nivel de apariencia					Puntaje absoluto (Factor x nivel)
		1	2	3	4	5	
Pisos	55			X			165
Superficies horizontales	12			X			36
Luminarias	3		X				6
Contenedores de basura	23		X				46
Superficies verticales	7		X				14
Puntuación total							267
Nivel= Puntuación total/100							2.67

Cuadro A.3.3 Resultados de evaluación del Departamento de Dirección de inversión pública

Ítem de apariencia	Factor de ponderación	Nivel de apariencia					Puntaje absoluto (Factor x nivel)
		1	2	3	4	5	
Pisos	55		X				110
Superficies horizontales	12				X		48
Luminarias	3		X				6
Contenedores de basura	23		X				46
Superficies verticales	7			X			28
Puntuación total							238
Nivel= Puntuación total/100							2.38

ANEXOS

ANEXO 1. OBJETIVOS, METAS E INDICADORES ESTABLECIDOS EN EL PROGRAMA DE GESTIÓN AMBIENTAL INSTITUCIONAL DE LA MUNICIPALIDAD DE HEREDIA

Cuadro B.1.1 Programa de gestión ambiental institucional de la Municipalidad de Heredia

Factor ambiental	Objetivos ambientales	Objetivos específicos	Metas ambientales	Responsable	Indicadores ambientales
Gestión del aire (Cambio Climático - reducción de emisiones GEI -)	Crear un plan de huella de carbono en la Municipalidad de Heredia con el propósito de reducir la contaminación atmosférica	Generar un programa de capacitaciones de conducción eficiente	Para el año 2016 capacitar al 100% de los choferes del Edificio central	Gestión ambiental: Rogers Araya	Choferes capacitados <hr/> Total Choferes
			Revisar y replantear el 100% de los manuales de puestos referentes a choferes para establecer procedimientos de responsabilidad para el año 2015.	Talento Humano: Jerson Sánchez	% de avance de revisión y replanteo de manuales
		Cuantificar el consumo de combustible asociado a los vehículos de la Municipalidad de Heredia para determinar las emisiones atmosféricas	Cada año se revisaran trimestralmente el 100% de la información de consumo de combustible de los vehículos del Edificio central	<u>Alcaldía:</u> Enoc Chinchilla <u>Inversión pública:</u> Vertiani Fernández <u>Inspección:</u> Alejandro Di Luca <u>Rentas:</u> Hellen Bonilla <u>Catastro:</u> Marcos Ruiz	% información procesada
	Establecer un programa de compensación de emisiones de gases de efecto invernadero.	Tener en el 2016 el 50% programa compensación de emisiones de gases de efecto invernadero en vigencia	Gestión ambiental: Rogers Araya	% emisiones compensadas	

Continuación del cuadro B.1.1

Factor ambiental	Objetivos ambientales	Objetivos específicos	Metas ambientales	Responsable	Indicadores ambientales
	Desarrollar acciones de mitigación en el sector transporte de la Municipalidad de Heredia para reducir las emisiones atmosféricas	Crear un procedimiento para cumplir con la normatividad vigente y desarrollo de capacidades de verificación vehicular	Verificación de emisiones contaminantes del 100% vehículos a partir del 2015	<u>Alcaldía:</u> Enoc Chinchilla <u>Inversión pública:</u> Vertiani Fernández <u>Inspección:</u> Alejandro Di Luca <u>Rentas:</u> Hellen Bonilla <u>Catastro:</u> Marcos Ruiz	% vehículos con RTV aprobado
		Desarrollar estudios para incrementar la eficiencia energética y reducir el consumo de combustibles	Desarrollar un convenio con alguna institución universitaria para estudios de eficiencia energética en el 15% vehículos y rendimiento de combustible en los mismos para el 2016	Gestión ambiental: Rogers Araya	% cumplimiento de convenio
		Buscar incentivos para automóviles híbridos y eléctricos	Para el año 2021 tener el 10% de unidades sean híbridas o eléctricas en el Edificio Central	<u>Alcaldía:</u> José Ulate <u>Proveeduría:</u> Elio Vargas <u>Gestión Ambiental:</u> Rogers Araya	% unidades cambiadas
Gestión Integral del Recurso Hídrico	Desarrollar un plan de gestión integral del recurso hídrico en la Municipalidad de Heredia de Heredia	Crear un procedimiento para la recolección de la información y el análisis del misma para desarrollar un diagnóstico del consumo de agua a nivel institucional	Cada cuatrimestre se debe procesar el 100% de la información de consumo de agua de la Municipalidad de Heredia	Víctor Zúñiga	% información procesada (recibos)

Continuación del cuadro B.1.1

Factor ambiental	Objetivos ambientales	Objetivos específicos	Metas ambientales	Responsable	Indicadores ambientales
		Crear una partida presupuestaria para una plaza de un fontanero o persona encargada del programa de detección de fugas de agua en la Municipalidad de Heredia de Heredia	Para el 2016 el 100% de cada una de las cinco áreas deben estar revisadas y corregidas contra las fugas	Inversión Pública : Lorelly Marín Talento Humano: Jerson Sánchez	% información procesada
		Implementar un programa de uso de tecnologías limpias en la Municipalidad de Heredia de Heredia	Para el año 2017 cada área deberá implementar 50% del programa de uso de tecnologías limpias	Rogers Araya	% de avance uso de tecnologías limpias
Gestión Integral de Residuos Sólidos	Crear un plan para la gestión integral de residuos sólidos para la Municipalidad de Heredia de Heredia	Generar un programa de capacitaciones para una adecuada separación de residuos sólidos dentro de la Municipalidad de Heredia	Para el año 2016 se pretende capacitar al 100% del personal municipal	Gestión ambiental: Rogers Araya Teresita Granados Subcontratos de limpieza	% de personal capacitado <hr/> Total de personal
		Cuantificar la cantidad de residuos valorizables y residuos ordinarios generados	Para el primer semestre del 2016 se deben tener identificados el 100% los controles para la cuantificación mensual	Gestión ambiental: Rogers Araya Teresita Granados Subcontratos de limpieza	% residuos valorizables <hr/> Total de residuos ordinarios

Continuación del cuadro B.1.1

Factor ambiental	Objetivos ambientales	Objetivos específicos	Metas ambientales	Responsable	Indicadores ambientales
		Diseñar un plan de compra y sustitución de recipientes adecuados para la separación de residuos valorizables	Para inicios del 2016 se debe contar con el 100% del plan de compra y sustitución de recipientes adecuados para la separación de residuos valorizables	Gestión ambiental: Teresita Granados Rogers Araya	Recipientes en buen estado
	Implementar un plan para la disminución en el uso de papel dentro de las áreas administrativas municipales	Capacitar a los trabajadores administrativos en el adecuado uso del papel en las oficinas	Para 2016 capacitar al 100% de los trabajadores administrativos	Gestión ambiental: Teresita Granados Rogers Araya	% de personal capacitado <hr/> Total de personal
		Implementar criterios ambientales en la compra de materiales de papelería de la Municipalidad de Heredia	Para el II semestre 2015 implementar compras verdes para papelería	Gestión ambiental: Rogers Araya Proveeduría: Elio Vargas	Registros de compras verdes municipales
Gestión de la energía (eficiencia energética)	Crear un plan para la gestión eficiente de la energía eléctrica en la Municipalidad de Heredia	Implementar una revisión y análisis del consumo de energía eléctrica dentro de los edificios municipales	Para inicios del 2016 se debe contar el plan de análisis de energía	Gestión ambiental: Rogers Araya	% recibos analizados <hr/> Total de recibos recibidos
		Realizar un estudio de factibilidad para la utilización de equipos eficientes y energías renovables	Completar estudio para el año 2016	Gestión ambiental: Rogers Araya Proveeduría: Elio Vargas	Resultados de los estudios de factibilidad

Continuación del cuadro B.1.1

Factor ambiental	Objetivos ambientales	Objetivos específicos	Metas ambientales	Responsable	Indicadores ambientales
Adquisición de bienes y servicios verdes (compras sustentables)	Asegurar la aplicación de criterios ambientales en las adquisiciones realizadas y gestionadas en la Municipalidad de Heredia	Aplicar de forma progresiva los criterios de compras sustentables recomendados por el Ministerio de Hacienda o CEGESTI, con el fin de cumplir con la aplicación de criterios ambientales y sociales en las adquisiciones de bienes y servicios que se realizan en la Municipalidad de Heredia	85% de los requerimientos de adquisición de bienes o servicios de la Municipalidad de Heredia incorporan criterios de sostenibilidad durante el período 2014-2018	Proveeduría: Elio Vargas Alcaldía: José Ulate Gestión Ambiental: Rogers Araya Salud Ocupacional: Norma Villalobos	% de requerimientos que aplican criterios ambientales.
Salud Ocupacional	Gestionar los planes de salud ocupacional y de emergencias de la Municipalidad de Heredia	Gestionar los planes y recursos para la preparación, respuesta y recuperación ante emergencias por riesgos antrópicos y amenazas naturales	Desarrollar e implementar el 100% de los planes de emergencias y los planes de salud ocupacional	Salud Ocupacional: Norma Villalobos	Índice de Siniestralidad (costo de la emergencias por año /prima anual de seguro)
		Gestionar los riesgos a la salud y a las operaciones de manera integral, con énfasis en la prevención de enfermedades, accidentes laborales y los impactos por amenazas naturales		Salud Ocupacional: Norma Villalobos	Programa de Higiene Industrial y SO implantado;

ANEXO 2. PROPUESTA DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS DE UN PROYECTO DE REMODELACIÓN

En el siguiente cuadro se detallan los principales residuos que se esperan generar en un proyecto de construcción, descripción su posible tratamiento y disposición final.

Cuadro B.2.1 Propuesta de manejo de los residuos sólidos generados en una construcción (Vega, 2015)

Tipo de Residuos	Manejo Propuesto
Cartón y Papel	Manejo: Disposición en el contenedor de la batería. Empresa encargada: CTTM Materiales admitidos: Que se encuentren limpios los materiales de papel seco, cartón seco, revistas, sacos de cemento, empaques de papel y cartón seco. Disposición final: Reciclaje
Escombros	Manejo: Disposición en el contenedor asignado Empresa encargada: CTTM. Materiales: escombros Disposición: Material de relleno
Madera	Disposición: Desfibrado, uso como combustible, reproceso en empresa. Manejo: Disposición bodega especial. Empresa encargada: Xilo, TEC. Disposición: Reciclaje
Material peligroso	Manejo: Disposición en el contenedor aparte. Empresa encargada: CTTM y co-procesamiento. Materiales: sustancias químicas, equipo de seguridad. Disposición: Tratamiento especial de acuerdo al desecho.
Plástico	Manejo: Disposición en el contenedor asignado en la batería Empresa encargada: CTTM. Materiales: Plásticos reciclables.
Aislante	Manejo: Disposición en el contenedor aparte. Empresa encargada: co-procesamiento o Relleno Sanitario. Materiales: rockwool, prodex u otro aislante. Disposición: Tratamiento especial de acuerdo al desecho.
Residuos Electrónicos	Manejo: Disposición en el contenedor asignado en la batería Empresa encargada: CTTM. Materiales: Línea blanca, gris y marrón. Disposición: Reutilización de piezas y exportación.

ANEXO 3. RESUMEN DEL CONSUMO DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO DE LA MUNICIPALIDAD DE HEREDIA PARA EL PERÍODO 2014-2015.

Cuadro B.3.1 Registro del consumo de agua del edificio administrativo de la Municipalidad de Heredia

Período	No. Medidor	Consumo (m3)	Monto	Monto Total por mes	Consumo Total (m3/mes)
ene-14	819563	15	¢12.445,00	¢125.260,00	112,00
	623676	97	¢112.815,00		
feb-14	819563	26	¢27.851,00	¢257.435,00	202,00
	623676	176	¢229.584,00		
mar-14	819563	26	¢27.851,00	¢150.813,00	124,00
	623676	98	¢122.962,00		
abr-14	819563	23	¢23.888,00	¢35.592,00	36,00
	623676	13	¢11.704,00		
may-14	819563	60	¢72.765,00	¢84.469,00	73,00
	623676	13	¢11.704,00		
jun-14	819563	21	¢21.246,00	¢27.294,00	27,00
	623676	6	¢6.048,00		
jul-14	819563	22	¢22.506,00	¢33.402,00	34,00
	623676	12	¢10.896,00		
ago-14	819563	25	¢26.250,00	¢56.379,00	53,00
	623676	28	¢30.129,00		
sep-14	819563	15	¢13.320,00	¢68.016,00	62,00
	623676	47	¢54.696,00		
oct-14	819563	18	¢17.223,00	¢94.298,00	82,00
	623676	64	¢77.075,00		
nov-14	819563	20	¢19.925,00	¢100.615,00	86,00
	623676	66	¢80.690,00		
dic-14	819563	21	¢21.246,00	¢97.973,00	84,00
	623676	63	¢76.727,00		
ene-15	819563	16	¢14.782,00	¢66.953,00	60,00
	623676	44	¢52.171,00		
feb-15	819563	35	¢41.148,00	¢111.072,00	91,00
	623676	56	¢69.924,00		
mar-15	819563	18	¢17.850,00	¢86.390,00	73,00
	623676	55	¢68.540,00		

Continuación del cuadro B.3.1

Período	No. Medidor	Consumo (m3)	Monto	Monto Total por mes	Consumo Total (m3/mes)
abr-15	819563	19	¢19.423,00	¢73.482,00	63,00
	623676	44	¢54.059,00		
may-15	819563	19	¢19.423,00	¢35.087,00	35,00
	623676	16	¢15.664,00		
jun-15	819563	18	¢18.572,00	¢45.705,00	42,00
	623676	24	¢27.133,00		