



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA

**FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS, ADMINISTRATIVAS Y
CONTABLES**

MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS

**Factibilidad de un plan de Gestión Ambiental que contribuya a hacer de la UNAB-
sede El Jardín, una Universidad ambientalmente sostenible.**

**Para optar al título de
Magister en Administración de Empresas**

Presentado por:

Katherinne Yulieth Torres Rodríguez

Código: U00107052

Sandra Milena Castro Serrano

Código: U00108382

Directora de tesis de grado:

Graciela Chálela Álvarez

MSc., Dr. rer. nat., PosDoc., Prof. Hab., Prof.Em

Directora UNAB Ambiental-Cinbbya

Co-directora de tesis de grado:

Mg. Claudia Tatiana Suarez Ortega

Bucaramanga, 2018

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos primeramente a Dios por su amor inconmensurable y su paz inagotable.

A la Dra. Graciela Chálela por su acompañamiento y su aporte integral en todo este camino.

*A la Dra. Tatiana Suarez por su calidad humana y profesional que dedicó a nuestra
formación como profesionales.*

Al Dr. Yecid Muñoz y la Ing. Cecilia Anaya por su ayuda en la orientación de la tesis.

Al Arq. Diofeni Quintero por su apoyo profesional durante este recorrido.

*A la Universidad Autónoma de Bucaramanga y a todas aquellas personas que sin esperar algo, ofrecieron sus conocimientos y su ayuda: Eduar Mazo, Everardo Rumbo, Helga Mora,
Flor de Liz, Javier, Gabriel Mendoza, Isaías Rincón y Anyulibeth Portela.*

En general, a todos nuestros familiares y allegados.

Muchas gracias.

Katherinne Torres R. y Sandra Castro S.

	MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS	
	ACTA DE CALIFICACIÓN FINAL TRABAJO DE GRADO	
HOJA:	1 de 1	

LUGAR DE LA SUSTENTACIÓN	FECHA (dd-mm-aaaa)			HORA (hh:mm)		
Sala de Juntas N°2 Facultad de Ciencias Económicas, Administrativas y Contables	20	03	2018	04	30	<input type="checkbox"/> AM <input checked="" type="checkbox"/> PM

TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO		
"FACTIBILIDAD DE UN PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL QUE CONTRIBUYA A HACER DE LA UNAB- SEDE EL JARDÍN, UNA UNIVERSIDAD AMBIENTALMENTE SOSTENIBLE"		
AUTORES	Número de Identificación	Código UNAB
KATHERINNE YULIETH TORRES RODRÍGUEZ	1.096.215.955	U00107052
SANDRA MILENA CASTRO SERRANO	37.726.011	U00108382
DIRECTOR	<i>27.959.186</i>	
GRACIELA CHALELA ÁLVAREZ Ph.D.		
CODIRECTOR		
CLAUDIA TATIANA SUAREZ ORTEGA Mag.	<i>51873 209</i>	
ASESOR		
N/A		

OBSERVACIONES AL TRABAJO DE GRADO

CALIFICACIÓN AL TRABAJO DE GRADO Y LA SUSTENTACIÓN PRESENTADA

AUTORES	EVALUADOR		EVALUADOR		DIRECTOR		CALIFICACIÓN FINAL
	Nota		Nota		Nota		
	Trabajo	Sustentación	Trabajo	Sustentación	Trabajo	Sustentación	
KATHERINNE YULIETH TORRES RODRÍGUEZ	4,55	4,5	4,4	4,5	4,9	4,7	4,6
SANDRA MILENA CASTRO SERRANO	4,55	4,5	4,4	4,5	4,9	4,7	4,6

Otorgar la Calificación de: 4,6(ACEPTADA) (A) NO ACEPTADA (NA) INCOMPLETA (I)

Recomendar para Meritorio

Recomendar para Laureado

DATOS COMISIÓN EVALUADORA TRABAJO DE GRADO

	NOMBRE	FIRMA	CEDULA
Evaluador	Edgar Mauricio Mendoza García Ph.D..	<i>[Firma]</i>	88.223.688
Evaluador	Diana Oliveros Contreras Ph.D.	<i>[Firma]</i>	60.265.888
Director del Trabajo de Grado	Graciela Chalela Álvarez Ph.D..	<i>[Firma]</i>	37.959.186
Codirector del Trabajo de Grado	Claudia Tatiana Suarez Ortega Mag.	<i>[Firma]</i>	51.873.209
Coordinador de Posgrados	Jorge Enrique Mantilla Medina	<i>[Firma]</i>	13.277.720

Candidatos a Magíster:

Fdo. KATHERINNE YULIETH TORRES RODRÍGUEZ

Fdo. SANDRA MILENA CASTRO SERRANO



20 MAR 2018

Elaborado por: Coordinación Académica y científica de la Maestría	Revisado por: Coordinación de posgrados de la Maestría	Aprobado por: Comité de Curricular Posgrados
---	--	--

Resumen

La sociedad, busca su desarrollo con infraestructura en las urbes y para su logro, en muchas ocasiones ha hecho uso inadecuado de los recursos naturales, con consecuencias adversas, como el incremento de los gases de efecto invernadero (GEI), que se reconocen como uno de los principales agentes contaminantes que aceleran el cambio climático. El cuidado del ambiente, es foco en la gestión empresarial, y por ello se busca a través de su cuidado y mejoramiento continuo, contribuir a la optimización del resultado económico del país.

Se estudió la factibilidad de un “Plan de Gestión Ambiental” que contribuyera a que la UNAB- sede El Jardín, fuese ambientalmente sostenible, planteando tres proyectos: paneles solares, reutilización de aguas lluvias y techos verdes, cuyo resultado económico, social y ambiental fue evaluado, y se planteó, un programa transversal de cultura ambiental para la “UNAB”.

El sistema de recolección de aguas lluvias de 40 m³, representaría un ahorro del 11% del consumo. El montaje y puesta en marcha de 282 paneles solares, lograría una caída en el gasto equivalente al 9,39% del consumo total. Por otro lado, el techo verde de 208 m² disminuiría el consumo energético en 702,67 kW/h. Los proyectos se reconocieron ambiental y socialmente viables, más no todos financiera y económicamente favorables.

Finalmente, se propone un programa de cultura ambiental para fortalecer el conocimiento y la conciencia ambiental de la población. La implementación de lo propuesto, lograría contribuir a la sostenibilidad ambiental de la UNAB.

Palabras claves: Universidad sostenible, factibilidad, desarrollo sostenible.

Abstract

Society seeks greater development by building infrastructures in the cities. In order to achieve that, on many occasions, there has been inadequate use of natural resources, leading to adverse consequences such as the increase of greenhouse gases (GHGs), which are known to be one of the main polluting agents that accelerate climate change. Environmental care is important to business management; therefore, through its protection and continuous improvement, it seeks to contribute to the optimization of the economic performance of the country.

The feasibility of an "Environmental Management Plan" was studied. It aims at making the El Jardín headquarters at UNAB environmentally sustainable by proposing three projects: solar panels, rainwater harvesting, and a green roof system. The economic, social and environmental result of the plan was evaluated; and it was posed to develop a transversal program of environmental culture for the "UNAB" community.

The analysis showed that 40m³ harvested rainwater can save up to 11% of consumption. The assembly and implementation of 282 solar panels can decrease 9.39% of total consumption. Similarly, 208 m² of green roof can lower the energy consumption by 702.67 kWh. The projects were agreed to be environmentally and socially viable, but they were not found financially and economically favorable.

To sum up, a program of environmental culture is posed aiming at strengthening the knowledge and environmental awareness of the university community. The implementation of the proposed Environmental Management Plan would contribute to the environmental sustainability of the UNAB.

Keywords: Sustainable university, feasibility study, sustainable development

Contenido

Capítulo I: El Problema.....	20
Planteamiento del problema.....	20
Objetivo General.....	22
Objetivos Específicos.....	22
Manejo de Hipótesis.....	23
Justificación de Proyecto	23
Limitaciones y Delimitaciones.....	25
Definición de Términos	26
Capitulo II: Marco teórico.....	30
Antecedentes Investigativos.....	30
Sostenibilidad.....	43
Sostenibilidad ambiental.....	48
Sostenibilidad económica	50
Sostenibilidad social	52
Sostenibilidad política.....	53
Desarrollo Urbano Sostenible	53
Ciudad Verde.....	57

Universidad sostenible.	58
Biodiversidad	60
Proyectos Sostenibles.....	61
Uso de celdas fotovoltaicas.....	63
Reutilización del agua.	64
Techos verdes.....	66
Educación ambiental	69
Plan de Gestión Ambiental	71
Ciclo del Proyecto	71
Estudio de Factibilidad.....	74
Estudio económico.	76
Estudio técnico.	76
Evaluación de proyectos ambientales.	76
Estudio legal.....	76
Capitulo III: Metodología	77
Contextualización del Proyecto	78
Diagnóstico de la Gestión Ambiental de las Zonas Comunes de la Universidad Autónoma de Bucaramanga- sede El Jardín.....	79
Proyectos de Gestión Ambiental.....	81

Reutilización de las aguas lluvias	82
Uso de Paneles Solares o Uso de Otro Tipo de Energía Renovable	86
Construcción de los llamados techos verdes.....	93
Evaluación Económica, Financiera y Social.....	96
Programa de Cultura Ambiental	97
Normatividad asociada, al diseño del Programa de Cultura Ambiental	99
Términos y Abreviaturas.....	100
Encuesta.	101
Capitulo IV: Resultados	104
Diagnóstico de la Gestión Ambiental de las Zonas Comunes de la Universidad Autónoma de Bucaramanga- Sede El Jardín	104
Proyectos de Gestión Ambiental.....	109
Reutilización de aguas lluvias.....	109
Uso de paneles solares.	122
Techos Verdes.....	134
Evaluación Económica y Financiera.....	144
Techos Verdes.....	145
Reutilización de Aguas Lluvias	148
Uso de paneles solares.	154

Programa de Cultura Ambiental	157
Actividades que conducen a tener un programa de educación ambiental o de cultura ambiental.....	167
CONCLUSIONES	170
RECOMENDACIONES	173
ANEXOS	175
Anexo 1. Cotizaciones de las empresas.	175
Anexo 1.a Agropaisa.....	175
Anexo 1.b Anexo 1.b L.A.H Construcciones S.A.S para sistema de 400 m ³	175
Anexo 1.c Fluidservicios Lamus S.A.S para sistema de 40 m ³ y 60m ³	175
Anexo 1.d Eme Ingeniería S.A.	175
Anexo 1.e Groncol infraestructura verde	175
Anexo 1.f Maquiaguas S.A.S.....	175
Anexo 1.g Fluidservicios Lamus S.A.S para sistema de 400 m ³	175
Anexo 1.h Verasta S.A.S	175
Anexo 1.i Construcciones Naranjo García para sistema de 60 m ³	175
Anexo 1.j Construcciones Naranjo García para sistema de 40 m ³	175
Anexo 1.k GHE Acabados S.A.	175
Anexo 2. Flujos de Caja	176

Anexo 2.1. Flujo de Caja proyecto reutilización de aguas lluvias.	176
Anexo 2.2 Flujo de Caja uso de paneles solares.	177
Anexo 2.3 Flujo de Caja del techo verde	178
Anexo 3. Cálculo financiero y económico para el sistema de almacenamiento de 60 m ³ y 400 m ³	180
Anexo 3.a. Cálculo para un sistema de almacenamiento de 60 m ³	180
Anexo 3.b. Cálculo para un sistema de almacenamiento de 400 m ³	183
ANEXO 4. Plano general de la Universidad Autónoma de Bucaramanga	186
ANEXO 5. Estudio de suelos. Análisis de estabilidad. Talud UNAB- Sede Bucaramanga	186
ANEXO 6. Cálculos estructurales para la cubierta del auditorio mayor realizados en el 2012	186
ANEXO 7. Plano detallado del tanque de almacenamiento de 400 m ³	186
Bibliografía	187

Lista de Figuras

Figura 1. Número de publicaciones por año.	30
Figura 2. Flujo del proceso de gestión sostenible de proyectos de construcción	33
Figura 4. Marco metodológico para la implementación sostenible en la construcción de edificios.....	34
Figura 5. Puntuación de la Certificación LEED para Viverdi 84.	37
Figura 6. Tecnología instalada en la Universidad de Osaka. F	38
Figura 7. Ventajas implementación sostenibilidad Construcciones Verdes, ISO 14001, Informes de Sostenibilidad.	43
Figura 8. Pilares de la sostenibilidad.	47
Figura 9. Los tres pilares del desarrollo sostenible.....	55
Figura 10. Proceso de Conversión de Energía Solar.	63
Figura 11. Esquema de un sistema de recuperación de agua de lluvia.	65
Figura 12. Tipos de techos verdes.	66
Figura 13. Sistema de montaje de Techos Verdes.	67
Figura 14. Ejemplo de Techos Verdes.....	67
Figura 15. Perfil referencial de la isla de calor (ICU).	68
Figura 16. Ciclo del Proyecto.	72
Figura 17. Pasos de la pre-inversión.	73

Figura 18. Flujo de información en los estudios de pre-inversión.	73
Figura 19. Diagrama de la Metodología de Investigación.....	78
Figura 20. Descripción general del funcionamiento de los paneles solares	87
Figura 21. Vista frontal: Unab - Sede El Jardín.....	105
Figura 22. Valor anual del servicio de agua y consumo anual de agua.	105
Figura 23. Consumo mensual de agua en m ³	106
Figura 24. Cantidad de Agua Consumida en m ³ por Dependencia.	107
Figura 25. Valor mensual facturado para el servicio de energía y consumo de energía eléctrica.	108
Figura 26. Consumo mensual de energía eléctrica para 2016-2017.....	108
Figura 27. Consumo de agua en m ³ de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, Sede Jardín.....	110
Figura 28. Consumo porcentual de agua en riego.	111
Figura 29. Plano UNAB sede El Jardín con ubicación del tanque de almacenamiento de agua y puntos de conexión.....	118
Figura 30. Consumo de agua total Vs Consumo de agua para riego.	120
Figura 31. Consumo mensual de energía. Fuente: Elaboración propia	123
Figura 32. Consumo promedio diario de energía en la UNAB sede El Jardín.	123
Figura 33. Consumo de energía luminaria por dependencia.	125

Figura 34. Potencia en kW que se consume por espacios dentro de la universidad.	126
Figura 35. Fotos inéditas de las cubiertas de la Unab Sede El Jardín	129
Figura 36. Demanda promedio de iluminación Vs Oferta de generación de energía.	130
Figura 37. Beneficios de los techos verdes.....	136
Figura 38. Isla de calor. Fuente: Grupo Técnico de Techos Verdes.....	138
Figura 39. Cantidad de personas encuestadas.	159
Figura 40. Respuesta de preguntas que corresponden a la percepción ambiental que tienen los usuarios de la UNAB y como ha influenciado directamente a su estilo de vida ..	160
Figura 41. Respuesta de preguntas ¿Cuál es el conocimiento o percepción que tiene los usuarios con respecto al manejo ambiental que tiene la universidad?	162
Figura 42. Respuesta de preguntas relacionadas a ¿Cuál es el conocimiento que tiene los usuarios con respecto al manejo ambiental en general?	164
Figura 43. Respuesta de la pregunta ¿Cuál cree que son las posibles fuentes de contaminación de la ciudad?.....	166
Figura 44. Respuesta de la pregunta ¿Cuál cree que son las posibles fuentes de contaminación de la Universidad.....	166

Lista de Tablas

Tabla 1. Tipos de superficie del área de captación de aguas lluvias	83
Tabla 2. Sistema de Captación de Aguas Pluvial en Techos	84
Tabla 3. Características de las cubiertas verdes.....	93
Tabla 4. Diferencias comparativas por tipo de cubiertas verdes	94
Tabla 5. Aporte de peso por tipo de cubierta vegetal	95
Tabla 6. Lluvia promedio mensual en la UNAB sede El Jardín.....	112
Tabla 7. Número de horas requeridas para riego en concordancia con los días de lluvia.	113
Tabla 8. Demanda mensual de agua para riego.	114
Tabla 9. Oferta mensual de agua.	115
Tabla 10. Veces de llenado anual para un sistema de almacenamiento de agua de 400 m ³	116
Tabla 11. Veces de llenado anual para un sistema de almacenamiento de agua de 60 m ³ .	117
Tabla 12. Cantidad de veces de llenado de un tanque de 40 m ³ anual	117
Tabla 13. Porcentaje de ahorro de la demanda estimada para riego con respecto al consumo promedio mensual total.....	119
Tabla 14. Valor de ahorro en el consumo de agua para riego.	120
Tabla 15. Tipo de bombillas que usa la UNAB en la sede El Jardín.....	124
Tabla 16. Horas promedio de uso diario de cada uno de los espacios.....	126

Tabla 17. Consumo promedio mensual de potencia [kWh] para cada uno de los espacios.	127
Tabla 18. Radiación solar por hora	128
Tabla 19. Consumo mensual de energía ahorrada	131
Tabla 20. Valor mensual de la iluminación de acuerdo al valor facturado del servicio de energía.....	132
Tabla 32. Cantidad de usuarios en la UNAB sede El Jardín.	157
Tabla 33. Preguntas: ¿Cuál es la percepción ambiental que tienen los usuarios de la UNAB y cómo ha influenciado directamente a su estilo de vida?.....	160
Tabla 34. Preguntas: ¿Cuál es el conocimiento o percepción que tiene los usuarios con respecto al manejo ambiental que tiene la universidad?.....	162
Tabla 35. Preguntas: ¿Cuál es el conocimiento que tiene los usuarios con respecto al manejo ambiental en general?	163
Tabla 36. Actividades a implementar para la toma de conciencia ambiental.....	167
Tabla 37. Control de cada una de las actividades	169
Tabla 38. Flujo de Caja proyecto reutilización de aguas lluvias para un sistema de 40 m ³ (Millones de pesos).	176
Tabla 39. Flujo de Caja proyecto de paneles solares (Millones de pesos).	177
Tabla 40. Flujo de Caja del techo verde (Millones de pesos).	178
Tabla 41. Inversión inicial para un tanque de 60 m ³	180

Tabla 42. Ingreso neto por usar un tanque de 60 m ³	180
Tabla 43. Valoración financiera para un tanque de 60 m ³	180
Tabla 44. Flujo de caja para sistema de almacenamiento 60 m ³	181
Tabla 45. Inversión inicial para un tanque de 400 m ³	183
Tabla 46. Ingreso neto por usar un tanque de 400 m ³	183
Tabla 47. Valoración financiera para un tanque de 400 m ³	183
Tabla 48. Flujo de caja para tanque de 400 m ³	184

Introducción

La sociedad en su afán de crecimiento, ha construido ciudades poco amigables con el medio ambiente y de esta forma han hecho un uso desmedido de los suelos e infraestructura, encareciendo los costos de suministros de servicios como el agua y la luz; adicionalmente, incrementando los gases de efecto invernadero (GEI), tales como, CO₂, CH₄, N₂O y SF₆, generando cambios climáticos, siendo éste, el problema medioambiental más crítico del mundo (Echevarría & Aguado, 2003; Foo & Tan, 2016).

La sostenibilidad, un objetivo de alcance mundial, se ha incorporado en los últimos años en muchos niveles de la sociedad, como la capacidad de que un recurso o espacio se mantenga en el tiempo, es decir, que permita que futuras generaciones disfruten de ello de la misma manera que las actuales lo hacen. Uno de los recursos más importantes son los naturales y su importancia se debe a que éstos están en vía de extinción (Informe Brundtland, 1987).

Las ciudades, tienen la responsabilidad de mantener, adaptar, renovar continuamente el entorno natural y de adecuar la infraestructura para alcanzar un desarrollo urbano sostenible y del mismo modo fortalecer las bases económicas con una demanda mínima de recursos que reduzca los efectos negativos del entorno natural y satisfaga las necesidades humanas. Por esa razón, la sostenibilidad local se presenta como la posibilidad de mantener y proteger estos recursos naturales a nivel regional, en donde las autoridades o los entes gubernamentales toman el concepto global de sostenibilidad y lo contextualizan de acuerdo a las necesidades que se presenta en el entorno. Su principal objetivo es el de asignar recursos que generen un crecimiento económico más equitativo a nivel social y

territorial y así lograr que sea sostenible en términos ambientales (Hartmuth, Huber, & Rink, 2008).

Las organizaciones al igual que sus socios comerciales, se involucran en cambios a nivel económico en donde su principal desafío gira en torno a la gestión ambiental y social; adicionalmente, los consumidores y los entes públicos exigen que estos desafíos se realicen de forma responsable, de hecho los inversionistas hacen evaluación de las potenciales inversiones, entendiendo que deben ser ambientalmente responsables para que sus proyectos puedan ser reconocidos como viables y finalmente convenientes desde el punto de vista económico. La sostenibilidad por tanto, se está convirtiendo en un factor importante en el sector empresarial a largo plazo (Leyh, Rossetto, & Demez, 2014).

Las universidades hacen parte de la infraestructura de una urbanización y no menos importante, son las responsables de la educación de muchas de las personas que viven en ella y debe procurar propender la educación ambiental no solo de forma verbal sino con acciones. La sostenibilidad en las universidades se ha convertido en los últimos años en una estrategia de gestión en donde lo regional y global se direcciona e involucra para promover la minimización de impactos ambientales, sociales y económicos (Parrado & Trujillo, 2015).

Desde lo local, la presente investigación pretende desarrollar un estudio de factibilidad de un plan de gestión ambiental que permita el desarrollo sostenible de las zonas comunes de la Universidad Autónoma de Bucaramanga sede El Jardín. Para su realización, se propondrá, entre otros, un programa de cultura ambiental a la comunidad

universitaria y se evaluará la viabilidad de implementar proyectos ambientales que ayuden a reducir costos para los administrativos y que aporten positivamente al medio ambiente.

Capítulo I: El Problema

Planteamiento del problema

El consumo acelerado de los recursos naturales como la energía, uso de suelos, uso de agua para labores industriales y domésticas y la generación de residuos sólidos, han generado disfuncionalidades, llevando a crear nuevos planteamientos, entre los que se encuentran el reto del desarrollo urbano sostenible (Perea, Cabrales, & Jiménez, 2009).

El problema ambiental ha adquirido proporciones preocupantes, debido al desarrollo de las naciones industrializadas y el deseo del hombre en satisfacer sus necesidades. En otras palabras, el consumismo un modelo no controlado de producción, está poniendo en peligro la base de los recursos naturales que soportan las actividades presentes y futuras que, implícitamente generan el riesgo de su desaparición (Ramírez, 2017) y adicionalmente, aumentan los costos operacionales de una organización o proyecto.

La dispersión urbana cada vez se hace frecuente en los diferentes países generando un debilitamiento en las zonas rurales, especialmente en países latinoamericanos. Al mismo tiempo, las instituciones han sido influenciadas por la globalización afectando la planeación e imponiendo modelos de desarrollo económico que lleva a un cambio en la forma como se usa el espacio y el consumo de los recursos naturales (González, 2009).

Además, un modelo urbano compacto ofrece a los ciudadanos la interacción con entornos ecológicos controlados y segmentados. Por esta razón, se busca que los proyectos

que se implementen logren mitigar, corregir, compensar y prevenir esta antropización¹ urbana en ecosistemas y que por otro lado, asegure un retorno económico para la ciudad y para la organización. Los proyectos ambientales, suelen tener una inversión inicial, bastante alta que para algunos estratos socioeconómicos no es asequible, pero se recalca que la inversión inicial, no se compara con los ahorros que se generan a largo plazo y con la contribución positiva al medio ambiente (Silva, 2009).

En gran medida, el impacto ambiental se debe a la falta de conocimiento que tienen las organizaciones en la gestión de los recursos que poseen y que no son aprovechados en su totalidad, puesto que la sostenibilidad es una propuesta de valor para la estrategia que se desarrolla al interior de una organización.

Según Rivas (2011) las universidades, son generadoras de impactos ya sea de forma directa o indirecta sobre el entorno en el que se encuentran y son consideradas como ciudades pequeñas por la cantidad de personas que lo forman y por las actividades que realizan y que de algún modo afectan al ambiente. En otras palabras, son un conjunto complejo en el que se puede encontrar diversidad de culturas, estilos, experiencias de todo tipo, el que se deben tomar decisiones que permitan avanzar estratégicamente en los principios de desarrollo sostenible siendo en la actualidad el principal objetivo de las agendas en las universidades.

Por tal motivo, es importante contribuir desde lo local, en la búsqueda de alternativas que permitan disminuir los altos consumos de los recursos naturales, que

¹ Es toda la intervención de las sociedades humanas sobre los elementos naturales.

proporcione un bienestar para los ciudadanos y que al mismo tiempo genere un desarrollo y crecimiento económico para la ciudad.

Es por eso que la actual investigación busca resolver la siguiente pregunta de investigación: ¿Es factible proponer un plan de gestión ambiental que permita el desarrollo sostenible de la Universidad Autónoma de Bucaramanga sede El Jardín?

Objetivo General.

Evaluar la factibilidad de un “Plan de Gestión Ambiental” que contribuya a hacer de la UNAB- sede El Jardín, una universidad ambientalmente sostenible.

Objetivos Específicos.

- Hacer un diagnóstico de la Gestión Ambiental de la Universidad Autónoma de Bucaramanga en su sede El Jardín.
- Determinar los proyectos de Gestión Ambiental técnicamente viables para las zonas comunes de la Universidad Autónoma de Bucaramanga sede El Jardín.
- Evaluar la factibilidad económica y administrativa de los proyectos de Gestión Ambiental, que permitan el desarrollo sostenible de la Universidad Autónoma de Bucaramanga sede El Jardín.
- Proponer un programa de cultura ambiental para las partes interesadas de la Universidad Autónoma de Bucaramanga sede El Jardín

Manejo de Hipótesis

Para el siguiente trabajo de investigación cualitativa se ha planteado la siguiente hipótesis: ¿Es posible demostrar la factibilidad de implementar un proyecto de Gestión Ambiental para la Universidad Autónoma de Bucaramanga sede El Jardín, teniendo en cuenta aspectos ambientales, económicos y sociales?

Esta investigación parte de la necesidad que vive el mundo entero con respecto al cambio climático y las consecuencias que está generando a nivel social, ambiental y económico. El desarrollo sostenible urbano se presenta como una alternativa para implementar proyectos ambientales que generen desarrollo a las ciudades y que disminuya consecuencias en estos tres niveles.

Justificación de Proyecto

Urbanizar un área no es otra cosa que una transformación física del medio, pero estas suelen hacerse de forma tradicional y/o convencional, no obstante, es importante implementar proyectos ambientales debido a que los recursos naturales se han ido agotando y contaminando debido al mal uso y falta de disposición e interés en la gestión de la misma.

Uno de los desafíos más importantes según Ziout, et al., (2013) es mantener un equilibrio de los recursos naturales como son el consumo de energía y la generación de residuos, contribuyendo a que futuras generaciones puedan disfrutar y administrar

adecuadamente estos recursos. Todo lo anterior, debe mantener o mejorar el desempeño económico ya sea de una ciudad, organización y en el caso actual de una universidad.

La Organización de las Naciones Unidas (2015) estableció 17 objetivos de desarrollo sostenible que tiene como meta común para el 2030 transformar el mundo y donde los líderes mundiales se comprometerán por medio de su implementación a erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad. Adicionalmente, Findenter (2016) la Financiera de Desarrollo Territorial S.A, junto con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), implementa el programa de ciudades sostenibles y competitivas con el cual buscan impulsar el desarrollo sostenible de las ciudades intermedias del país a largo plazo en los ámbitos sociales, económicos y ambientales.

La comisión Brundtland (1987) establece que la ecología y la economía cada vez están más entrelazados a nivel local, regional, nacional y mundial en una red de causas y efectos, puesto que, hay muchas regulaciones que controlan el uso de los recursos e imponen multas para quienes no cumplan, afectando así a las organizaciones ya que significa una salida de dinero. Por otro lado, se tiene que el buen manejo le añade un valor agregado a la organización en el aspecto económico por los ahorros a futuro en el consumo del agua, energía y aprovechamiento adecuado del suelo.

Teniendo en cuenta que la Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible no es un ejercicio único del gobierno nacional, ya que si el objetivo es mejorar la calidad ambiental del país y con ello la calidad de vida, se debe asumir un compromiso responsable como ciudadanos para propiciar estos cambios, bajo el entendido que la protección del ambiente es una tarea común (Mendoza, 2017).

A este ejercicio se han sumado las organizaciones que han visto que los estándares internacionales, hoy en día, inciden en la sostenibilidad corporativa y contribuyen al desempeño y a la forma de administrar el negocio lo cual permite establecer una identidad a la empresa en el entorno en el que se desenvuelve, al tiempo que enfrenta nuevos retos en la sociedad. El uso de estos estándares internacionales es responsabilidad de la alta dirección por su connotación estratégica en la estructura y cultura de la organización, de los directivos dependerá entonces lo fácil o difícil que sea la gestión en la incorporación de la sostenibilidad en la organización (Polanco, Ramírez, & Orozco, 2016).

Finalmente, la Gestión Ambiental es un paso fundamental para el desarrollo sostenible ya que fusiona herramientas técnicas, económicas, financieras, administrativas y de planeación, que protege y permite el funcionamiento de los ecosistemas y como consecuencia, mejore la calidad de vida de la población a nivel económico, social y ambiental.

Debido a su importancia, esta investigación evaluará la factibilidad de un plan de Gestión Ambiental que permita el desarrollo sostenible de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, en el campus El Jardín.

Limitaciones y Delimitaciones

El proyecto se delimita exclusivamente para la Universidad Autónoma de Bucaramanga sede El Jardín, en el que se incluye los senderos, zonas deportivas y zonas sociales.

Entre las principales limitaciones del proyecto se encuentran las siguientes:

- Humano: Disponibilidad de información y tiempo por parte de los administradores de la universidad para proporcionar los datos requeridos.
- Social: El interés de las partes interesadas en permitir desarrollar el proyecto.
- Física: La extensión y variabilidad de áreas de zonas comunes
- Financiera: La viabilidad de los proyectos no puede ser garantizada, no necesariamente será positiva, puesto que está sujeta a variables externas que pueden alterar el resultado inicialmente estimado.

Definición de Términos

Zonas comunes: De acuerdo con la Ley 675 (2001) “Son todas aquellas partes que pertenecen a los propietarios de bienes privados, que por su naturaleza o destinación permiten o facilitan la existencia, estabilidad, funcionamiento, conservación, seguridad, uso, goce o explotación de los bienes de dominio particular”. Como ejemplo de lo anterior están las piscinas, zonas deportivas, andenes peatonales, salones sociales.

Ciudad sostenible: La ciudad sostenible es la que está compuesta por entornos de vida como son la construcción y la naturaleza. Estos entornos se construyen de forma inteligente o verde, debido a los cambios climáticos y a la creciente urbanización (Cheshmehzangi, 2016).

Este término data a mediados de los 80's, y busca que las construcciones de las ciudades se hagan ecológicamente saludables para el futuro, con el objetivo de que las

futuras generaciones puedan disfrutar de los recursos naturales de la misma forma que las actuales lo hacen (Register, 1987).

Como ciudad sostenible se entiende entonces aquella que ofrece una alta calidad de vida a sus habitantes, que reduce sus impactos sobre el medio natural y que cuenta con un gobierno local con capacidad fiscal y administrativo para mantener su crecimiento económico y para llevar a cabo sus funciones urbanas con una amplia participación ciudadana.

Proyectos ecológicos: Son todas aquellas actividades, tareas relacionadas con el uso de los recursos naturales, en donde se buscan soluciones para conservación, cuidado y preservación de dichos recursos. (OBS Business School, 2017)

Estudio de factibilidad: puede estar asociado a un producto, proceso o proyecto. Es el que proporciona una orientación frente al diseño o alternativa con respecto a criterios como costo, ventas proyectadas, complejidad, seguridad, confiabilidad y facilidad de implementación. El detalle de la misma debe llevar al evaluador a escoger la mejor alternativa (Burke, 2017).

Recursos naturales: Se define como un bien o servicio que no ha sido intervenido por el hombre, sino que su origen proviene de la naturaleza y que su destino es la de satisfacer las necesidades de los seres vivos. Estos recursos naturales pueden ser la energía, agua, suelo y los materiales (Martínez. Eduardo, 1992).

Los recursos naturales que proporciona el ambiente se clasifican en 3 tipos diferentes:

- Continuos o inagotables
- Recursos renovables
- No renovables

Los continuos corresponden a aquellas fuentes de energía que son inagotables y que no son afectados por la actividad humana. Los renovables son los recursos que se pueden regenerar mediante procesos naturales, de manera que aunque se usen pueden seguir existiendo siempre que no sobrepase la capacidad de regeneración y por último los no renovables son los que una vez consumidos no pueden regenerarse de forma natural en una escala de tiempo humano (Chálela, 2016).

Gestión Ambiental: La gestión ambiental es un proceso que está orientado a resolver, mitigar y/o prevenir los problemas de carácter ambiental, con el propósito de lograr un desarrollo sostenible, entendido éste como aquel que le permite al hombre el desenvolvimiento de sus potencialidades y su patrimonio biofísico y cultural y garantizando su permanencia en el tiempo y en el espacio.

Su implementación, conduce a la reducción de costos, mejoramiento de la imagen corporativa y una mayor motivación por parte del personal. Contribuye en aspectos de seguridad y salud en las organizaciones además que facilita el establecimiento de una estrategia empresarial a largo plazo (Yusoff & Nordin, 2015)

Cultura ambiental: Es la relación armoniosa que hay entre los seres humanos con el ambiente y para estudiarla se requiere comprender los valores que conlleva a entender las creencias y las actitudes de los seres humanos para con el ambiente. En otras palabras, cada pueblo impacta de manera diferente en los recursos naturales y en el ambiente de acuerdo a

sus costumbres, valores, creencias, actitudes, estilos, condiciones de vida, conocimiento y los comportamientos ecológicos (Miranda, 2014).

Sostenibilidad ambiental: Es mantener o mejorar la integridad de los sistemas de apoyo que dan vida a la tierra. Por esta razón hoy se intensifica la necesidad de generar soluciones que permitan mitigar o eliminar el impacto ambiental que también afecta a la economía y a la sociedad. A la economía porque la escasez de los recursos dificulta los procesos en las empresas y por tanto al desarrollo y crecimiento del país.

LEED: (Leadership in Energy & Environmental Design) Es un Sistema de Certificación del Consejo Americano de Construcción Sostenible (USGBC) para reconocer el liderazgo ambiental en la industria de la construcción. Es el sistema de clasificación de edificios verdes más utilizados de mundo que proporcionan una guía para crear edificios ecológicos saludables, altamente eficientes y que ahorran costos. Más de 90000 proyectos han sido certificados con este sistema y tan solo en Colombia ya existen 30 proyectos certificados LEED y más de 90 registrados en busca de la certificación, entre esas se encuentra algunas dependencias de la universidad nacional (LEED, 2017).

Capítulo II: Marco teórico

Antecedentes Investigativos

En la figura 1 se muestra la cantidad de publicaciones realizadas en los últimos 10 años en desarrollo urbano sostenible. Para este análisis se usó la base de datos Science Direct y Green File de la universidad Industrial de Santander y Universidad Autónoma de Bucaramanga, respectivamente. La ecuación de búsqueda que se usó fue Sustainab* AND Urban OR City AND Project. Esta ecuación encierra las palabras claves más importantes para la investigación actual. Arrojando una cantidad de 102.815 artículos publicados.



Figura 1. Número de publicaciones por año. Fuente: Elaboración propia

La tendencia de las publicaciones realizadas bajo la temática el desarrollo urbano sostenible ha ido aumentando en los últimos años (Ver Fig. 1) debido a la problemática ambiental generada debido el mal uso de los recursos naturales. Ambos son desafíos que presentan sinergia e interdependencia mutua. Las ciudades al igual que las organizaciones se han preocupado por implementar proyectos ambientales que mitiguen estos daños y que lleve a un desarrollo integral de las ciudades a nivel ambiental, económico y social.

Cheshmehzangi (2016) propone estrategias que puedan llevar a una ciudad a ser sostenible, mejorar la eficiencia y optimizar su rendimiento. Dentro de esas estrategias se encuentran iniciativas que mejoran el cambio climático y las emisiones de GEI (Gases de efecto invernadero). Este autor enfatiza la importancia de integrar diferentes actores en el que se incluyen al gobierno municipal y políticos. La herramienta usada es conocida como “iACE toolkit” que ofrece una visión y evaluación completa del desempeño de la ciudad, por medio del análisis de 8 ítems, entre los cuales se encuentra, el ambiental. Éste abarca elementos como el clima, contaminación, ecología y residuos destacando la importancia de invertir en tecnologías limpias que aumenten la eficiencia en el ambiente natural, el agua y la energía.

Los proyectos, como edificaciones verdes y tecnologías tienen barreras al momento de ejecutarlos como lo menciona Hwang y Tan (2012) en un estudio que se realizó en Singapur. Entre estas limitaciones se encuentran los altos costos, la distribución desigual de beneficios entre los inquilinos y constructores, falta de información sobre productos ecológicos, la normatividad y la falta de conciencia. Además, este autor propone la solución para cada una de ellas utilizando, como herramientas, la revisión de literatura y la encuesta.

Para esta nueva tecnología se destaca la participación del gobierno para incentivar la demanda en la compra de estas edificaciones, afianzar relaciones entre las partes interesadas y la comunicación entre ellos sobre los principios y beneficios de la construcción verde.

De forma particular Rodríguez y Fernández (2010) proponen en su artículo una metodología para la gestión sostenible en el área de la construcción que consta de 5 pasos

(Ver Fig. 2). Planificación de la gestión, identificación de los factores de sostenibilidad, análisis (cualitativo y/o cuantitativo), tratamiento y control. La implementación de estos pasos llevará a la consecución de los nuevos objetivos de la construcción, que se enfocan en los tres pilares de la sostenibilidad como el económico, el ambiental y el social.

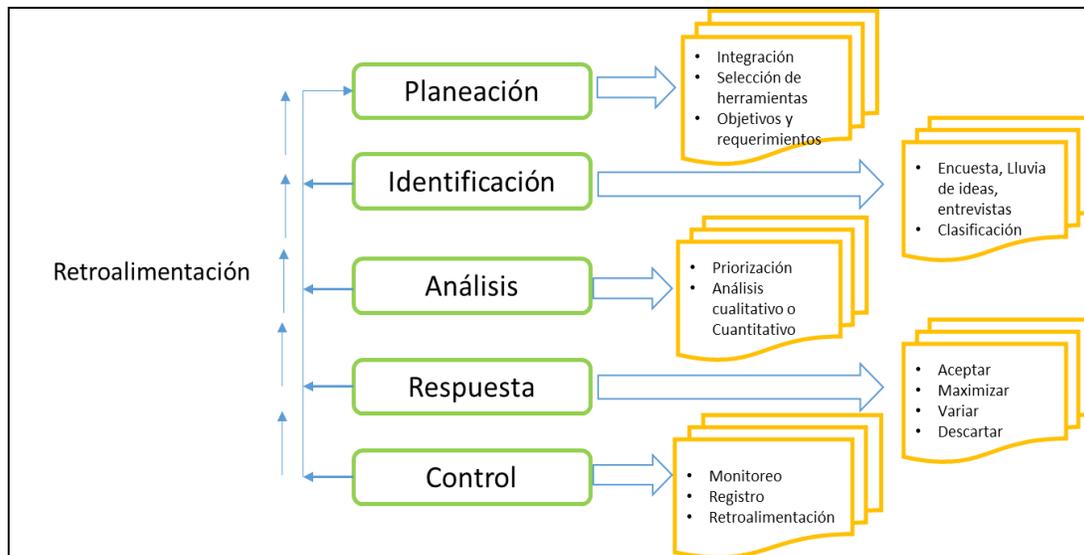


Figura 2. Flujo del proceso de gestión sostenible de proyectos de construcción. Fuente: Rodríguez, F., & Fernández, G. (2010). Ingeniería sostenible: nuevos objetivos en los proyectos de construcción. [Diagrama]. Recuperado de: www.ing.puc.cl/ric.

En cada paso se propone unas actividades a seguir e instrumentos para evaluar la oportunidad del proyecto, de acuerdo a los objetivos, los requisitos y la construcción sostenible. Entre esas encontramos, el diagrama de araña, encuesta a experto para su valoración y un análisis de sensibilidad para las oportunidades que se encuentren. Las herramientas que se usen dependerán del tipo de proyecto y del gestor.

Por otro lado, Vanegas (2006) propone una metodología para tres perspectivas diferentes que conducen a la industria, arquitectura y construcción a un enfoque sostenible. Estas perspectivas son: visión global, visión sectorial y visión por proyecto. El autor hace

un paralelo entre el proceso convencional y un proceso sostenible en cada una de las visiones. La visión por proyecto establece que la diferencia entre los dos procesos es que la primera es lineal que comienza con los intereses del propietario del proyecto, mientras que el segundo es un proceso cíclico y cerrado que abarca principios de sostenibilidad, escalas espaciales y temporales, perspectivas y los niveles de complejidad deseados (Ver Fig. 3). Adicionalmente, Vanegas (2006) propone un mapa para el desarrollo de la sostenibilidad en los diferentes procesos jerárquicos en el que se involucra la realización del proyecto, como son, el mapa estratégico, táctico y operativo.

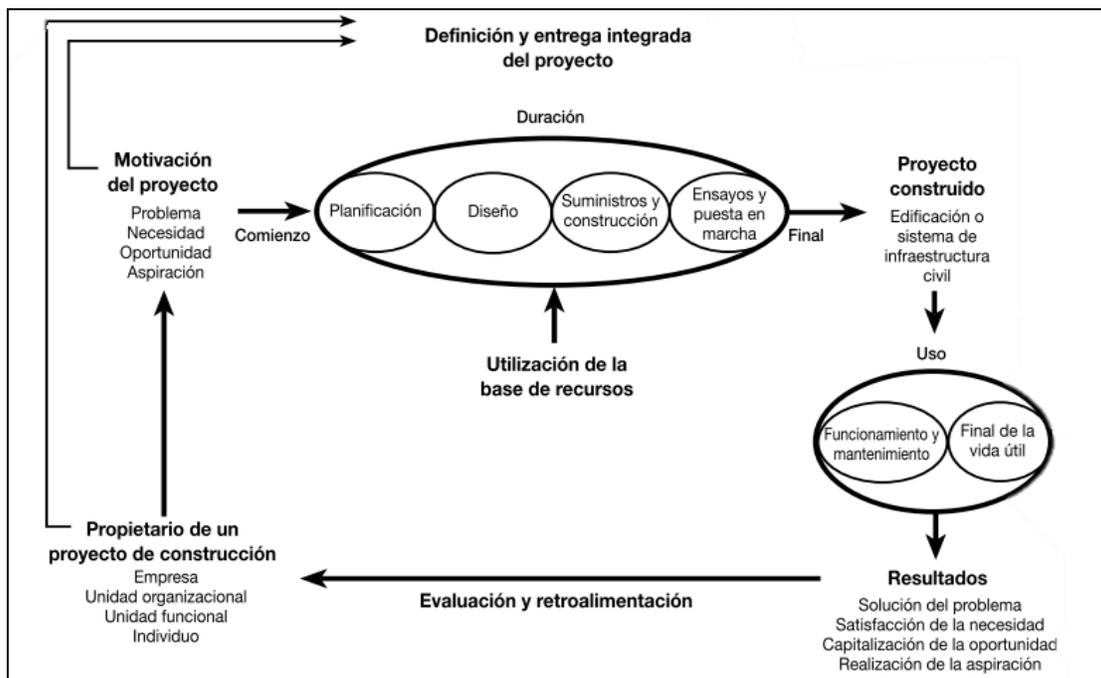


Figura 3. Enfoque de sostenible según visión de proyecto. Fuente: Vanegas, J. (2006). ¿Cómo incorporar los criterios y principios de la sostenibilidad en el diseño, construcción y gestión de las infraestructuras? [Diagrama].

Los autores enfatizan en la importancia de las lecciones aprendidas de cada proyecto y su adecuada retroalimentación. Además de adquirir el conocimiento acerca de los

principios para el desarrollo sostenible.

Akadiri, Chinyio, y Olomolaiye (2012) sugieren que los proyectos deben incluir las siguientes características: ahorro de energía, uso mejorado de materiales, minimización de residuos materiales y de contaminación y control de emisiones, etc. Este sector tiene muchos proyectos que se pueden controlar y mejorar, de forma que sean menos perjudiciales para el medio ambiente, sin reducir el rendimiento útil de las actividades de construcción, además, estas buenas prácticas se pueden convertir en una ventaja competitiva para una organización.

Para lograr el desarrollo sostenible en el diseño y construcción de las edificaciones se han establecido tres objetivos que son: conservación de los recursos, rentabilidad y diseño para la adaptación humana (Ver Fig. 4); para cada una se definen actividades y sub-actividades que se explican en la figura.

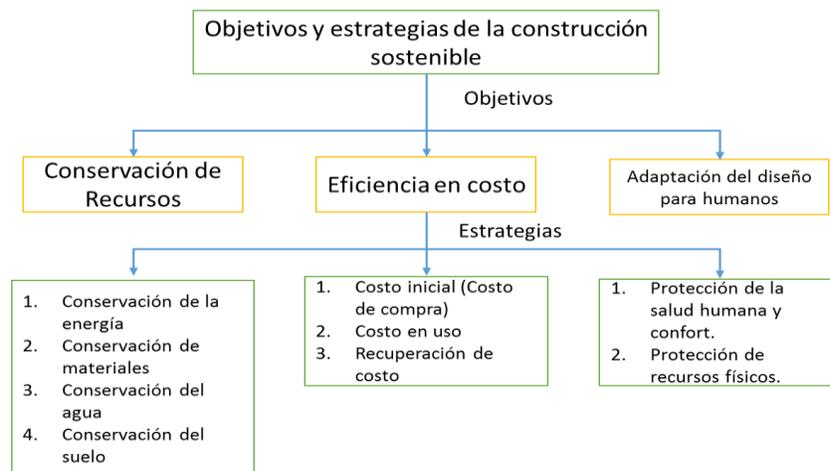


Figura 4. Marco metodológico para la implementación sostenible en la construcción de edificios.
Fuente: Akadiri, P. O., Chinyio, E. A., & Olomolaiye, P. O. (2012). *Design of A Sustainable Building: A Conceptual Framework for Implementing Sustainability in the Building*. [Diagrama]. Recuperado de: <http://doi.org/10.3390/buildings2020126>

Otra práctica usada es el Sistema de Gestión Ambiental. Liu, Lau y Fellows (2012), aplicaron esta metodología en Hong Kong, hallando múltiples ventajas en el resultado de la construcción sostenible puesto que de 9 medidas de rendimiento evaluadas, 8 fueron favorables encontrando que su implementación reduce el costo de construcción; puede aumentar el ahorro de energía, reciclar residuos y reducir accidentes laborales. Lo desfavorable se refiere a la exactitud de predicción del tiempo de ejecución del proyecto y se debe a la falta de cultura ambiental por parte de los trabajadores de la ciudad y por el tiempo muerto de los mismos.

Muchos proyectos se han implementado bajo el concepto de sostenibilidad. A continuación se nombrarán algunos de ellos y sus ventajas.

Ruegamer (2010), describe un proyecto en el que analiza el desarrollo de una residencia a bajo costo y eficiente desde el punto de vista energético. Este proyecto está ubicado en Park City, Utah, Estados Unidos y consta de 13 viviendas unifamiliares construida principalmente con paneles aislantes estructurales (SIPs). Una de las desventajas encontradas fue el bajo costo de la energía que de algún modo, no reflejaba el impacto positivo ambiental que causa usar energía renovable. Esto no fue impedimento para reducir el uso general de energía a través de varias estrategias que va desde el diseño, uso de tecnologías limpias, materiales amigables y producción de energía renovable, disminuyendo el impacto ambiental y los costos asociados al mismo.

El proyecto monitoreó y analizó el costo de construcción y la eficacia de la construcción de los edificios eficientes en energía y sus componentes, y los comparó con las construcciones estándar en la Zona del Clima Frío del Norte de Utah.

En Colombia, existen varios edificios que se destacan por ser sostenibles, entre los cuales, se encuentra el edificio de Bancolombia edificada en el año 2012 obteniendo la certificación LEED oro. Entre sus beneficios se destacan la conservación de la integridad ecológica, el cambio de uso del aire acondicionado en pisos y no en techos, lo cual permite reducir el consumo energético a un 30% y el sistema de recolección de aguas en las cubiertas reduciendo en 40% el consumo por las torres de enfriamiento (OIKOS Constructora, 2014).

Otro estudio de caso citado por el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (2016) se encuentra localizado en la ciudad de Barranquilla. El edificio se llama Viverdi 84 (Ver Fig. 5); al igual que el anterior, recibió el certificación LEED oro y obtuvo la mayor calificación en la categoría eficiencia del agua por el reciclo del agua lluvia y el reúso de la condensación de las unidades evaporadoras de los equipos de aire acondicionado. Adicionalmente, la totalidad del sistema de iluminación se hace a través de tecnología LED lo que permite tener un ahorro considerable en el ahorro energético (USGBC, 2015).

Otros de los sectores en donde el desarrollo sostenible ha incursionado ha sido el de la educación. Actualmente, las universidades no solo imparten dentro de sus cátedras el cuidado del ambiente, sino que también están siendo parte directa del cambio implementando proyectos sostenibles que ayuden a mitigar el impacto ambiental a través del uso de energías alternativas que buscan el ahorro prolongado de los costos asociados al uso de la energía como sucedió en el campus de la universidad de Osaka.

Datos de LEED	
LEED para BD + C: Nueva Construcción (versión 2009)	
Certificación otorgada el año 2015 Dic	
Oro	62
sitios sostenibles	20/26
Eficiencia de agua	10/10
Energía y atmósfera	14/35
Recursos materiales	5/14
la calidad ambiental interior	5/15
Innovación	4/6
créditos prioritarios regionales	4/4

Figura 5. Puntuación de la Certificación LEED para Viverdi 84. Fuente: USGBC. (2015). US Green Building Council. [Imagen]. Recuperado de: <http://www.usgbc.org/projects/viverdi-84>

Los autores Yoshida, Shimoda y Ohashi (2017) hicieron un estudio a cada uno de los edificios de la universidad de Osaka a los que clasificaron por categorías de acuerdo al flujo de electricidad. Logrando que 5 años después de la implementación de la energía renovable hubiera un ahorro de energía en un 22%. Adicionalmente, aplicaron pintura contra el calor en la superficie del techo, iluminación LED, control de ventilación de CO₂, mejora del aislamiento térmico con material libre de CFC, vidrio doble de acristalamiento, intercambiador de calor total Sistema eficiente de HVAC, Sensor de movimiento para iluminaciones, ventiladores de techo, todas estas tecnologías han contribuido en el ahorro de energía (Ver Fig. 6).

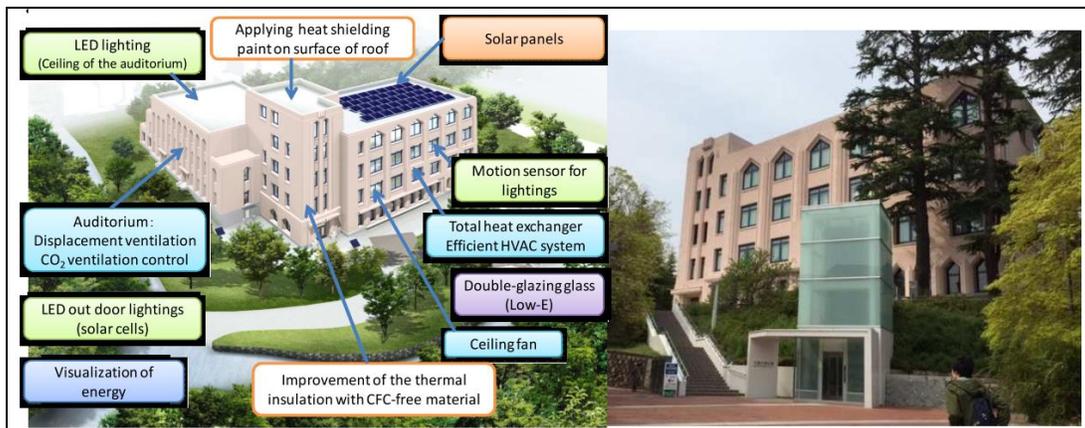


Figura 6. Tecnología instalada en la Universidad de Osaka. Fuente: Yoshida, Y., Shimoda, Y., & Ohashi, T. (2017). Strategies for a sustainable campus in Osaka University. [Imagen].

A continuación se relacionan algunos estudios de caso que se han implementado en Universidades de Colombia como son: Universidad Nacional, Universidad Javeriana, Edificio verde UIS y UDES Sostenible.

La Universidad Nacional ahorra energía y reduce emisiones con paneles solares, gracias a la aplicación del sistema fotovoltaico, ubicado en la cubierta del edificio W del campus la Nubia de la Sede Manizales. El modelo de energía renovable, conectada al sistema convencional con el que trabaja esta edificación, inaugurada en diciembre de 2015, entró en funcionamiento el 15 de febrero de 2016 y generó 812 kilovatios por hora, lo que representó un ahorro de cuatrocientos cincuenta mil pesos (\$450.000). Otro de los grandes aportes es la disminución de por lo menos 487 libras de gas carbónico (Unimedios: UN Manizales, 2016)

Los paneles solares tienen capacidad de generar 10.000 kilovatios de potencia cuando las condiciones del clima son favorables; esto produce, cada uno, 250 vatios. No

obstante, cuando los días son nublados, el sistema (sumando todos los paneles) alcanza en total 2.000 vatios. Por lo cual el sistema trabaja en red con el modelo convencional, suministra energía cuando puede aportarle. Sin embargo, los aportes también son del ámbito académico, debido a que el modelo monitoreado diariamente se convierte en un semillero de investigación que tiene como base información sustentada en resultados verídicos (Unimedios: UN Manizales, 2016).

El montaje del sistema fotovoltaico importado lo realizó la empresa local Top Deko en la cubierta de la edificación, construida sobre un área de 5.450 m², donde convergen estudiantes e investigadores de las ciencias exactas y naturales. La instalación del modelo, que capta energía de la radiación solar a través de celdas que convierten la luz en electricidad, tuvo un costo de \$68 millones de pesos m/cte. En el kit de innovaciones, para dotar el inmueble, se destaca la iluminación led, destinada al ahorro de energía, y el desarrollo de un sistema que recoge las aguas lluvias almacenadas en tanques especiales, las cuales se utilizaron en las baterías sanitarias. Las obras, que comenzaron en el 2013, incluyen laboratorios, salas de conferencias y auditorio para albergar a 100 personas. La inversión aproximada asciende a \$2.041.000 pesos m/Cte., además de otros recursos por el orden de los \$687 millones para construir andenes, parqueaderos y vías de acceso (Unimedios: UN Manizales, 2016).

La Universidad Javeriana por su parte también ha implementado paneles solares, entre los cuales, se encuentran distribuidos 5 paneles solares (estaciones de carga), los cuales permiten a los estudiantes cargar sus celulares además de interactuar directamente con las energías renovables y entrar en contacto con los mensajes de ecología en sus superficies. Esto permite a los estudiantes y usuarios en general acercarse a esta tecnología

e impulsar hábitos de consumo responsable con el medio ambiente. Los paneles solares en la Universidad Javeriana ofrecen más que conectividad dentro del campus universitario, fueron instaladas 5 estaciones de carga de celulares con energía solar. Con estos paneles solares en la universidad Javeriana se pueden cargar de hasta 200 celulares y dispositivos móviles con energía renovable y completamente limpia (Sunsupply, 2016).

Con este proyecto se están dejando de emitir hasta 77.5 KgCO₂ al año, lo cual tiene gran valor para la comunidad universitaria, ya que la universidad Javeriana comunica sus esfuerzos ambientales a los estudiantes, con información puesta en las superficies de la estación de energía solar. Por otra parte se ahorra dinero en infraestructura, puesto que no tienen que realizar remodelaciones a los espacios para llevar energía eléctrica.

La interacción es la clave de la conciencia, el objetivo principal de esta implementación es el desarrollo de conciencia ambiental, la interacción con las energías renovables permiten aterrizar estas tecnologías, hacer tangible el uso de la energía solar es parte del objetivo y los paneles solares en la universidad javeriana permiten impactar a una nueva generación.

La Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones UIS es un edificio verde, en donde expertos en el tema de energías renovables aprovechan energéticamente lo que brinda la naturaleza, para utilizar lo menos posible la energía procesada. A partir de mediciones, docentes de la universidad obtienen información real sobre potencialidad, radiación solar y características específicas de los días. Con los techos verdes, se redujo la utilización de aires acondicionados, brindando en el ambiente un confort térmico, se eliminaron toneladas de aires acondicionados, por lo cual se bajaron los

costos de mantenimiento del edificio, también se instalaron canales para que el aire fluya y la iluminación se logró mediante tecnologías de eficiencia, utilizando energía solar y paneles fotovoltaicos, para integrar todo el proceso, es decir, se hizo un sistema integrado de gestión de energía utilizando como máximo un 30 % de energía eléctrica (Colciencias, 2017)

La UDES sostenible, implementará un micro parque de energía eólica y solar, la Universidad de Santander estableció convenio de cooperación internacional a largo plazo con un instituto especializado en energía eólica y tecnología de sistemas energéticos de la Sociedad Fraunhofer de Alemania, una de las organizaciones de investigación aplicada, más grande de Europa. Este proyecto pretende implementar en el campus universitario un micro parque de generación híbrida cuyo objetivo principal es volver la universidad auto sustentable para todo su consumo, igualmente busca beneficiar a las comunidades cercanas de la UDES, a quienes se les pretende brindar autonomía en energía renovable y sostenible. La creación técnica del micro parque consiste en instalar en un área especial del campus universitario, una serie de paneles fotovoltaicos, combinados con unos aerogeneradores eólicos especiales para las velocidades del viento que allí soplan y articular las tecnologías mediante redes inteligentes. Es decir, se implementará un sistema en constante monitoreo, para predecir el momento en el que se puede obtener más energía del sol o del viento, dependiendo de la radiación o de la intensidad, respectivamente (UDES, 2016).

Para la ejecución de este proyecto es necesario un estudio de viabilidad, que se realizará en un tiempo aproximado de tres meses. El costo de una planta de generación puede oscilar entre los tres a cuatro millones de dólares, los cuales se financiarán por las organizaciones involucradas, es decir, por la cofinanciación de la UDES y por los

mecanismos de financiación internacional. Es importante que el proyecto tenga esa dimensión social, para que la universidad pueda acceder a instrumentos de financiación internacional que apoyan este tipo de proyectos (UDES, 2016).

Parrado y Trujillo (2015), establecen que para que una universidad sea sostenible requiere tener construcciones verdes, implementar la norma ISO 14001 y comunicar a través de un informe de sostenibilidad. En la figura 7 se muestran algunas ventajas de ser sostenibles dentro de las universidades, encontrando que las dos primera mitigan el impacto ambiental mientras que el ultimo ayuda afianzar la relación con las partes interesadas, aumenta la reputación y competitividad.

Finalmente, la sostenibilidad cada vez más está alineada con la estrategia corporativa de la organización en cualquier sector y en la toma de decisiones en micro o macro proyectos que se plantean día a día. Los proyectos del sector de la construcción, se caracterizan por el factor de temporalidad-multidisciplinaria que tienen con los clientes, puesto que, una vez finalizado los mismos, se disuelve la relación formalmente. Durante el tiempo de planificación y diseño, Erazo, Lizarralde y Paquin (2012), sugieren innovaciones para salvar la brecha entre los objetivos sostenibles y los planes tácticos y estratégicos que permitan prolongar y renovar el sistema económico, social y ambiental en que se fundamenta la empresa.

CONSTRUCCIONES VERDES	ISO 14001	INFORMES DE SOSTENIBILIDAD
Uso materiales con menor impacto ambiental.	Reducción degradación ambiental y polución.	Mayor transparencia con stakeholders y mercado.
Reducción nivel de consumo energético e hídrico.	Promoción de la conciencia ambiental entre sus empleados y comunidad.	Integración de la sostenibilidad en decisiones estratégicas de las IES.
Diseño que disminuya uso energético y espacios verdes.	Mejoramiento permanente en el desempeño ambiental.	Incremento de competitividad.
Disminución de residuos y materiales peligrosos.	Identificación de impactos ambientales.	Mayor productividad.
Reducción de los costos de transporte.	Promoción de un enfoque global para el manejo ambiental.	Mejoramiento de la organización interna.
Utilización de energías renovables.	Compromiso con la regulación ambiental.	Mejoramiento de la imagen.

Figura 7. Ventajas implementación sostenibilidad Construcciones Verdes, ISO 14001, Informes de Sostenibilidad. Fuente: Parrado, Á., & Trujillo, H. (2015). Universidad y sostenibilidad: una aproximación teórica para su implementación. [Cuadro].

Sostenibilidad

El cambio ambiental es un problema urgente en el que se encuentra el planeta tierra, en donde los principales responsables de tal catástrofe son los seres humanos, puesto que, en las décadas anteriores al siglo XX se consideraba que los recursos naturales eran inagotables, pero muchas entidades y líderes han considerado que los recursos naturales son limitados y los residuos que generan el consumo de energía y materias primas peligran en la capacidad de absorción del ecosistema.

La sostenibilidad se ha incorporado en los últimos años en muchos niveles de la sociedad como la capacidad que tiene un espacio o recurso en mantenerse en el tiempo. Otros autores la definen como la capacidad de un pueblo o nación, de permanecer en una situación de satisfacción colectiva, en donde su principal logro es la convivencia, la calidad

de la vida humana, del ambiente y del funcionamiento de los ecosistemas, así mismo, es la habilidad de una nación o un pueblo de adaptarse a los retos actuales manteniendo su riqueza cultural y natural, su satisfacción social y la calidad de vida individual, minimizando su vulnerabilidad (López, 2014).

Este concepto ha ido evolucionando de acuerdo al desarrollo tecnológico y social, generando múltiples interpretaciones. Se puede encontrar un enfoque netamente ambientalista y otro orientado a un enfoque ambiental, económico y social de una forma global y equilibrada.

En esta evolución se puede distinguir tres etapas o periodos según Saura y Hernández (2008). En el primer período este concepto se caracteriza por la concienciación sobre el daño ambiental en donde la sostenibilidad se centra en aspectos físico- naturales. El segundo período enfoca la atención en la preservación de los recursos naturales y la naturaleza. En el tercer período se plantea un concepto de sostenibilidad más integral, donde aparece la concienciación en la relación del hombre-ambiente y sus implicaciones en las dimensiones culturales, sociales, económicas y políticas; interdependencia entre medio ambiente y desarrollo; preocupación no sólo por el uso racional de los recursos naturales sino también por el reparto de los mismos.

La comisión Brundtland (1987) define la sostenibilidad como “aquel que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” siendo éste el concepto que muchos autores han referenciado y el que mejor encierra el propósito de la sostenibilidad. Este informe entrevé el principio de desarrollo sostenible en donde se incluye el crecimiento económico,

la cohesión social y la protección del ambiente, con la finalidad de no comprometer la supervivencia de los ecosistemas y de las generaciones futuras y permitir el acceso global a una vida digna.

La sostenibilidad es un modelo que indica la forma en que los seres humanos deben actuar con la naturaleza y el compromiso con las futuras generaciones, es un proceso de vinculación socio-ecológica que incluye dimensiones ambientales, sociales y económicas e implica no desafiar los umbrales ecológicos en escalas temporales y espaciales que pueden afectar negativamente los sistemas ecológicos y los sistemas sociales y más que un compromiso emocional, es lograr que algo (recursos naturales, espacio) sea conservado a largo plazo.

Después de la conferencia sobre ambiente y desarrollo en Rio de Janeiro se estableció una organización internacional, tratados y conferencias que ayuden al ambiente global. A nivel económico crearon y establecieron sistemas de incentivos y mecanismos reguladores, mientras que a nivel social se maduraron algunos movimientos ambientales y actividades ciudadanas, y se recomendó un estilo de vida consciente de la tierra (Nakazawa, 2006).

En décadas más recientes la Organización de las Naciones Unidas (2015) estableció 17 objetivos de Desarrollo Sostenible que tiene como meta común para el 2030 transformar el mundo; en donde los líderes mundiales se comprometerán por medio de su implementación a erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar su prosperidad.

Este régimen global extendió su influencia en todos los niveles de la sociedad con el objetivo de formar gobernaciones ambientales. El gobierno ambiental es "una forma de

lograr una mejor gestión ambiental a través del compromiso de diversos actores, como gobiernos nacionales, gobiernos locales, empresas, ONG, instituciones internacionales, académicos y medios de comunicación" (Nakazawa, 2006).

Una vez los líderes y gobiernos mundiales puedan establecer un modelo que indiquen la forma en que los seres humanos deben actuar con la naturaleza, la sostenibilidad local se presenten como la posibilidad de mantener y proteger los recursos naturales a nivel regional, en donde las autoridades o los entes gubernamentales toman el concepto global de sostenibilidad y lo contextualizan de acuerdo a las necesidades que se presenta en el entorno. Su principal objetivo es el de asignar recursos que generen un crecimiento económico más equitativo a nivel social y territorial y que sea sostenible en términos ambientales (Hartmuth et al., 2008).

Por esta razón las organizaciones han implementado dentro de sus obligaciones de gestión, la responsabilidad social corporativa, en donde incluye aspectos ambientales y cómo ésta se integra a lo social y económico de forma positiva en la organización. Su principal objetivo es lograr que las organizaciones se comprometan de manera directa al mejoramiento del entorno natural y que contribuyan a la competitividad y rentabilidad de la misma (Joung, Carrell, Sarkar, & Feng, 2012).

Entre las ventajas que las organizaciones tienen al integrar la gestión ambiental dentro de la estrategia se encuentran (GDA, 2017):

- Mejorar la competitividad
- Reducir costos para la empresa y el usuario final puesto que se reduce la cantidad de recursos que usan para realizar el mismo producto.

- Generar nuevos ingresos, puesto que la sostenibilidad permite identificar residuos que pueden ser utilizados como materia prima por otras empresas lo cual evita generar un gasto para su gestión y por tanto, obtener un ingreso por la venta del mismo.
- Participar en la cadena de valor de otras organizaciones ya sea como proveedor o como cliente, ya que muchas empresas tienen políticas ambientales en proceso de compra y contratación.
- Diseñar productos y procesos ambientalmente innovadores lo que permite diferenciarse de la competencia y acceder a nuevos mercados.
- Mejorar la reputación de la organización.

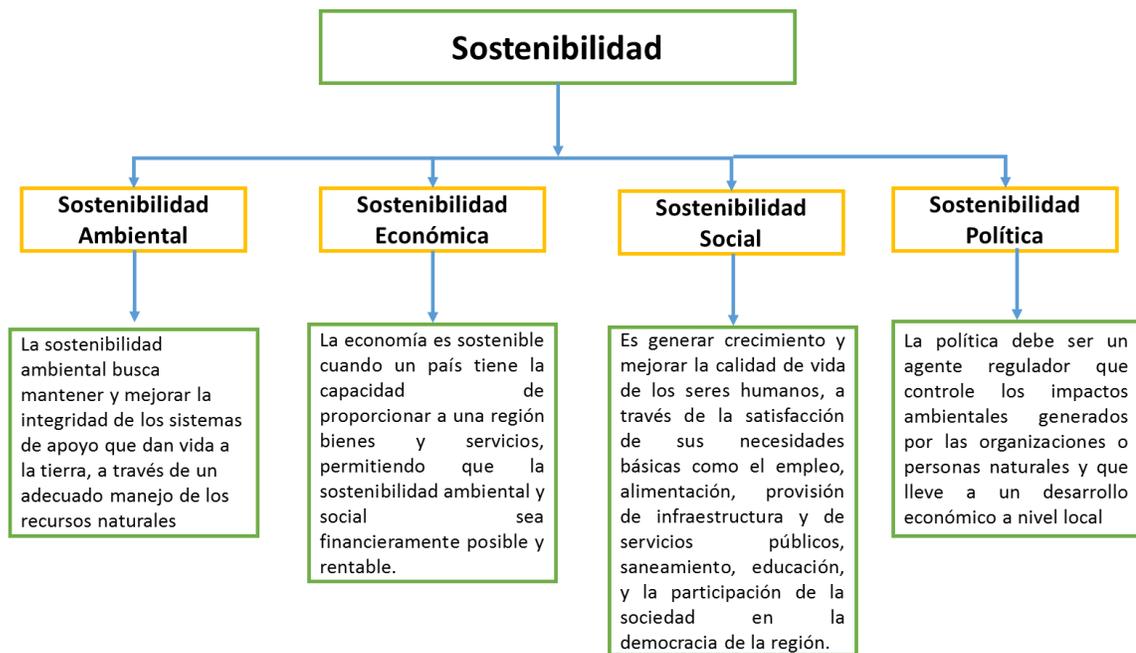


Figura 8. Pilares de la sostenibilidad. Fuente: Elaboración propia.

Diferentes interpretaciones coinciden que para llegar al desarrollo sostenible se necesita tener un equilibrio entre los factores económico, social y ambiental (Ver fig. 8). Es decir que las políticas o actos que se lleven a cabo para garantizar un crecimiento económico, deben respetar el medio ambiente y además ser socialmente equitativas (Artaraz, 2001).

Sostenibilidad ambiental

La sostenibilidad ambiental es uno de los pilares que más preocupan hoy a nivel mundial, debido a que los recursos naturales se han ido agotando por el mal uso que le dan las organizaciones y los seres humanos. La sostenibilidad ambiental se define correctamente si se centra en aspectos bio-geofísicos, en donde se mantenga o mejore la integridad de los sistemas de apoyo que dan vida a la tierra. Por esta razón, se hace necesario generar soluciones que permitan mitigar o eliminar este daño que afecta directamente a la economía y a la sociedad. A la economía porque la escasez de los recursos, dificulta los procesos en las empresas y por ende al desarrollo y crecimiento del país. Así mismo, para la sociedad genera un daño que afecta directamente a las necesidades básicas de los seres humanos.

En el transcurso del tiempo este término ha evolucionado. Primero el Banco Mundial lo denominó como el desarrollo ambientalmente responsable, posteriormente como desarrollo ambientalmente sostenible para finalmente llegar al concepto de sostenibilidad ambiental, que según Moldan, Janoušková y Hák (2012) es aquel que asegura el bienestar humano a través de la protección de las fuentes de las materias primas utilizadas para las satisfacer las necesidades humanas, además asegurar que los desechos no

excedan los umbrales permitidos y de esta manera prevenir daños a los seres humanos. En otras palabras, es la capacidad de mantener un mínimo de “stock” de capital natural y valorar las cualidades del entorno físico.

Goodland (1995) definió tres actividades que restringen o regulan un sub-sistema económico humano: la primera es la regeneración cuyo objetivo es utilizar eficientemente los recursos renovables y permitir un el tiempo que sea necesario para que vuelva a renovarse. El segundo, se refiere a la sustitución, que es usar los recursos no renovables de manera eficiente y/o buscar a través de los recursos renovables productos que puedan sustituirlos. Por último, la asimilación que consiste en evitar que las salidas de sustancias peligrosas o contaminantes excedan la capacidad de asimilación del medio ambiente. La sostenibilidad ambiental implica mantener la diversidad biológica, la salud pública y la calidad del aire, el agua y el suelo a niveles que permitan preservar la vida y el bienestar humano, la flora y la fauna, para siempre.

Por otro lado, a nivel local los entes gubernamentales controlan el uso de los recursos a través de una serie de normas y reglamentos que obliga a las organizaciones a tener conciencia del uso que dan a los recursos como el agua, suelo y al ambiente en general, permitiendo gestionar los residuos de manera normalizada y sistemática.

La sostenibilidad ambiental debido al inexorable deterioro que sufre el planeta, las condiciones ambientales prevalecen sobre las económicas, sociales o democráticas. Por esas razones, los ciudadanos e instituciones han modificado sus estilos de vida, su lógica de desarrollo económico y de funcionamiento democrático. Entre las modificaciones nombradas anteriormente se incluye los proyectos urbanísticos y carreteras, que durante su

ejecución deben generar el menor impacto ambiental al ecosistema en cuanto al uso de materias primas, el consumo energético, agua potable y diferentes recursos, del mismo modo disminuir la generación de residuos sólidos y emisiones de gases de efecto invernadero (Pereiro, 2012).

Sostenibilidad económica

Antes de la crisis económica internacional de 1973, los recursos naturales se consideraban inagotables y su condición natural llevaba a largo plazo a su regeneración. La consecuencia generada por ese pensamiento, deterioró el medio ambiente, aumentó el efecto invernadero y ha destruido paulatinamente la capa de ozono. En gran medida, los recursos han ido desapareciendo por la mala gestión de los sistemas productivos. (Artaraz, 2001).

Uno de los retos de la economía actual es la de tener una administración responsable, que logre un excelente resultado haciendo uso racional de los recursos con los que cuenta el planeta. Aunque esta relación economía y ecología se han querido tratar de forma independiente. En la actualidad su gestión ha sido de vital importancia puesto que toda actividad económica lleva de forma implícita un impacto directo sobre el medio ambiente (Informe Brundtland, 1987; Vargas, 2006).

Mori y Christodoulou (2012) define la sostenibilidad económica como todas aquellas actividades que generan una rentabilidad y que además son social y ambientalmente responsables. Para el logro de estas actividades y para mantener un nivel de vivencia aceptable se hace necesaria la intervención humana, ya que estos garantizarán la perpetuidad de los recursos naturales, ecosistemas y sistemas que den soporte vital a

largo plazo. Y como complemento, García (2011) establece que este pilar debe promover el crecimiento para que las generaciones futuras sean más ricas y tengan una mejor calidad de vida.

Para que haya una transición hacia la sostenibilidad económica es necesario recurrir a cambios en el comportamiento en cuanto a la adquisición de tecnologías y la visión hacia el mundo. Hay enormes ventajas que se pueden atribuir al uso de la tecnología y la ciencia, siendo esta la tendencia que usan las organizaciones para disminuir el impacto ambiental sin dejar de ser rentables; entre ellas se puede encontrar las siguientes: la información y los bienes pueden moverse rápidamente alrededor del mundo, se pueden producir a escala alimentos y bienes con una baja inversión de recursos y profundizar y comprender mejor los sistemas naturales. Lo anterior, permite entender como la salud de las pequeñas partes lleva al planeta a mantenerse en el tiempo cómo un lugar digno de vivir y con los recursos suficientes para permanecer. (Informe Brundtland, 1987). García (2011) asegura en su libro que: “solo las empresas rentables son sostenibles y tienen la capacidad de llevar a cabo prácticas que son socialmente responsables”.

Por tal razón, la Sostenibilidad Económica va mucho más allá de una connotación meramente monetaria en donde se busca que los diferentes proyectos o mega-proyectos definan criterios que permitan disminuir consumo de recursos de tal forma que se perpetúe la vida de los mismos, reduzcan costos, generen empleo y no menos importante, genere rentabilidad haciendo las cosas bien hechas.

Sostenibilidad social

La sostenibilidad social busca ofrecer bienestar y equidad a todos los seres humanos, por medio de una visión integrada de factores económicos y ambientales. En busca de la equidad se plantea dos tipos de enfoques, la primera es la *equidad intergeneracional*, que es una distribución equitativa de los costos y beneficios entre toda la población actual y la segunda es la *equidad intergeneracional* que tiene en cuenta el bienestar de las futuras generaciones (Bustamante, 2007). Para esto se debe lograr que el trabajo que se realice dentro de la sociedad en conjunto con las instituciones encargadas de satisfacer las necesidades de los seres humanos, se configuren de tal manera que la naturaleza y toda su capacidad estén disponibles por un largo periodo (Weingaertner & Moberg, 2014).

Uno de los problemas para llegar a ser socialmente sostenibles es controlar el rápido crecimiento de la población, debido a que este tiene un impacto a nivel ambiental, cultural y económico, puesto que se requiere de una robusta infraestructura laboral, urbana, salud y educación y en alguna medida, en todas ellas se hace indispensable el uso de recursos naturales. Además, muchos de los objetivos propuestos a nivel global están enfocados a mitigar la pobreza extrema y el hambre, a patrocinar la educación primaria universal, a promover la igualdad de género y el empoderamiento de la mujer, a reducir la mortalidad infantil, mejorar la salud y la sostenibilidad medioambiental.

Finalmente la sostenibilidad social significa incentivar acciones que apoyen la conservación de la cultura y los derechos de las comunidades regionales en un determinado territorio. Todos estos esfuerzos gestados en todas las áreas que se han nombrado, ayudan a

aumentar la productividad humana, acelerar el desarrollo social y proporcionar oportunidades a los grupos menos favorecidos.

Sostenibilidad política

La sostenibilidad política debe promover el desarrollo sostenible, lograr que los recursos naturales renovables se aprovechen eficientemente y que generen perpetuidad de los mismos, tanto en el presente como en el futuro que reflejen calidad de vida para todos, superar la pobreza y que el crecimiento y desarrollo económico sean bajo procesos productivos que no degraden los recursos ni la calidad del ambiente. La política debe ser un agente regulador que controle los impactos ambientales generados por las organizaciones o personas naturales y que lleve a un desarrollo económico a nivel local (Badii, Catillo, Guillen, & Abreu, 2007).

Desarrollo Urbano Sostenible

Las ciudades son un sistema complejo, compuesto por entornos de vida tales como seres humanos, infraestructura y naturaleza y su construcción ha generado cambios en el clima y en la generación de gases de efecto invernadero. La sociedad está continuamente en un proceso urbanizador que influye de forma directa en el ambiente y en la calidad de vida de los ciudadanos (Cheshmehzangi, 2016).

La interacción que existe entre estos entornos evidencia un comportamiento insostenible por el uso desmedido de los recursos naturales, sobre todo en ciudades con grandes poblaciones en donde se produce un mayor consumo de energía, agua y suelo. Se

afirma que el 40% de la población mundial viven en ciudades y se prevé que la cifra aumente en el tiempo, por este motivo la mayor parte de los objetivos sostenibles van encaminados hacia lo urbano (Sofeska, 2016).

El concepto desarrollo sostenible ha sido muy ambiguo, porque muchos autores se han centrado en identificar elementos que consideran atractivo y/o favoritos y han desarrollado su propio concepto a partir de ello. Sin embargo, esta definición tiene origen en la comisión Brundtland (1987) y enfatiza que las generaciones actuales deben satisfacer sus necesidades sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras. Esto lleva a crear políticas sostenibles a nivel local o regional que permitan crear conciencia sostenible en la forma de producir y consumir y que finalmente puedan converger a una sostenibilidad global (Echebarría & Aguado, 2003).

La ONU (1992) en la Agenda 21 en Río de Janeiro propone 4 secciones importantes que se debe tener en cuenta para desarrollar la sostenibilidad urbana que son:

- Las dimensiones sociales y económicas, sobre todo en países en desarrollo
- Conservación, gestión y preservación de los recursos, ecosistemas y la biodiversidad.
- Incentivar el papel de los grupos que influyen en el cambio.
- Proyectos que se implemente para generar progreso y desarrollo sostenible

En general, el crecimiento urbano ha precedido a menudo al establecimiento de una base económica sólida y diversificada para apoyar la acumulación de viviendas,

infraestructura y empleo. Además, la vida humana en este planeta no puede ser sostenible si no hay unas comunidades locales viables. Por esa razón, desde lo local la sostenibilidad se ha querido implementar a través de lo político y administrativo y se ha adaptado de acuerdo a la necesidad de cada ciudad, teniendo en cuenta tres pilares fundamentales puesto que los entes gubernamentales son quienes perciben los problemas ambientales y están muy cerca a los ciudadanos. Por consiguiente, las ciudades son parte fundamental en el proceso cambiario de vida, productividad, consumo y son quienes deciden la distribución de los espacios a urbanizar (La carta de Alborg, 1994).

La figura 9, muestra como el Banco Mundial establece un triángulo de equilibrio entre los tres pilares. Se evidencia la necesidad de realizar una proyección territorial o local, teniendo en cuenta lo que otros países han desarrollado a partir de estos tres pilares.

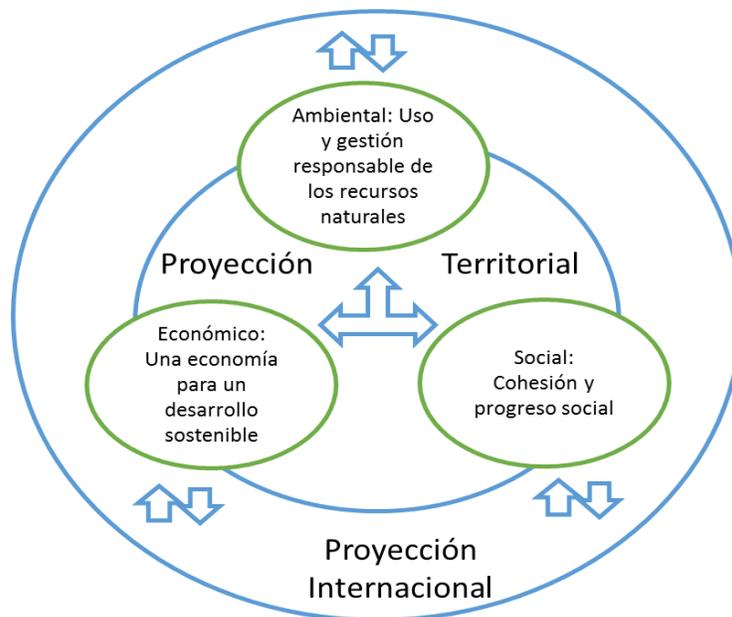


Figura 9. Los tres pilares del desarrollo sostenible

Para Colombia, el desarrollo urbano sostenible comenzó a notarse a partir del siglo XX sin embargo, este concepto no ha trascendido más allá del papel político. En Colombia el desarrollo sostenible se define como:

“el que conduzca al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de la vida y al bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades” (Ley 99 de 1993, artículo 3).

Teniendo en cuenta que Colombia es uno de los países latinoamericanos con más extensión territorial se encuentra que hay poco control en el uso del mismo puesto que los suelos están en constante degradación, el 45% está siendo usado para fines distintos y por lo menos el 8,5% del territorio nacional presenta una erosión muy severa. Según el banco mundial en Colombia el 75% de la población están localizada en las zonas urbanas.

A nivel económico las ciudades son el principal centro económico y financiero y su urbanización se manifiesta como una oportunidad para generar progreso y expandir la ciudad; sin embargo, se considera que este desarrollo lleva consigo la explotación desmedida de los recursos naturales por el deseo de acumular bienes tangibles e intangibles. Finalmente, para lograr el desarrollo económico se debe procurar hacer más con menos, es decir, generar altas utilidades a través del uso razonable de recursos. Por ejemplo, disminuir consumos de manera que contribuyan a la sostenibilidad del medio pero que adicionalmente reduzca los costos que se presenta y genere nuevas oportunidades laborales (Perea et al., 2009).

Según Pereiro (2012) en el plano Social, el urbanismo sostenible establece que es importante encontrar diferentes tipos de viviendas en cuanto a formas y tipologías que incluyan zonas usadas para actividades recreativas de la comunidad y entidades necesarias para que atiendan las demandas sociales, mejore la calidad de vida de la población y asegure la participación de los mismo, con el objetivo de integrarlos fácilmente a las áreas que lo rodean y que continuamente están cambiando.

Finalmente, la dimensión ambiental busca que la construcción de las urbanizaciones reduzca al mínimo el consumo energético y de los recursos naturales con el objetivo de mitigar el cambio climático proteger la biodiversidad y la ecología del planeta (Pereiro, 2012).

En consecuencia, han surgido varios conceptos relacionados con la sostenibilidad urbana. A continuación se explicarán algunos:

Ciudad Verde. La preocupación de los entes gubernamentales de algunos países en llegar a ser sostenibles, se debe en gran medida, al deterioro de las condiciones medioambientales, entre los que se encuentran variación en el clima, aumento de gases de efecto invernadero, incremento de lluvias de forma parcial, elevadas temperaturas, entre otros fenómenos.

Por lo anterior, se busca mejorar estos aspectos a través de esta iniciativa denominada Ciudad Verde (Sánchez, 2002); también relacionada como, ciudad inteligente, eco ciudad, ciudad resiliente, entre otros sinónimos. Busca crear espacios urbanizados más amigables

con el ambiente, que generen cambios a gran escala en el crecimiento y desarrollo de una ciudad. El logro de estos cambios lleva implícito grandes desafíos, tales como, falta de visión explícita, el no cumplimiento de los planes de acción y el factor costo que afecta la dirección en cuanto a la expectativa que se tenía del proyecto y la inversión presupuestada.

Como se evidencia, ciudad verde tiene una definición sencilla pero su implementación es la que se torna difícil a causa de que involucra la intervención de muchas disciplinas y profesiones y se requiere una relación coordinada entre ellas (Cheshmehzangi, 2016).

El verde entonces va más allá de árboles y plantas, es un conjunto que relaciona salud, cohesión social, calidad del aire y aspectos afines al ocio e inclusive para una ciudad se convierte en un atractivo turístico, lo que representa un valor económico, ya que el verde no solo genera una inversión, sino que también vende. Aunque tiene múltiples beneficios, los implicados no han querido prestar atención y por ende no han establecido un presupuesto para cubrir este tipo de proyectos (Papasseit, 2005).

Universidad sostenible. Las universidades hacen parte directa de las urbanizaciones tanto, que son consideradas “pequeñas ciudades” ya que tienen un impacto ambiental y social significativo, ocupan un gran espacio, hay una alta circulación de personas y vehículos y desarrollan actividades complejas.

Se ha descubierto que las actividades y la estructura física de las universidades pueden tener un impacto significativo en el ambiente por tal motivo se busca generar

conciencia ambiental en las universidades y conocer las desventajas de no ser un campus sostenible. Paulatinamente, la sostenibilidad se ha involucrado directamente en la política estratégica, en donde será más fácil comenzar a gestionarlo y de esta forma mitigar, reducir, prevenir o eliminar el impacto eficientemente (Parrado & Trujillo, 2015).

Muchas universidades, han adquirido un compromiso voluntario y han incursionado en proyectos e iniciativas en el que se incorpore la sostenibilidad en sus sistemas. La alineación de la cátedra universitaria, la investigación, la extensión y la gestión universitaria han contribuido, en alguna medida, a reducir los impactos ambientales y sociales contribuyendo a que el campus universitario sea sostenible (De Castro & Chiappetta, 2013).

Una universidad sostenible, según Alshuwaikhat y Abubakar (2008), es quien direcciona, involucra y promueve, a nivel regional o global, la minimización de los efectos ambientales, económicos, sociales siendo parte directa de la formación de las personas a través de la enseñanza, investigación, extensión, asociación y administración, siendo mecanismos que ayudan a la sociedad a tener un estilo de vida sostenible.

Adicionalmente, para que el campus universitario sea sostenible debe tener un ambiente sano, conservar la energía, reducir los residuos y promover la equidad y la justicia social a todas sus partes interesadas. En otras palabras, la universidad es un espacio fundamental para crear conciencia y generar soluciones al problema ambiental.

Existen varias metodologías que indican si la universidad va por el camino correcto hacia la sostenibilidad entre las cuales se encuentran: construcciones verdes, ISO 14001 y los informes de sostenibilidad (Ver Fig. 7). Las dos primeras, disminuyen el impacto

ambiental si se incorporan en los escenarios estratégicos. y el tercero, mejora la reputación y competitividad con los grupos de interés (Parrado & Trujillo, 2015).

Biodiversidad

La biodiversidad también conocida como la diversidad biológica es la que refleja la cantidad de especies y su interacción con el entorno en un área determinada. En la actualidad, se considera que en la tierra hay alrededor de 2-100 millones de especies, este rango es amplio debido a que muchas de estas especies no han sido identificadas, solo 1,8 millones de ellos han sido nombrados y reconocidos, entre los que se puede encontrar plantas, hongos, animales, y microorganismos (Benton, 2016).

Existen varias teorías acerca del origen de la biodiversidad entre las que se destacan el fijismo y el evolucionismo, la primera concentra su teoría en que todo fue producto de la creación, en la cual las especies se fijaron en su hábitat, mientras, que la segunda estableció la transformación en el tiempo de las especies. Estas teorías, controversiales entre sí, se originaron entre los siglos XVIII y XIX y fue el inicio de debates que generaron una cantidad de conceptos acerca de las especies y que pueden variar de acuerdo a la finalidad del estudio que se esté realizando (Llorente & Aguirre, 2000).

Según Benton (2016) una de las reglas básicas de la biodiversidad consiste en investigar la edad del organismo y los riesgos relacionados con la extinción de la especie. Se considera la ley de extinción constante en donde la extinción no necesariamente depende de la edad de la especie, por el contrario las especies más jóvenes están en desventaja

puesto que su proceso de adaptación difiere debido a que las condiciones del medio han cambiado.

De acuerdo con la Perspectiva Mundial sobre la Diversidad Biológica (2011) se encuentra que uno de los agentes potenciales de extinción de la biodiversidad terrestre es el sector primario en un 70%, específicamente lo relacionado con la agricultura. Aunque hay más conciencia del cambio climático tanto en los países desarrollados como los que están en desarrollo aún queda mucho por mejorar y cambiar. Se debe buscar que las medidas que se adopten generen una transición socioeconómica hacia un modelo de desarrollo más sostenible e inclusivo.

Colombia es uno de los países más ricos en biodiversidad y las licencias medio ambientales, se presentan como una de las formas de mitigar los cambios climáticos. Estas licencias buscan compensar, conservar o restaurar un sitio de 4 a 10 veces más grande que el sitio de impacto. Aunque no existe un proyecto que esté completamente implementado, el modelo de Colombia sigue siendo un referente para otros programas de compensación en América del Sur (Reid et al., 2015).

Proyectos Sostenibles

El cambio es una constante en el entorno empresarial global de hoy y los proyectos son el método por el cual las organizaciones implementan el cambio con éxito. El sector de la construcción ha visto una oportunidad y muchas ventajas al implementar proyectos sostenibles, ambientales o verdes, entre los cuales se puede destacar los siguientes:

- Los costos de la construcción sostenible es menor con respecto a la construcción convencional
- Hay un ahorro considerable en el uso de la energía, agua, entre otros recursos naturales.
- Disminución del impacto ambiental, en cuanto a la emisión de gases de efecto invernadero y protección de la capa de ozono.
- Mejora la imagen corporativa de una organización.
- Aumenta la cohesión social, la productividad de los ocupantes y el cuidado de la salud.
- Incremento y protección de la biodiversidad y de los ecosistemas.

En la actualidad varios de los proyectos que han sido ejecutados no han tenido una connotación de tipo ambiental, debido a que la sostenibilidad es un tema que se ha desarrollado en los últimos tiempos, siendo por esta razón que el planeta tierra ha sufrido cambios que se puede evidenciar en el clima, el aumento de gases de efecto invernadero, entre otros fenómenos.

Por esta razón, a continuación se explicarán algunos proyectos que se pueden adaptar o bien se pueden comenzar a implementar en el futuro, basados en estudios de factibilidad.

Uso de celdas fotovoltaicas. La palabra fotovoltaico(a) se conforma por dos palabras de origen griego: foto, que significa luz, y voltaico que significa eléctrico (Gasquet, 2004).

La función principal de estas celdas es transformar directamente la energía luminosa en energía eléctrica a través del fenómeno físico del efecto fotovoltaico (Ver fig. 10), que es la absorción de un fotón de energía por un electrón de un átomo y de un material semiconductor, lo cual permite, que el electrón entre en un circuito eléctrico producido por la ayuda de un campo electroestático en el semiconductor formando dos capas dopadas que genera un campo eléctrico positivo y otro negativo. La capacidad de generación que podría entregar un panel dependerá principalmente de la radiación incidente y de la respuesta espectral de los materiales utilizados en su fabricación.

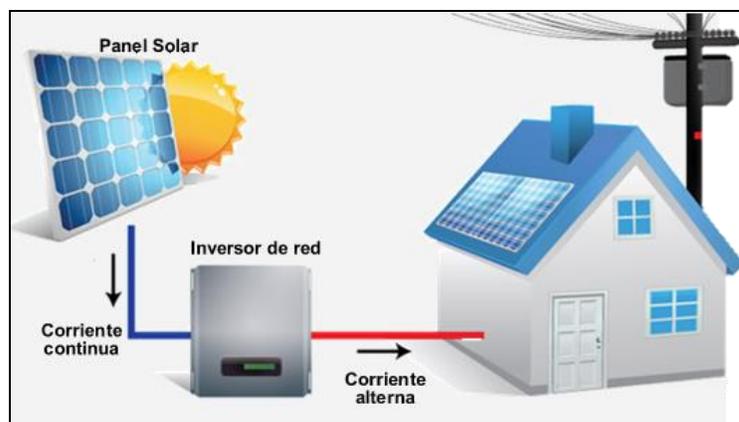


Figura 10. Proceso de Conversión de Energía Solar. Fuente: Electricidad con energía solar. [Imagen] Recuperado Junio 15, 2017, de <http://www.nexussun.com/paneles-solares-trujillo.html>

Estos dispositivos semiconductores se elaboran con cristales de silicio y pequeñas cantidades de fósforo y boro, que por sus propiedades eléctricas permiten una corriente eléctrica continua; además constan de una rejilla de contactos eléctricos de níquel, oro o

cobre y una capa anti reflejante que absorbe la luz y hace más eficaz la celda (Gurevich & Meléndez, 2013)

Las ventajas que presenta al tenerla como fuente la energía solar es la de su naturaleza inagotable, renovable y su utilización libre de contaminación además de su disponibilidad en la mayoría de países. Sus aplicaciones varían, como en el suministro de energía para sistemas de bombas de agua y otros servicios públicos como repartidores de TV y telefonía, electrificación de viviendas aisladas, alumbrado público aislado y conexión a la red eléctrica (Murcia, 2009; Nexus Sun, 2017).

Reutilización del agua. El agua es un líquido incoloro e inodoro que se encuentra en la naturaleza formado por ríos, lagos y mares que ocupa las $\frac{3}{4}$ partes del planeta tierra. El agua se encuentra en fuentes subterráneas y superficiales y de acuerdo a la calidad y al uso requiere de tratamiento.

Actualmente, la cantidad y la calidad de las fuentes de abastecimiento se han visto disminuidas por el crecimiento poblacional y por la presencia de sustancias contaminantes. Por esa razón, su uso es un tema que preocupa a la sociedad en general ya que su contaminación se hace visible con el pasar del tiempo en donde los principales afectados son los seres humanos puesto que, gran parte del agua no es de calidad para el consumo, generando problemas estomacales e inclusive la muerte. Para mitigar este cambio se recurre a tratamiento de las aguas residuales pero este proceso se debe hacer de forma sostenible (Popovic, Kraslawski, & Avramenko, 2013).

Una forma para preservar y ahorrar el agua es el sistema de recuperación de aguas lluvias, las cuales se pueden utilizar para los sanitarios, limpieza de automóviles, lavado de la ropa o para el riego de plantas o zonas verdes. En cuanto a la primera posibilidad de uso, los sanitarios, es un buen sistema ya que cada persona usa cerca de 45 l. de agua al día, lo que representa más de 15.000 litros de agua potable al año, luego, sustituirla por agua lluvia es una estrategia interesante de ahorro.

El sistema consiste en la captación de agua lluvia que será filtrada antes de llegar al depósito para evitar la suciedad. El agua se almacena en el depósito de recogida y por medio de una bomba se distribuye (Ver fig.11). Para cuando haya poca agua lluvia, el sistema debe contar con una válvula magnética y un interruptor de nivel, que proporcionan el abastecimiento de agua. En contraste, para evitar derrames en caso de sobrecarga del depósito, se contará con un sifón de descarga (Medio Ambiente de Castilla y León, 2016).

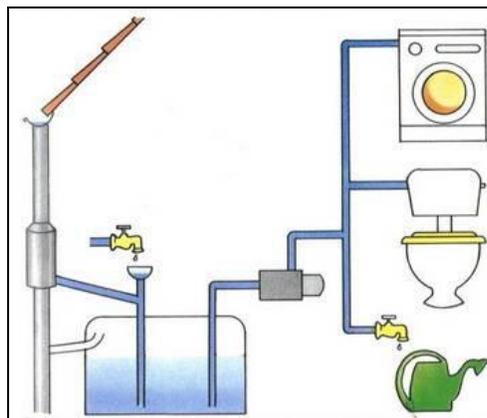


Figura 11. Esquema de un sistema de recuperación de agua de lluvia. Fuente: Medio Ambiente de Castilla y León. (2016). [Imagen] Recuperación de agua de lluvia. Recuperado de http://www.medioambiente.jcyl.es/web/jcyl/MedioAmbiente/es/Plantilla100/1236755648932/_/_/_

Para su logro se requiere el uso de la tecnología adecuada y de unos estudios previos, en cuanto a la legislación que rigen el tratamiento del agua residual. Por lo general, el agua residual se usa para hacer riego y de manera adicional se busca concientizar al ahorro del agua a la sociedad en general (Salgot & Folch, 2010).

Techos verdes. Se definen como una tecnología en la cual las plantas son consideradas un material esencial, suministran servicios ecosistémicos y generan beneficios ambientales, económicos y sociales. Se clasifican en intensivos, semi-intensivos y extensivos; los intensivos son jardines con sustratos espesos y requieren de una inversión alta para su mantenimiento e irrigación y albergan diversas plantas.

Los semi-intensivos tienen sustratos con un espesor menor al de los intensivos e igualmente presentan una menor variedad de plantas que se pueden alojar en estos. Los extensivos son jardines que tienen un sustrato poco profundo y las plantas que se alojan son de mayor adaptación a las condiciones ambientales por lo que requieren menor inversión en mantenimiento (Ramírez & Bolaños Silva, 2012).

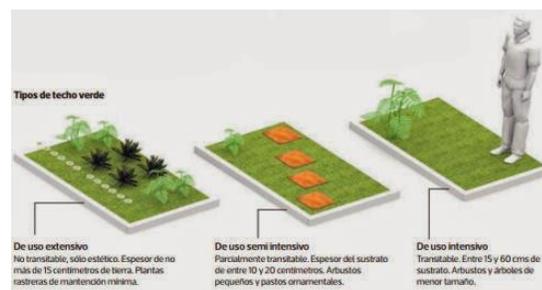


Figura 12. Tipos de techos verdes. Fuente: Azoteas verdes a su lado, (2015). Tipos de techos verdes. [Imagen]. Recuperado de: <http://techosverdesgeam.blogspot.com.co/2015/05/tipos-de-techos-ver-de-bajo-el-metodo-de.html>

Los techos verdes utilizan un sistema de drenaje y un impermeabilizante para evitar que la vegetación dañe la estructura del edificio que requiere una capa de tierra de entre 5 y 10 centímetros en el caso de los techos verdes extensivos (Ver fig.13), es decir, por esta razón son los más usados, puesto que son los más ligeros y requieren de un mantenimiento muy escaso (Arquigrafico, 2016).

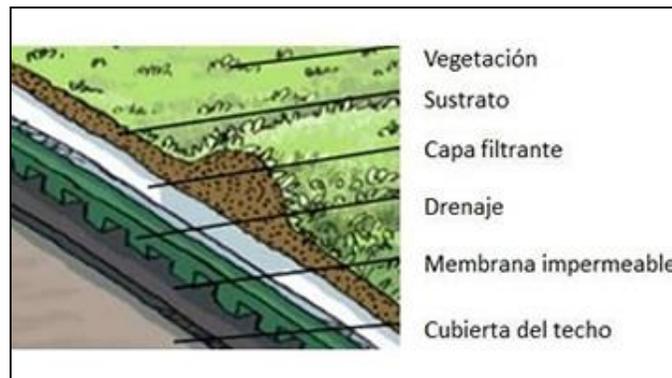


Figura 13. Sistema de montaje de Techos Verdes. Fuente: Dager Company. (2017). Techos Verdes. [Imagen]. Recuperado de: <http://www.dagercompany.com/techos-verdes/9-techos-verdes.feed>



Figura 14. Ejemplo de Techos Verdes. Fuente: Arquigrafico. (2016). Techos Verdes – Un jardín en la azotea. [Imagen] Recuperado de <https://arquigrafico.com/techos-verdes-un-jardin-en-la-azotea/> (Arquigrafico, 2016)

Los beneficios que se obtienen con la implementación de techos verdes son múltiples, (Ver fig.14), entre las que se encuentran el manejo de aguas lluvias al ser absorbidas por las plantas, mitigación de los efectos de la denominada isla de calor (Ver

fig. 15), que describe las zonas edificadas que presentan temperaturas promedio más altas que el campo abierto que las rodea. Este fenómeno consiste en la acumulación del calor en las ciudades debido a la construcción con materiales que absorben y acumulan el calor a lo largo de las horas de insolación y lo liberan durante la noche impidiendo que bajen las temperaturas. Además reflejan el calor el cual es absorbido por los jardines, producen mitigación del ruido al interior de las edificaciones, disminución de la contaminación del aire por la captura de CO₂ y hábitats de diferentes especies e igualmente los estéticos. Estas características lo pueden convertir en elementos dentro de la estructura ecológica principal de las urbes (Zielinski, Carlos, Paternina, & Marta, 2012).

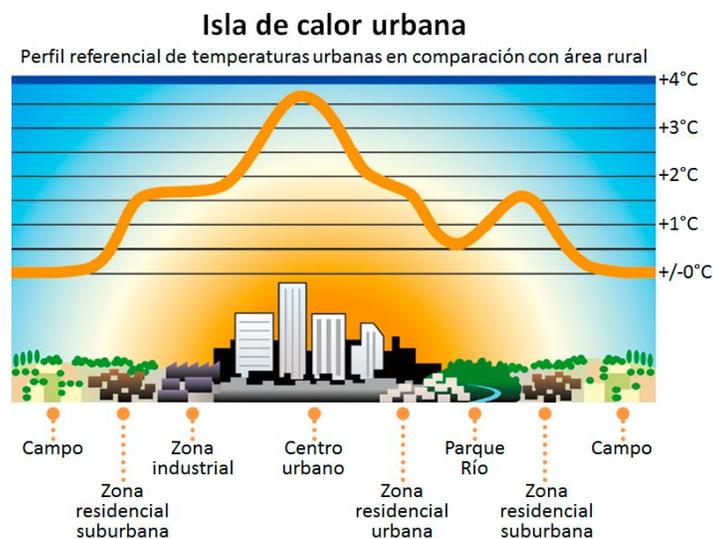


Figura 15. Perfil referencial de la isla de calor (ICU). Fuente: Portal de eficiencia energética y sostenibilidad en arquitectura y edificación (2017) [Imagen]. www.arquitecturayenercia.cl.

Educación ambiental

La educación ambiental (EA) es la que promueve la sostenibilidad y se define como un proceso permanente en el cual los individuos y las comunidades toman conciencia de su medio y adquieren los conocimientos, los valores, las destrezas, la experiencia y también

la voluntad que los haga capaces de actuar, individual y colectivamente, en la resolución de los problemas ambientales presentes y futuros (UNESCO-PNUMA,1987).

En la Conferencia Intergubernamental sobre Educación Ambiental celebrada en Tbilisi en 1977, se reconoce a la educación ambiental como una pedagogía de la acción para la acción, que consiste en hacer que cada persona comprenda las articulaciones económicas, políticas y ecológicas de la sociedad siendo necesario para esto, considerar al Medio Ambiente en su totalidad (UNESCO-PNUMA,1987).

La UNESCO (1975) en el Seminario Internacional de Educación Ambiental de Belgrado, fijó los objetivos para la EA:

- **Toma de conciencia.** Ayudar a las personas y a los grupos sociales a que adquieran mayor sensibilidad y conciencia del ambiente en general y de sus problemas.
- **Conocimientos.** Ayudar a las personas y a los grupos sociales a adquirir una comprensión básica del ambiente en su totalidad, de los problemas conexos y de la presencia y la función de la humanidad en él, lo que entraña una responsabilidad crítica.
- **Actitudes.** Ayudar a las personas y a los grupos sociales a adquirir valores sociales y un profundo interés por el ambiente que los impulse a participar activamente en su protección y mejoramiento.

- **Aptitudes.** Ayudar a las personas y a los grupos sociales a adquirir las aptitudes necesarias para resolver los problemas ambientales.
- **Capacidad de evaluación.** Ayudar a las personas y a los grupos sociales a evaluar las medidas y los programas de Educación Ambiental en función de los factores ecológicos, políticos, sociales, estéticos y educativos.
- **Participación.** Ayudar a las personas y a los grupos sociales a que desarrollen su sentido de responsabilidad y a que tomen conciencia de la urgente necesidad de prestar atención a los problemas del ambiente, para asegurar que se adopten medidas adecuadas al respecto.

Según Morales et al. (2010) la EA tiene 4 componentes fundamentales que deben ser tenidos en cuenta en la elaboración y desarrollo de todo programa educativo:

- **Fundamentos ecológicos.** Instrucción e información sobre cómo funcionan los sistemas terrestres de soporte vital.
- **Concienciación conceptual.** Se debe enseñar sobre el modo en que las acciones humanas afectan al ambiente.
- **La investigación y evaluación de problemas.** Es necesario aprender cómo identificar, evaluar y resolver los problemas ambientales.
- **La capacidad de acción.** Adquisición de las habilidades necesarias para participar constructivamente en la solución de los problemas ambientales, asumiendo que estos problemas no se solucionan solamente con acciones gubernamentales.

Plan de Gestión Ambiental

El Plan de gestión ambiental (PGA) es un instrumento que gestiona los procesos empresariales especialmente aquellos que tienen que ver con los impactos ambientales y mejora de los mismos. Su implementación, da como resultado la reducción de costos, un mejoramiento de la imagen corporativa y una mayor motivación por parte del personal que labora en la empresa. Además, contribuye en aspectos de seguridad y salud de las organizaciones y no menos importante, facilita el establecimiento de una estrategia empresarial a largo plazo (Yusoff & Nordin, 2015).

El PGA, involucra los procedimientos y procesos para la capacitación del personal y continuamente monitorea, resume y reporta información especializada de desempeño ambiental de los actores internos y externos de la empresa. Estos informes se centran en el diseño, control y disminución de la contaminación. Se resalta la importancia de presentar informes y capacitar a la alta dirección para que establezcan objetivos ambientales.

Este plan de gestión ambiental se rige bajo los siguientes principios:

- Uso eficiente de recursos naturales
- Previsión y prevención de impactos ambientales.
- Control en la capacidad del medio para resistir el impacto ambiental.
- Ordenación del territorio.

Ciclo del Proyecto

Un proyecto según el PMBOK(Project Management Book of Knowledge),(2017)
“Es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado

único y tiene la característica de tener un inicio y un final establecidos, y que el final se alcanza cuando se logran los objetivos.” En ese sentido, aunque el proyecto sea o no sea exitoso si cumple con esas características mínimas, sigue siendo un “proyecto.”

Como hay un inicio y un final, se requiere de una serie de pasos que lleve al cumplimiento de los objetivos. A este conjunto de pasos Miranda (2005) los denomina como el ciclo del proyecto y estos son: Pre inversión, Inversión y Operación (Ver fig.16).



Figura 16. Ciclo del Proyecto. Fuente: Miranda, J. J. (2005). *Gestión de proyectos: Identificación-Formulación-Evaluación-Financiera, económica, social y ambiental*. [Mapa]. Recuperado de: <http://doi.org/10.4067/S0718-34292008000200001>

Para la actual investigación, sólo se tendrá en cuenta la fase inicial del ciclo de proyecto que es la pre-inversión. La pre-inversión es la etapa que se propone adelantar antes de tomar una decisión de usar los recursos para cumplir un objetivo en particular; esta fase identifica, selecciona, formula y evalúa el proyecto (Ver fig. 17).

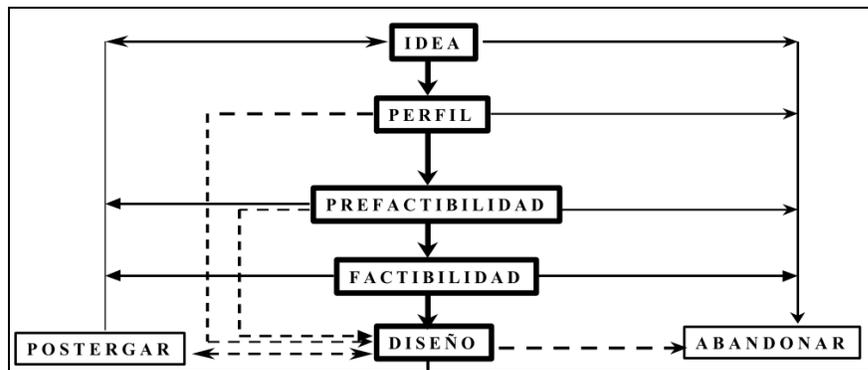


Figura 17. Pasos de la pre-inversión. Fuente: Miranda, J. J. (2005). Gestión de proyectos: Identificación-Formulación-Evaluación-Financiera, económica, social y ambiental. [Mapa]. Recuperado de: <http://doi.org/10.4067/S0718-34292008000200001>

Se resalta que para llegar a un estudio de factibilidad se debe cumplir con los pasos anteriores, porque hay una secuencia de lo que se evalúa paso a paso, es decir, que se depuran con más detalle los aspectos de consumo, técnicos, financieros, institucionales, administrativos y ambientales elaborados en la fase anterior, acercándose a la obtención de información en fuentes primarias (Ver fig. 18).

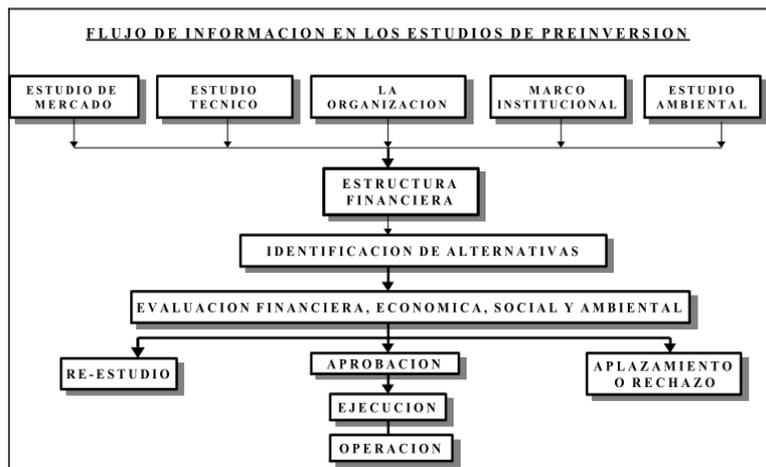


Figura 18. Flujo de información en los estudios de pre-inversión. Fuente: Miranda, J. J. (2005). Gestión de proyectos: Identificación-Formulación-Evaluación-Financiera, económica, social y ambiental. [Mapa]. Recuperado de: <http://doi.org/10.4067/S0718-34292008000200001>

Estudio de Factibilidad

La gestión de proyectos necesita ser evaluada a través de parámetros que permitan a los inversionistas tomar decisiones con base en los recursos disponibles tanto internos como externos, que se posean. El estudio de factibilidad, es una herramienta que facilita la toma de decisiones, en inversión de capital, de acuerdo a los resultados de los siguientes indicadores y de las fuentes de financiamiento disponibles: 1) Período de Recuperación de la Inversión (PR), 2) Valor Presente Neto (VPN) y 3) Tasa Interna de Retorno (TIR); esto permitirá optimizar los recursos y aplicarlos donde se tenga un mayor rendimiento económico, técnico, financiero y social, y que permita el desarrollo de la organización y del país (Burneo, Delgado, & Vérez, 2016).

El estudio de factibilidad implica analizar y evaluar, entre otros, los objetivos de futuras inversiones, a través de las investigaciones realizadas, el análisis estático y dinámico de las previsiones financieras, técnicas y económicas, teniendo en cuenta los factores de riesgo e incertidumbre de los proyectos a la hora de su ejecución y funcionamiento. El estudio de factibilidad, se usa también, para otros objetivos como: el desarrollo de una organización en un sector específico, atraer financiación extranjera, recuperar y mejorar la calidad del rendimiento y la competitividad y definir estrategias a mediano y largo plazo (Ionut, 2015).

El estudio de factibilidad se puede aplicar para el desarrollo de empresas existentes, reestructurar organizaciones ya sea sin ánimo de lucro o que generen poca utilidad; se hacen estudios de factibilidad económica para el análisis de operaciones de privatización, liquidación, separación o incluso la unión de dos o más entidades; en cuanto a la

factibilidad técnica se hace un estudio legal sobre la organización, un análisis de su situación actual y la actividad que desarrolla, presentando alternativas, estableciendo criterios de selección, además, soluciones técnicas y tecnológicas que se adapten al entorno. Todo lo anterior permite identificar, analizar los problemas que se presentan para escoger la mejor solución, proporcionando una visión del futuro. Las limitantes pueden ser el tiempo, el entorno económico, los cambios del sector de la actividad, entre otros.

El estudio de factibilidad, según Miranda (2005), debe conducir a :

- Tener una idea completa y rigurosa del proyecto a través de los estudios de mercado, tamaño, localización, y selección de tecnología.
- Diseñar un modelo administrativo adecuado para cada etapa del proyecto.
- Evaluar el tiempo de duración del proyecto y al mismo tiempo, calcular la inversión, el costo de operación y los futuros ingresos.
- Identificar las fuentes de financiación y la regulación de compromisos de participación en el proyecto.
- Definición de términos de contratación y pliegos de licitación de obras para adquisición de equipos (de ser adelantado por una entidad de naturaleza pública).
- Sometimiento de los proyectos si es necesario, a las respectivas autoridades de planeación, en busca de autorización si se tratase de entidades del Estado.
- Aplicación de criterios de evaluación tanto financiera como económica, social y ambiental, que permitan allegar argumentos para la decisión de realización del proyecto.

Los estudios que se deben depurar, profundizar y detallar en un estudio de factibilidad, son los siguientes:

Estudio económico. Son los recursos económicos y financieros necesarios para desarrollar todas las actividades; entre estos se debe incluir el costo del tiempo de realización y adquisición de nuevos recursos; estos costos deben estar actualizados

Estudio técnico. En este ítem se define qué, cómo y con qué recursos operará el proyecto, entregando los costos asociados y la cantidad de los insumos que se requieren para completar los respectivos procesos. Se deben analizar los procesos, el tamaño y la localización del proyecto a estudiar (Corasco, 2008).

Este estudio debe garantizar la utilización óptima de los recursos disponibles. Para esto, se debe identificar los procesos y equipos, los insumos y la mano de obra que se requiere durante y después de implementado el proyecto (J. J. Miranda, 2005).

Evaluación de proyectos ambientales. Todo proyecto lleva consigo un impacto sobre la flora, la fauna y en general en las organizaciones, por lo tanto, estos proyectos deben prever, mitigar o controlar esos impactos negativos que afectan las condiciones de vida de la población; en esta evaluación, se involucra todos aquellos recursos utilizados para la ejecución del proyecto y la disposición final de los mismos, inclusive, cuando ya el producto, complete su ciclo de vida.

Estudio legal. Todo proyecto debe regirse por un sistema legal y normativo que regule todos los derechos y deberes de las personas y organizaciones. Hay que tener en cuenta que cada fase de operación, ejecución y liquidación trae consigo un cuerpo de legislación que si no tiene un adecuado manejo puede ser multado.

Capítulo III: Metodología

En el siguiente capítulo, se expondrá el procedimiento que se utilizó para lograr el cumplimiento del objetivo principal Evaluar la factibilidad de un Plan de Gestión Ambiental, que permita el desarrollo sostenible de las zonas comunes de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, sede El Jardín. Este proyecto de investigación cualitativa, en donde, lo pragmático se mezcla con la percepción y la experiencia, permite tener una “radiografía” completa del fenómeno que se quiere estudiar, soportará de manera cierta, la toma de decisiones de inversión, en cuanto a que facilita la elección de los proyectos que mejor se adecúen a las necesidades y a las condiciones actuales de la Universidad.

El diagrama de la metodología de investigación (Ver fig. 19), muestra los pasos secuenciales que se siguieron a fin de cumplir con cada uno de los objetivos específicos definidos. En primera instancia, se diagnosticaron las condiciones ambientales actuales de la Universidad y se recolectó la información requerida a través de fuentes primarias, como el consumo y el costo de servicios públicos que asume la Universidad. El siguiente paso fue la identificación de las condiciones físicas y económicas, que harían que los nuevos proyectos de gestión ambiental, fuesen técnica, financiera y económicamente viables, de acuerdo a las condiciones actuales y los recursos que posee la Universidad. A continuación se plantearon con alto grado de detalle, cada uno de los pasos de la metodología aplicada y los instrumentos utilizados para la consecución de los resultados finalmente expuestos.

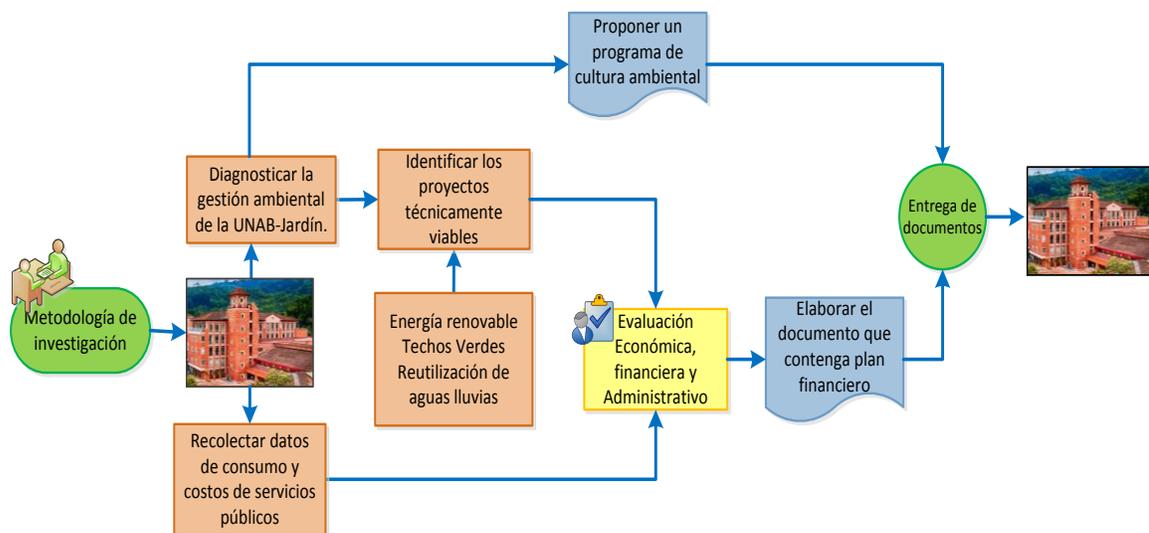


Figura 19. Diagrama de la Metodología de Investigación. Fuente: Elaboración propia

Contextualización del Proyecto

La Universidad Autónoma de Bucaramanga UNAB, es una institución privada dedicada al desarrollo de la educación superior, cuyo propósito no es otro que el desarrollo integral del ser humano y se rige de acuerdo a principios democráticos y liberales que guían su acción a nivel regional y nacional. Actualmente, tiene tres sedes; la sede El Jardín que se encuentra ubicada en Bucaramanga junto con la sede del Centro de Estudios Universitarios – CSU, y la sede El Bosque que se encuentra ubicada en el municipio de Floridablanca.

Su crecimiento se vislumbra por la oferta académica que hay en la actualidad, adicionalmente se destaca por las investigaciones académicas y las actividades que realizan, convirtiéndola en una Universidad Socialmente Responsable. La UNAB gracias al trabajo y esfuerzo colaborativo de todos los integrantes que la conforman, logró ser la primera universidad privada del oriente colombiano, en obtener el reconocimiento de Acreditación

Institucional de Alta Calidad, concedido por el Ministerio de Educación Nacional MEN, lo cual la consolida como una institución universitaria de excelencia académica y líder en formación de la región.

Diagnóstico de la Gestión Ambiental de las Zonas Comunes de la Universidad

Autónoma de Bucaramanga- sede El Jardín

La Gestión Ambiental, surge de la necesidad de la sociedad para proteger, conservar o mejorar la calidad del ambiente bajo el concepto de sostenibilidad, y prolongar los recursos para satisfacer las necesidades del futuro. La Gestión Ambiental, comprende funciones y actividades organizativas, que los gestores deben llevar a cabo para el logro de las metas que se han establecido en este frente; como en todo proceso, se involucran las fases de planeación, ejecución, seguimiento y control, a cada una de estas etapas la presente investigación hace aportes específicos a saber: En la fase de planificación, con la evaluación previa de diversas alternativas y escenarios de operación, ya que ésta determina la factibilidad de desarrollar proyectos ambientales; en un segundo término, al ser evaluados sostenibles y con ello viables, se realizan aportes ciertos en la ejecución, seguimiento y control con los indicadores calculados en su evaluación.

El diagnóstico de la Gestión Ambiental, proporcionó el conocimiento necesario sobre el estado en el que se encuentran las zonas comunes de la Universidad y permitió la formulación de alternativas ambientalmente responsables y después de su validación, se logró como resultado, verdaderos proyectos que satisfacen algunas de las necesidades reales, que en este frente tiene el ente universitario. De otra parte, se hizo posible la

identificación de la biodiversidad y los recursos naturales, requeridos para prestar adecuadamente los servicios propuestos en estas zonas. Por medio de este paso se pudo establecer el impacto positivo que se generaría de llegar a ser implementados, los proyectos ambientales evaluados. La Gestión Ambiental, puede ser entendida como el grupo de políticas y acciones que desarrolla la sociedad para proteger el ambiente, su finalidad es modificar la situación actual a otra deseada, de acuerdo a la percepción que tiene cada actor en relación al diagnóstico que realice del entorno.

La recolección de datos para realizar el diagnóstico fueron los siguientes:

- La observación del paisaje, la vegetación, la fauna, movilidad y transporte, agua, atmósfera, tipo de energía usada, suelos. Se elaboró una lista de chequeo para establecer los puntos importantes a evaluar.
- Entrevista con la administración encargada de las zonas comunes de la universidad para recolectar datos de consumo y de costos de servicios públicos y para recolectar cualquier información relacionada con los proyectos ambientales que se han ejecutado dentro de la universidad, su nivel de aceptación y ventajas de haberlo implementado.
- El diario de campo elaborado en esta fase, registra el detalle de la observación realizada y las conclusiones alcanzadas, además de la percepción e impresión de los autores sobre la misma.

Para la construcción de las conclusiones del diagnóstico, fueron tenidas en cuenta la problemática actual de las zonas comunes y el impacto sufrido por los diferentes recursos naturales como: agua, energía, suelo y aire. Son los cuerpos de agua que hay en el sitio, el

tipo de suelo, las corrientes de aire, el tipo de vegetación y de fauna, quienes dan soporte a las conclusiones del mismo, además y como es lógico, fueron tenidos en cuenta los beneficiados por la implementación de estos proyectos, y son los estudiantes, académicos, y personal administrativo.

Proyectos de Gestión Ambiental

El cambio es una constante en el entorno empresarial global de hoy y los proyectos son el método por los cuales las organizaciones implementan el cambio con éxito. Un proyecto ambiental, se conoce como aquellas actividades ejecutadas que a diferencia de otros proyectos tienen como gran objetivo mejorar la calidad del ambiente.

Las ventajas de implementar proyectos de Gestión Ambiental son:

- Un ahorro considerable en el uso de la energía, agua, recursos naturales, entre otros.
- Disminución del impacto ambiental adverso, relacionado principalmente con la emisión de gases de efecto invernadero y protección de la capa de ozono.
- Mejoramiento tanto de la imagen corporativa de la organización al reconocerla como ambientalmente responsable, de igual manera el efecto es visible en la urbanización
- Aumento de la cohesión social, la productividad de los ocupantes y el cuidado de la salud de la comunidad beneficiaria del proyecto.
- Incremento y protección de la biodiversidad y de los ecosistemas.

Los proyectos propuestos en primera instancia son:

Reutilización de las aguas lluvias. El punto de partida para este proyecto ambiental, es la ausencia del manejo de las aguas lluvias en la Universidad; en segundo término, con la existencia de planos hidro sanitarios y en ellos la identificación de la cantidad de agua consumida por la universidad, se reconoció imperativo formular y evaluar acciones de manejo adecuado de las aguas lluvias. Todo lo anterior, permitió limitar el proyecto y encontrar las variables que se usarían para el estudio.

Es importante tener en cuenta que para garantizar un adecuado uso de aguas lluvias, se debe contar con un amplio conocimiento de la normatividad existente y la actualidad de las mismas se reconoce vital, ante los continuos cambios en las leyes que sobre el tema existen en el país; así como de los sistemas de recolección de aguas lluvias utilizados y de la capacidad pluvial de la zona de estudio, teniendo en cuenta el nivel de precipitaciones por zona referenciada geográficamente.

Por lo anterior, y teniendo en cuenta que la UNAB cuenta con estación meteorológica se solicitó al Programa de Ingeniería de Energía, la información relacionada directamente con la precipitación pluvial anual y con las variaciones estacionales de la misma. Estas precipitaciones, permitirán establecer la oferta de aguas lluvias con la que cuenta la Universidad para suplir la demanda de consumo de agua, ya sea para riego o de uso sanitario.

Para la consecución del anterior objetivo, se debe identificar la cantidad de cubiertas que se usarían, para hacer la captación de agua, entre más área, más oferta se tendrá. Se establecerá el coeficiente de escorrentía para las cubiertas, el cual se relaciona directamente con el tipo de material del que está hecha la cubierta (Ver tabla 1), luego se hará observación de las tareas o actividades que requieren de agua para su funcionamiento.

Tabla 1.

Tipos de superficie del área de captación de aguas lluvias

Tipos de superficie o coberturas del área de captación	Coeficiente de escorrentía ©
Lámina plástica de polietileno	0,9
Mortero (mezcla de cemento y arena)	0,88
Asfalto	0,88
Tejas de arcilla recocida	0,75
Manta plástica + grava	0,7
Suelo de textura fina (arcilloso), emparejado con lámina	0,55
Suelo de textura fina (arcilloso), en barbecho	0,24
Suelo de textura gruesa (arenoso)	0,2
Pasto bu el (<i>Cenchrus ciliaris</i>)	0,1
Áreas cultivadas	0,08 – 0,41
Pastos	0,12 – 0,62
Techos	0,75 – 0,95
Hormigón	0,70 – 0,95

Fuente: Fondo Internacional para el Desarrollo de la Agricultura. (2013). Captación y almacenamiento de agua de lluvia. Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe. Santiago. Recuperado de:
http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/AGRO_Noticias/docs/captacion_agua_de_lluvia.pdf

Esta variable será conocida como la demanda que la oferta deberá satisfacer; en la Universidad existen varias actividades que se relacionan con el uso de agua como riego de zonas verdes, baños, aseo, lavadero de autos, lavado de zonas duras, y en la actualidad

todas y cada una de ellas, hacen uso de agua potable para su operación. De acuerdo con lo anterior, habrán de ser seleccionadas, actividades que no requieran del uso de agua potable, como lo son: el riego de plantas, las áreas de aseo. Para las actividades seleccionadas como objeto de estudio, habría de ser estimado la cantidad de agua que se consume en m³ a fin de identificar la necesidad a suplir y con ello establecer el volumen del tanque de almacenamiento necesario, no olvidando las necesidades de un espacio físico para su construcción.

A fin de identificar las fases y pasos a surtir en el estudio y en la implementación futura, se reconoce la pertinencia del trabajo adelantado por la Unidad de Apoyo Técnico Para El Saneamiento Básico Del Área Rural de Lima, UNATSABAR (2004), quien propone el método de SCAPTA, Sistema de Captación de Aguas Pluvial en Techos que indican los elementos por lo que está compuesto dicho sistema (ver tabla 2):

Tabla 2.
Sistema de Captación de Aguas Pluvial en Techos

Elementos	Características
Captación	Está conformada por las cubiertas que deben tener una pendiente no menor de 5% en dirección a las canaletas donde se va a hacer la recolección. Además, se debe establecer el coeficiente de escorrentía que depende del material con el que está hecha la cubierta
Recolección y Conducción	Está conformado por canaletas que van contiguas a los bordes más bajos del techo, en donde el agua tiende a acumularse antes de caer al suelo Por otro lado, el material usado para las canaletas debe ser liviano, resistente al agua y fácil de unir entre sí, a fin de reducir las fugas de agua.

Interceptor

Conocido también como dispositivo que descarga las primeras aguas que provienen del lavado del techo y que contiene todos los materiales que en él se encuentren en el momento del inicio de la lluvia, impidiendo que cualquier material ingrese al tanque de almacenamiento, minimizando con ello la contaminación del agua almacenada. La capacidad del tanque sugerida debe ser un litro por m² de cubiertas a utilizar.

Almacenamiento

Es la obra destinada a almacenar el volumen de agua de lluvia necesaria para el consumo diario, en especial durante el período de sequía. La unidad de almacenamiento debe ser duradera y al efecto debe cumplir con las siguientes especificaciones:

- Impermeable para evitar la pérdida de agua por goteo o transpiración
- De no más de 2 m de altura para minimizar la presión
- Con tapa para impedir el ingreso de polvo, insectos y de la luz solar
 - Disponer de una escotilla con tapa sanitaria lo suficientemente grande como para que permita el ingreso de una persona para la limpieza y reparaciones necesarias
- La entrada y el rebose deben contar con mallas para evitar el ingreso de insectos y animales.
- Dotado de dispositivos para el retiro de agua y el drenaje

Fuente: UNATSABAR. (2004). Guía de diseño para captación del agua de lluvia. Lima. Recuperado de: <http://www.bvs.de.ops-oms.org/bvsacd/cd47/lluvia.pdf>

Por otro lado, se debe tener en cuenta que el agua lluvia no reconoce costos, los únicos asociados son los de recolección, almacenamiento y distribución; la calidad físico química del agua es alta, lo que la hace óptima para riego de plantas, la construcción del sistema de

almacenamiento se anticipa sencillo y requiere baja frecuencia de mantenimiento en su operación. De otra parte y como beneficios paralelos, se reconocen, en primer término que la recolección de agua lluvia reduce las inundaciones y la erosión, en segundo término, que el agua lluvia es ideal para la irrigación de los jardines, que al recolectar aguas lluvias se reduce el caudal del alcantarillado pluvial y se evita así el ingreso de altos volúmenes a los sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Uso de Paneles Solares o Uso de Otro Tipo de Energía Renovable. Inicialmente el proyecto fue seleccionado por parte de la Centro de Investigación en Temas Ambientales de la UNAB, reconocida como UNAB – AMBIENTAL, puesto que la Vicerrectoría Administrativa y Financiera, se encuentra realizando de manera paulatina, cambios a la Universidad en términos energéticos. Esto último, motivó aún más el desarrollo del estudio de factibilidad para la implementación de Paneles Solares en la Universidad Autónoma de Bucaramanga, sede El Jardín.

Se acudió a fuentes primarias, como la Facultad de Ingeniería, y de manera específica al Programa de Ingeniería de Energía, esta proporcionó las investigaciones y el análisis técnico realizado a nivel energético dentro de la Universidad. Adicionalmente, se logró apoyo por parte del área de planta física, área encargada del suministro de los recursos, y del mantenimiento de las instalaciones, y también de áreas administrativas, como la Financiera, donde pudo ser recabada la información sobre el costo específico de la energía consumida por la organización.

Descripción general del funcionamiento. El sistema inicia con la conversión de la energía proveniente de la radiación solar, en energía eléctrica en corriente continua – DC, mediante los módulos fotovoltaicos instalados en la cubierta, posteriormente dicha corriente continua se convierte en corriente alterna, mediante inversores solares para cubrir parte de la demanda eléctrica de la UNAB (Ver Fig. 20).

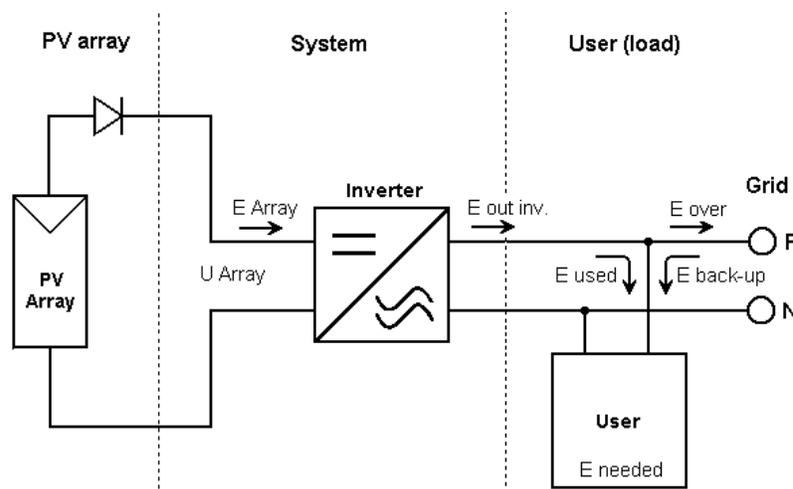


Figura 20. Descripción general del funcionamiento de los paneles solares

La instalación posee elementos de protección tales como el interruptor automático de la interconexión o interruptor general. Se debe asegurar un grado de aislamiento eléctrico mínimo de tipo básico clase I, que afecta a equipos (módulos e inversores) y al resto de materiales utilizados en la instalación. La instalación incorporará todos los elementos necesarios para garantizar en todo momento la protección física de la persona, la calidad de suministro y no provocar averías en la red, a fin de controlar la energía producida.

Por otro lado, la empresa cotizante de los paneles solares, EME ingeniería, cree conveniente estimar la eficiencia de cada panel solar Pr , la cual define la eficiencia de la instalación en condiciones reales de trabajo para el período de diseño, este factor consideraría las pérdidas en la eficiencia energética, debidas a:

- Efecto de la temperatura en las células fotovoltaicas,
- Dispersión de los módulos solares,
- Suciedad de los módulos solares,
- Pérdidas en el cableado,
- Errores en el seguimiento del punto de máxima potencia,
- Otros.

Esta variable puede englobar todos los factores que el diseñador pueda cuantificar, a fin de establecer un valor aproximado de eficiencia de la instalación, que reconozca las condiciones reales. Para el cálculo de la eficiencia del sistema, fueron aplicados, los siguientes parámetros en el algoritmo.

Se estima mediante la siguiente expresión y su valor varía en el tiempo en función de las distintas condiciones a las que se ve sometida la instalación:

$$PR(\%) = (100 - A - Ptemp) * B * C * D * E * F$$

Cada uno de los términos de PR se explicará por separado.

A: es la suma de otros tres parámetros.

$$A = A_1 + A_2 + A_3$$

A₁= Representa la dispersión de los parámetros entre los módulos, debido a que no operan normalmente en las mismas condiciones que las reconocidas como estándar de medida, CEM (Condiciones Estándar de Medida). Un rango de valores del 10% es de una dispersión elevada, entre un 5% y un 3% es un valor adecuado, **se asume del 5%**.

A₂: Representa el efecto del polvo y la suciedad depositados sobre los módulos solares, su valor se anticipa será muy variable, puesto que depende del emplazamiento de la instalación, de igual forma se reconoce que la posibilidad de realizar mantenimientos periódicos, influirá en la estimación de este coeficiente. El rango de valores estaría entre el 2% para instalaciones poco afectadas por el polvo y suciedad, hasta el 8% donde este aspecto puede tener una mayor influencia. **Se asume del 2,5%**.

A₃: Contempla las pérdidas por reluctancia angular y espectral, el acabado superficial de las células tiene influencia sobre este coeficiente, también la estacionalidad influye en este parámetro, aumentando las pérdidas en invierno, así como la latitud; un rango de valores puede estar entre el 2% para pérdidas bajas, un 4% para pérdidas moderadas y el 6% para pérdidas altas. **Se asume del 3.01%**.

$$A = 0,05 + 0,025 + 0,031$$

$$A = 10,51\%$$

- **P_{temp}**: Representa las pérdidas medias anuales debidas al efecto de la temperatura sobre las células fotovoltaicas.

$$P_{temp} = 100 * (1 - 0,0035 * (T_c - 25))$$

Tc la temperatura de trabajo de las células solares.

$$T_c = T_{amb} + (T_{ONC} - 20) * \frac{E}{800}$$

Tamb= Temperatura del ambiente en C. T = 26C

TONC= Temperatura de operación nominal del módulo fotovoltaico. Este valor lo proporciona el fabricante. T = 25C

E= Irradiación solar en W/m²

$$T_c = 26 + (25 - 20) * \frac{5110}{800}$$

$$T_c = 57,93 \text{ C}$$

$$P_{temp} = 100 * (1 - 0,0035 * (57,9375 - 25))$$

$$P_{temp}(\%) = 88,47$$

La temperatura de las celdas fotovoltaicas se eleva por encima de la temperatura ambiente de forma proporcional a la irradiación incidente, lo que tiene como consecuencia una reducción del rendimiento de las mismas.

- B: Coeficiente relacionado con las pérdidas en el cableado de la parte de corriente continua, es decir, entre los módulos fotovoltaicos y el inversor. Se incluyen las pérdidas en los fusibles, conmutadores, conexiones, etc.

$$B = (1 - L_{cabcc})$$

El valor máximo admisible para Lcabcc es de 1,5% por lo que el valor mínimo de B

Será 0,985. Para el diseño se asume un valor de $L_{cabcc} = 1\%$, por lo tanto:

$$B = (1 - 0,01) = 0,99$$

- C: coeficiente que, al igual que el anterior, está relacionado con las pérdidas en el cableado, pero en este caso en la parte de corriente alterna.

$$C = (1 - L_{cabcc})$$

El valor máximo admisible para L_{cabcc} es 2% y un valor recomendable es el 0,5%, por lo que C tendrá unos valores comprendidos entre 0,980 y 0,995.

Para el diseño se asume un valor de $L_{cabcc} = 0,5\%$, por lo tanto:

$$C = (1 - 0,005) = 0,995$$

D: está relacionado con las pérdidas por disponibilidad de la instalación; con este coeficiente se cuantifican las pérdidas debidas al paro de la misma, de forma parcial o total, debido a fallos en la red, mantenimientos, etc.

$$D = (1 - L_{disp})$$

Un valor adecuado para las pérdidas por dispersión es el 5%, por lo que el valor mínimo de D será 0,95. Para el diseño se asume un valor de $L_{disp} = 3\%$ por lo tanto:

$$D = (1 - 0,03) = 0,97$$

E: representa los valores de eficiencia del inversor. En este caso hay que atender a los valores de rendimiento europeo y a la potencia del inversor a utilizar.

Teniendo en cuenta los valores dados por el fabricante la eficiencia del inversor es 0,98%.

F: está relacionado con las pérdidas por el no seguimiento del Punto de Máxima Potencia (MPPT o PMP) y en los umbrales de arranque del inversor.

$$F = (1 - L_{pmp})$$

Unos valores de referencia para estas pérdidas pueden ser entre el 5% y el 10% pudiendo tomar como valor de referencia el 8%, por lo que F tendrá valores comprendidos entre 0,95 y 0,90. Para el diseño se asume un valor de $L_{pmp} = 5\%$ por lo tanto:

$$F = (1 - 0,05) = 0,95$$

Ya teniendo todas las variables que afectan el rendimiento energético de la instalación se hace el cálculo final, por lo tanto:

$$PR(\%) = (100 - A - P_{temp}) * B * C * D * E * F$$

$$PR(\%) = (100 - 10,51 - 88,47) * 0,99 * 0,995 * 0,97 * 0,98 * 0,95$$

$$PR(\%) = 0,9073 \text{ o } 91\%$$

Por otro lado, el uso e implementación de esta energía trae consigo beneficios tanto medioambientales, educativos, económicos y sociales. Se debe aprovechar más el hecho de que la energía solar es inagotable y gratuita, no contamina al medio ambiente, logra mejorar la calidad de vida a través de su transformación para la formación de electricidad. En concordancia con lo ya manifestado, es claro que el planeta obtiene vida gracias a la luz solar que es su fuente indispensable, la energía solar ayuda en la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero, que causan consecuencias adversas en el medio ambiente.

El sol, es uno de los recursos energéticos más limpios y peor aprovechados por la humanidad, la energía solar puede ser utilizada de manera fácil, en la generación de energía eléctrica y saber utilizarla, es importante para el desarrollo sostenible de la sociedad.

A pesar de que las instalaciones solares, sólo se hacen para localidades muy aisladas y en países de primer mundo, estas tienen gran futuro como un tipo de energía alternativa, además con el avance de la tecnología, se ha logrado disminuir el costo asociado a la implementación por panel, dando así una mayor accesibilidad a todos los sectores económicos, de países que como Colombia tienen una gran concentración de su población en la categorizada por el Banco Mundial, como de ingresos bajos.

Construcción de los llamados techos verdes. Para la construcción de techos verdes se tendrá en cuenta la siguiente información:

Los Techos verdes, se definen como una tecnología en la cual las plantas son consideradas como un material esencial, suministrando servicios eco-sistémicos y generando beneficios ambientales, económicos y sociales. Se clasifican en intensivos, semi-intensivos y extensivos (Ver tablas 3 & 4)

Tabla 3.
Características de las cubiertas verdes

CARACTERISTICAS	EXTENSIVO	SEMI-INTENSIVO	INTENSIVO
Espesor sustrato	Hasta 15 cms.	Entre 10 y 20 cms.	Mayor de 15 cms

Cobertura vegetal transitable	No transitable	Parcialmente transitable	Transitable
Peso saturado	Entre 50 y 170 kg/m ²	Entre 150 y 250 kg/m ²	Mayor que 245 kg/cm ²
Diversidad vegetal	Poca	Mayor	Máxima
Mantenimiento	Mínima	Variable	Alto
Tipo de vegetación	Rastreras	Arbustos pequeños, pastos ornamentales	Arbustos y árboles pequeños

Fuente: Grupo Técnico de Techos Verdes (Recomendaciones Técnicas para Proyectos de Cubiertas Vegetales)

Tabla 4.
Diferencias comparativas por tipo de cubiertas verdes

EXTENSIVO	INTENSIVO
Más liviano	Mayores posibilidades de diseño paisajístico
Apto para grandes áreas	Mayor potencia de biodiversidad
Menor mantenimiento, puede diseñarse para no ser regado	Mayor posibilidad de uso por parte de las personas
Más recomendado para proyectos de remodelación	
Menor costo de inversión	

Fuente: Grupo Técnico de Techos Verdes (Recomendaciones Técnicas para Proyectos de Cubiertas Vegetales)

En el caso de la UNAB sede El Jardín, el techo verde se desarrollaría sobre una estructura ya construida, lo cual pone en evidencia que una de las variables críticas a

considerar es el peso que ha de soportar la estructura, lo cual desde ya anticipa, requerimientos adicionales en reforzamiento de estructuras, con los consecuentes sobre costos en el proceso. A continuación se muestra los tipos de cubierta y el peso que soporta cada una de ellas, calculados con techos saturados completamente de agua.

Tabla 5.
Aporte de peso por tipo de cubierta vegetal

Cubierta vegetal	Extensivo	Semi- Intensivo	Intensivo
Peso que aporta (kg/m²)	50 a 170	150 a 250	Mayor que 245

Fuente: Grupo Técnico de Techos Verdes (Recomendaciones Técnicas para Proyectos de Cubiertas Vegetales)

De los proyectos prenotados y teniendo en cuenta los hallazgos del diagnóstico, se realiza evaluación financiera, que de soporte a la elección, y es a partir de ella que se identifica su viabilidad y conveniencia desde el punto de vista financiero. Paralelamente, se reconocen como parámetros básicos en la evaluación, las acciones exigidas de mantenimiento, los controles de operación y los beneficios de los proyectos escogidos.

El punto de partida en la evaluación, es el aporte al medio ambiente y su contribución al mejoramiento del bienestar de la comunidad atendida, pues se logran disminuir la emisión de gases de efecto invernadero, se protege con su ejecución la capa ozono, se logra ahorro en el uso de los diferentes recursos naturales. Adicionalmente, estos proyectos podrán reflejar positivamente la imagen de la Universidad contribuyendo a su reconocimiento como Organización Ambientalmente Responsable.

Evaluación Económica, Financiera y Social

La evaluación económica y financiera busca reconocer la seguridad, rentabilidad y liquidez de la medir y demostrar las ventajas o desventajas de implementar proyectos sostenibles. Para demostrar la factibilidad de los mismos, los proyectos deben ser eficientes. Esto se mide a través de la maximización del beneficio social y maximización de las ganancias. Se asume que la escogencia del proyecto y su ejecución ayudarán al desarrollo de la economía y que su contribución social justifica el uso de los recursos.

En esta fase de la investigación se recolectarán los costos asociados y los recursos tales como materiales, maquinaria, equipo y mano de obra que se requieren para llevar a cabo la ejecución del proyecto. Se demanda además el consumo y el costo actualizado del servicio público de agua y energía de la institución.

Con los costos asociados y los recursos a utilizar en la implementación de las tareas, de los diferentes proyectos de gestión ambiental seleccionados, se procedió a realizar la evaluación económica y financiera de cada uno de ellos. Este estudio permitió evaluar la viabilidad y la conveniencia de cada uno de las actividades de inversión propuestas, utilizando la metodología de Construcción, Proyección y Descuento de Flujos de Caja Libre, a precios corrientes.

Para el análisis financiero, se tuvo en cuenta, en primer término la inversión necesaria para su implementación y puesta en marcha, los costos que concurren en la elaboración, administración, y financiación de cada uno de los proyectos evaluados; posteriormente, se construyeron los flujos de caja libres, para el número de años, definido como período relevante de la inversión, se definió su estructura financiera, en la que se

reconoció que todo el capital de soporte sería aportado por la Universidad, los riesgos asociados al tipo de proyecto y con ello se hizo el cálculo de la tasa de descuento, que traería a pesos de hoy los resultados operacionales de cada uno de ellos.

Programa de Cultura Ambiental

Un programa de cultura ambiental, es una herramienta basada en la capacitación que busca educar en temas ambientales prioritarios a un sector determinado de la sociedad, buscando generar un efecto multiplicador. En estos sectores, se debe crear una reflexión por el deterioro ambiental causado por el ser humano, entre los puntos más importantes para su sensibilización están:

- Uso eficiente y ahorro de agua.
- Uso eficiente y ahorro de energía.
- Saneamiento ambiental.
- Buenas prácticas ambientales.
- Cambio Climático.
- Biodiversidad.
- Prevención de riesgos.
- Reducción, reutilización y reciclaje de residuos sólidos

Para que haya re aplicabilidad de los conceptos aprendidos se requiere divulgar la información y realizar campañas in-situ que promuevan y refuercen los temas aprendidos.

En este orden de ideas, se realizaron encuestas de percepción para conocer el grado de conocimiento y sentido de pertenencia de las partes interesadas de la Universidad Autónoma de Bucaramanga sede El Jardín, con respecto a cuidado ambiental, la forma de mitigar y compensar su deterioro ambiental y como incide el cambio climático en su diario vivir. Una vez obtenido los resultados, se procedió a realizar un programa que se adecuara a las necesidades de las partes interesadas.

El programa de cultura ambiental de la UNAB busca afianzar la cultura de toda la comunidad universitaria, buscando reducir los impactos ambientales negativos y aumentando la conciencia ambiental en toda la comunidad, permitiendo de esta manera elevar el cuidado y la protección del medio ambiente y sus recursos.

Generar una verdadera cultura ambiental, a través del óptimo aprovechamiento de los recursos naturales, se mitiga el impacto causado por la realización de las actividades propias de la comunidad universitaria, generando conciencia ecológica, compromiso y el desarrollo de las mejores prácticas que logren sensibilizar y capacitar acerca del uso adecuado de los recursos naturales, su consecución generará una cultura de ahorro y protección al ambiente. Por lo anterior, se debe capacitar a la comunidad universitaria en la identificación, mitigación y prevención de los impactos ambientales negativos y la generación de resultados contrarios, a través del monitoreo del ahorro y uso eficiente de la energía y del agua en las actividades regulares de la comunidad universitaria.

Normatividad asociada, al diseño del Programa de Cultura Ambiental

Dentro de la regulación que rige en Colombia los temas ambientales, fueron seleccionadas las normas, que por su ámbito de acción, se reconocen pertinentes.

- Ley 23 de 1973. Por la cual se conceden facultades extraordinarias al presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y protección al medio ambiente y se dictan otras disposiciones. Decreto 1337 de 1978. Por el cual se reglamentan los artículos 14 y 17 del Decreto Ley 2811 de 1974.
- Decreto 2811 de 1974. Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.
- Ley 99 de 1993. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental -SINA y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 1743 de 1994. Por el cual se instituye el Proyecto de Educación Ambiental para todos los niveles de educación formal, se fijan criterios para la promoción de la educación ambiental no formal e informal y se establecen los mecanismos de coordinación entre el Ministerio de Educación Nacional y el Ministerio del Medio Ambiente.
- Decreto 1867 de 1994. Por el cual se reglamenta el Consejo Nacional Ambiental del Ministerio del Medio Ambiente y se dictan otras disposiciones.

- Ley 697 de 2001. Por medio del cual el Congreso de la Republica crea el fomento del uso racional y eficiente de energía eléctrica y promueve el uso de energías alternativas.
- Decreto 2331 de 2007. Por medio del cual el Ministerio de Minas y Energía Medidas crea el uso Racional y eficiente de la energía eléctrica- Cambio a Luminarias ahorradoras.
- Ley 1259 de 2008. Por medio de la cual se instaure en el territorio nacional la aplicación del comparendo ambiental a los infractores de las normas de aseo, limpieza y recolección de escombros; y se dictan otras disposiciones.

Términos y Abreviaturas

Para una mejor y mayor comprensión del tema marco de estudio que nos ocupa, se hace necesario reconocer en detalle, algunos términos que harán comprensible a los lectores el campo de acción.

Cultura ambiental. Es entendida como aquella postura ante la vida que nos permite cuidar y preservar nuestro medio ambiente.

Contaminación ambiental. Es la presencia en el ambiente de cualquier agente (físico, químico o biológico) en lugares, formas y concentraciones que pueden ser nocivos para la salud, la seguridad o para el bienestar de la población.

Eficiencia Energética. Es la relación entre la energía aprovechada y la total utilizada en cualquier proceso de la cadena energética, dentro del marco del desarrollo sostenible,

respetando la normatividad vigente sobre medio ambiente y los recursos naturales renovables. (Ley 697 de 2001).

Impacto ambiental. Es la alteración de la calidad del ambiente producida por una actividad humana, este puede ser positivo o negativo dependiendo del cambio registrado.

URE. Es el aprovechamiento óptimo y uso razonable de la energía en todas y cada una de las cadenas energéticas, desde la selección de la fuente energética, su producción, transformación, transporte, distribución, y consumo incluyendo su reutilización cuando sea posible, buscando en todas y cada una de las actividades, de la cadena el desarrollo sostenible. (Ley 697 de 2001).

Uso eficiente de la energía. Es la utilización de la energía, de tal manera que se obtenga la mayor eficiencia energética, bien sea de una forma original de energía y/o durante cualquier actividad de producción, transformación, transporte, distribución y consumo de las diferentes formas de energía, dentro del marco del desarrollo sostenible y respetando la normatividad, vigente sobre medio ambiente y los recursos naturales renovables. (Ley 697 de 2001).

Encuesta.

Para establecer el programa de Cultura Ambiental y despertar conciencia sobre el cambio d paradigma ambiental se diseñó una encuesta que fue validada por expertos y posteriormente enviada a estudiantes, administrativos y docentes, a fin de lograr una mejor

percepción y comprensión del conocimiento que tienen los usuarios sobre el entorno ambiental de la comunidad universitaria.

Pregunta Múltiple:

1. Seleccione si sabe el significado de estos términos

Gestión Ambiental
 Clasificación de Residuos
 Recursos Renovables
 Cambio Climático

N°	Preguntas	Sí	No
2	¿Se siente afectado por el cambio climático?		
3	¿Conoce la problemática ambiental de la Universidad?		
4	¿Conoce si la UNAB tiene un programa de Gestión Ambiental?		
5	¿Considera que la divulgación de mensajes ambientales es eficiente y suficiente para la toma de conciencia?		
6	¿Ha participado en alguna actividad relacionada con el medio ambiente?		
7	¿Ha recibido información sobre cómo interviene el ser humano en el medio ambiente?		
8	¿Alguna vez ha leído los artículos publicados en mi portal, sección Notiambiente?		
9	¿Conoce el concepto de desarrollo sostenible?		
10	¿Tiene conocimiento sobre lo que significa construcción sostenible?		
11	En la Universidad, ¿han aplicado el concepto de sostenibilidad, a través de la implementación de proyectos ambientales?		
12	¿Cree que separar los residuos y hacer uso racional del agua y de la energía contribuye en la salud del ambiente?		
13	¿Conoce la diferencia entre reciclar y separar en la fuente?		
14	¿En su entorno se práctica la separación de residuos?		
15	¿Conoce el concepto de energías renovables y sus beneficios?		
16	¿Considera importante el ahorro del agua y energía?		
17	¿Cree importante implementar en la UNAB la energía solar como una manera de mejorar el medio ambiente?		
18	¿Ha considerado la recolección de aguas lluvia como alternativa para mejorar el medio ambiente?		
19	¿Conoce el concepto de Agricultura Urbana?		
20	¿Le gustaría conocer cuál puede ser su contribución al mejoramiento ambiental?		

-
- 21 ¿Conoce el concepto de conciencia ambiental?
- 22 ¿Es consciente de la problemática ambiental actual?
- 23 ¿Cree que el consumo excesivo de recursos naturales es un problema ambiental?
¿Cree que los proyectos ambientales podrían mejorar la calidad de vida a nivel económico, social y de salud en la población Bumanguesa?
- 24 ¿Conoce la problemática ambiental causada por el mal manejo de los residuos sólidos en el relleno sanitario del área metropolitana (El Carrasco)?
- 25 ¿Ha escuchado sobre la magnitud de plásticos almacenados en el fondo del mar y sus efectos en la vida acuática?
- 26 ¿Ha compartido con su familia alguna medida para proteger el medio ambiente?
- 27 ¿Estaría dispuest@ a cambiar su manera de vivir por proteger el medio ambiente?
- 28
-

Pregunta Múltiple:

29. ¿Cuál cree que son las posibles fuentes de contaminación de la ciudad?
- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Residuos sólidos | <input type="checkbox"/> Todas las anteriores |
| <input type="checkbox"/> Gases emitidos por los carros | <input type="checkbox"/> Otras: ¿Cuáles? |
| <input type="checkbox"/> Industrias | |
30. ¿Cuál cree que son las posibles fuentes de contaminación de la Universidad?
- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Falta de información | <input type="checkbox"/> Todos los anteriores |
| <input type="checkbox"/> Falta de Cultura Ambiental | <input type="checkbox"/> Otras: ¿Cuáles? |
| <input type="checkbox"/> Falta de Interés | |

Capítulo IV: Resultados

Diagnóstico de la Gestión Ambiental de las Zonas Comunes de la Universidad

Autónoma de Bucaramanga- Sede El Jardín

La Universidad Autónoma de Bucaramanga – sede El Jardín está ubicada en Bucaramanga, en el sector de Cabecera del Llano, en la zona nororiental de la meseta de Bucaramanga, se caracteriza por estar rodeado de árboles, un bosque natural y fauna que armonizan el ambiente universitario. Este campus está ubicado en un lote de tres hectáreas de longitud, distribuidas en hermosos edificios, espacios de práctica y servicio social.

En esta sede, se encuentran las principales dependencias administrativas de la Universidad, como la Rectoría, las Facultades de Ciencias Económicas Administrativas y Contables, Facultad de Ciencias Jurídicas y Políticas, la Facultad de Ingeniería, la Facultad de Ciencias Sociales Humanidades y Artes, la Facultad de Estudios Técnicos y Tecnológicos y la Facultad de Ciencias de la Salud, adicionalmente centros de investigación como Unab Ambiental. La planta física se cuenta con aulas de clase, auditorios y bibliotecas. Desde sus inicios, el campus ha estado en constante cambio, adecuando su infraestructura para prestar de manera óptima sus servicios a la comunidad.

Las edificaciones tienen una nomenclatura como se puede ver en la figura 21 que consta de 13 instalaciones ubicadas en una montaña de forma descendente.



Figura 21. Vista frontal: Unab - Sede El Jardín.

Las edificaciones y zonas comunes necesitan de energía eléctrica y agua para satisfacer las necesidades de los usuarios. Según la información recolectada en la dirección de la dependencia de Gestión Financiera, el consumo del agua hasta el mes de agosto del año 2017, fue de 9.220 m³, registrando un decrecimiento del 6,26% con respecto al consumo generado para el mismo mes en el año inmediatamente anterior. En el cual se registró consumo por valor de \$67.468.056,50 (Ver Fig. 22).



Figura 22. Valor anual del servicio de agua y consumo anual de agua. Fuente: Elaboración propia

Basados en estos registros, se puede afirmar que el promedio de consumo de agua mensual para las dependencias de la Unab- sede El Jardín fue de:

- Edificio de ingeniería: 133,25 m³
- Edificio de Biblioteca: 486,55 m³
- Edificio Administrativo: 533 m³

Los meses donde más se consumió agua en el año 2017, fueron marzo, y abril con un promedio de 1367 m³. (Ver Fig. 23).

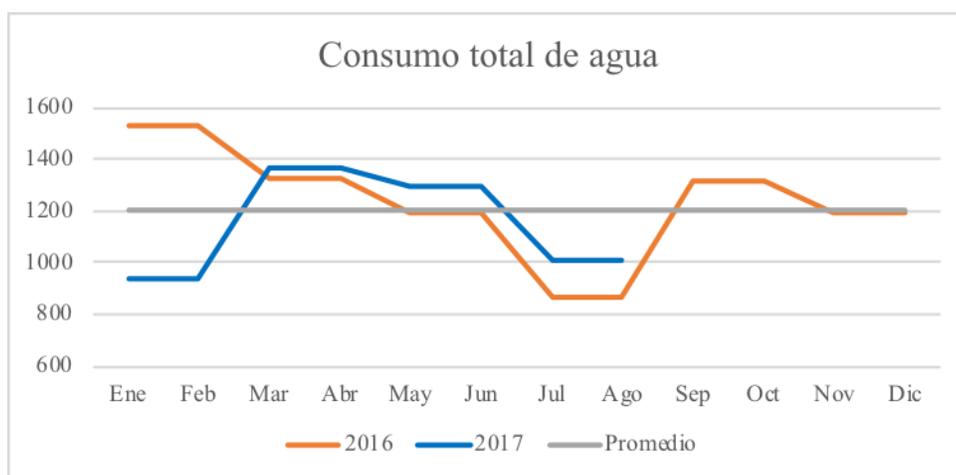


Figura 23. Consumo mensual de agua en m³. Fuente: Elaboración propia

El área que registra el mayor consumo de agua según la figura 24 es el edificio administrativo, seguido por la biblioteca con un promedio mensual de 130,125 m³ para el primero y para de 436,5 m³ en el segundo período.

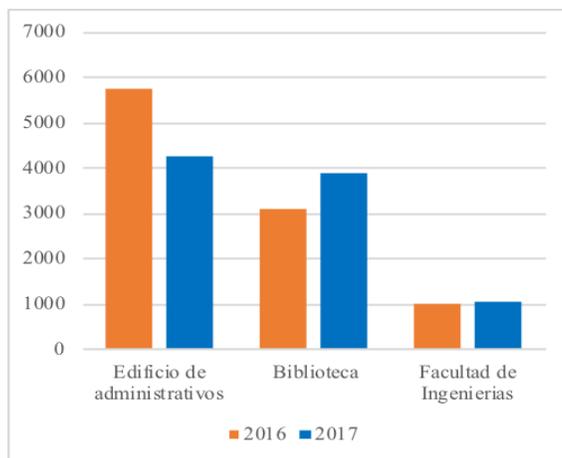


Figura 24. Cantidad de Agua Consumida en m³ por Dependencia. Fuente: Elaboración propia

La cantidad de energía eléctrica consumida en la Unab- Sede El Jardín fue de 1.594.151,4 kW para el año 2016 y para el año 2017 de 1.499.579 kW. Estos datos fueron calculados en base a los primeros 8 meses de los años mencionados, es decir, hasta el mes de agosto 2017. El costo de la energía consumida fue de \$780.838.878 para el año 2016 y de \$707.663.716 para el 2017.

En la figura 25 se evidencia que hubo una disminución considerable de 5,6% de energía de un año a otro, según una entrevista realizada a la profesional de planta física; durante el año 2017 se implementó un replazo de bombillas por ahorradoras LED. Además, se ha logrado aprovechar al máximo la energía natural, realizando una mejor distribución de los espacios y ubicación de los equipos.

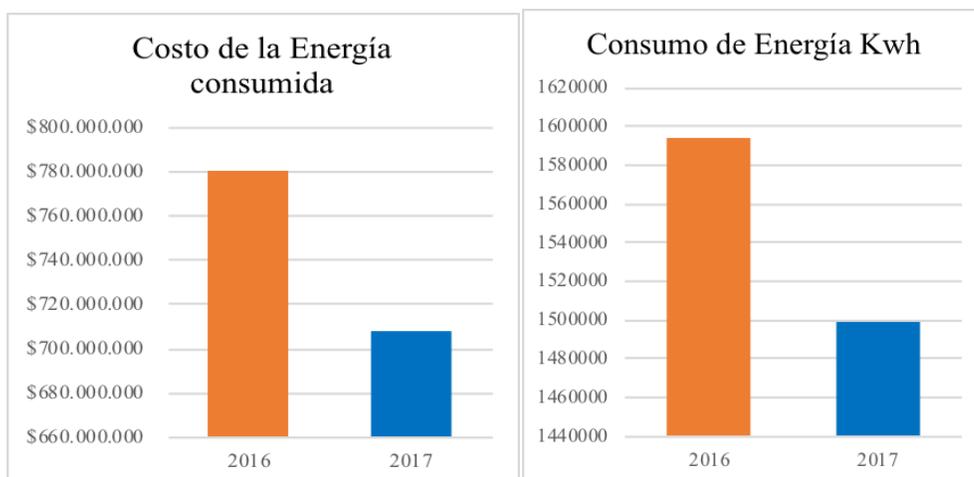


Figura 25. Valor mensual facturado para el servicio de energía y consumo de energía eléctrica.
Fuente: Elaboración propia

El consumo energético mensual se evidencia en la figura 26, teniendo el menor consumo en los meses de enero, junio, julio y diciembre para los dos años. Lo cual indica un comportamiento similar en los periodos analizados, pero con un consumo inferior entre año

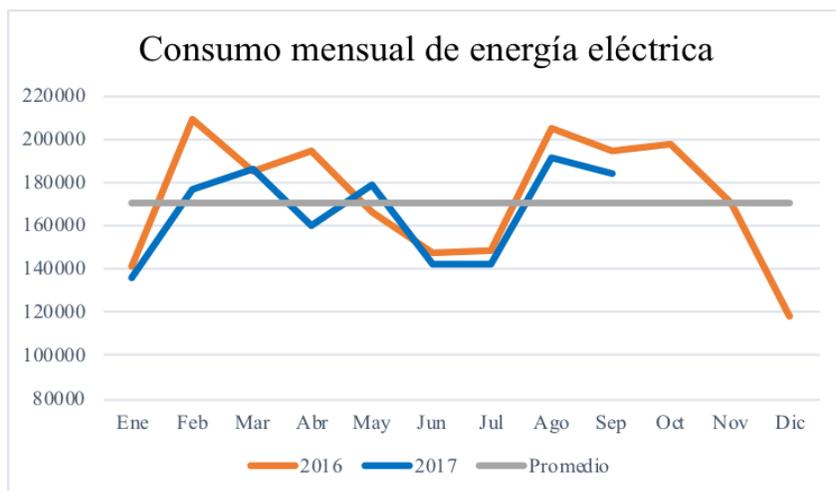


Figura 26. Consumo mensual de energía eléctrica para 2016-2017. Fuente: Elaboración propia

En lo atinente a precipitaciones, la zona en la que se encuentra ubicada la UNAB, se considera de alta humedad con un promedio de 80,61% de humedad relativa, la temperatura promedio es de 23,32°C, la velocidad del viento promedio es de 1,61 km/h y mensualmente en promedio llueve mínimo 5 días y máximo 20 días. Estos datos fueron extraídos de la estación meteorológica de la UNAB-Sede El Jardín y fueron analizados por el software Weatherlink 6.0.3 y la herramienta de Microsoft Excel.

Proyectos de Gestión Ambiental

Según el diagnóstico del ítem anterior, los proyectos que se reconoce podrían técnicamente ser viables para su ejecución en la Universidad Autónoma de Bucaramanga son: Techos verdes, Recolección de Aguas Lluvias y Uso de Paneles Solares para la iluminación de la Universidad Autónoma de Bucaramanga sede El Jardín. A continuación, se hará un análisis de aspectos técnicos para cada uno de los proyectos

Reutilización de aguas lluvias. Para el análisis técnico, se hizo necesaria la información de los planos y el consumo total de agua; la Jefatura del área de Planta Física, reconoció que la Universidad Autónoma de Bucaramanga sede El Jardín, no cuenta con los planos hidro sanitarios, lo que generó grandes dificultades en la ampliación de la cobertura del proyecto; por otra parte, se han adecuado las instalaciones sanitarias de la Universidad, incorporando nuevas tecnologías, con el ánimo de lograr ahorros en el consumo del agua.

Por la falta de planos hidro sanitarios, la adecuación de nuevas tecnologías amigables con el medio ambiente, y los bajos niveles de precipitaciones en la ciudad, se

decide enfocar el proyecto ambiental “Reutilización de Aguas Lluvias” para suplir sólo las necesidades de riego de la Universidad.

En promedio la Universidad consume 1203,5 m³, notificando que su máximo consumo se encuentra para los meses de marzo y abril y el mínimo consumo promedio se encuentra en los meses de julio y agosto (Ver fig. 27). La empresa encargada de suministrar el servicio de agua potable a las 13 dependencias de la UNAB sede El Jardín, es el acueducto metropolitano de Bucaramanga, AMB.

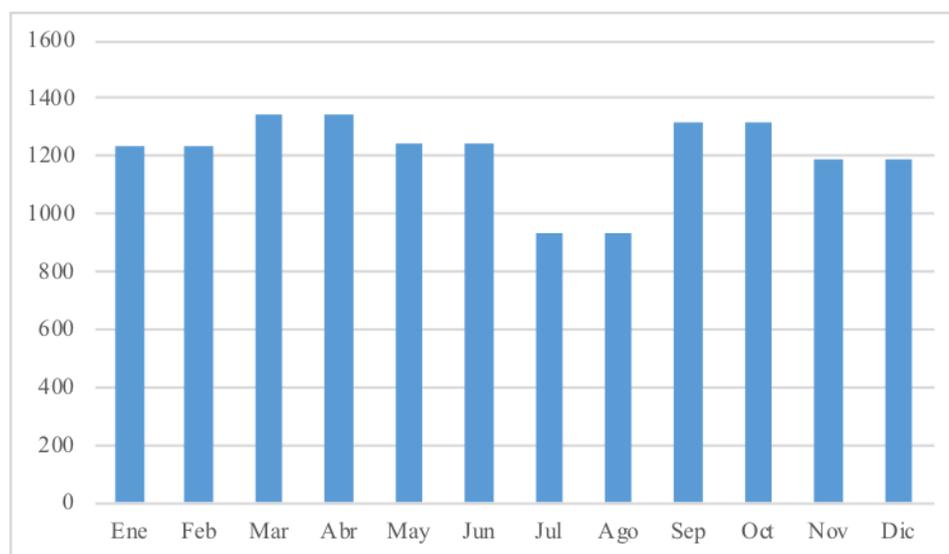


Figura 27. Consumo de agua en m³ de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, Sede Jardín.
Fuente: Elaboración propia

Según datos prenotados, acordes con el nivel de pluviosidad, la demanda de agua para riego, tiene su máximo consumo en el mes de enero seguido por el mes de diciembre con un 71% y 68% de la totalidad de consumo anual, respectivamente (ver Fig. 28) Siendo

enero y diciembre los meses donde Colombia se encuentra en verano y por tal motivo, la universidad intensifica cada dos días la labor de riego.

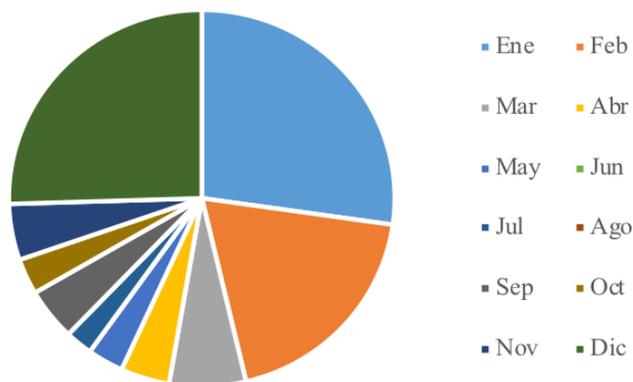


Figura 28. Consumo porcentual de agua en riego. Fuente: Elaboración propia

Análisis pormenorizado de la demanda de agua para riego en la UNAB Sede El

Jardín. Una vez identificadas las variables que se estudiarán, se procedió a realizar las mediciones de la cantidad de agua consumida; como se mencionó solo se consideró solo la labor de riego de las zonas verdes de la UNAB sede El Jardín.

Para el análisis de consumo de agua para riego, se tomó la observación de la actividad de uno de los jardineros, El trabajador realiza la tarea cada dos días cuando es verano, con una duración aproximada de 3 horas al día; en otra parte hay otro trabajador que está realizando la misma labor, puede ser al mismo tiempo o no, en otras partes de la Universidad, de forma tal que se pueda cubrir todo el máximo de área posible para el riego de las zonas verdes.

Por otro lado, se tiene el número de veces que llueve mensualmente en la zona, según la información recolectada por la estación meteorológica de la UNAB. Los datos

recopilados, obedecen a los años comprendidos entre el año 2013 y 2017 (Ver Tabla 6). Se encontró que los meses en donde las lluvias son menores son diciembre, enero, y febrero. Si se considera que en Colombia existen solo dos estaciones: la húmeda y la seca y para estos meses se considera que la estación es seca o de verano, razón por la cual se intensifica las labores de riego en la Universidad.

Tabla 6.
Lluvia promedio mensual en la UNAB sede El Jardín.

Mes	2013	2014	2015	2016	2017	Promedio mensual
Enero	2	8	1	8	6	5
Febrero	4	10	6	2	8	6
Marzo	7	9	14	17	23	14
Abril	6	20	14	17	18	15
Mayo	10	15	12	23	18	16
Junio	16	18	16	29	19	20
Julio	11	12	15	25	23	17
Agosto	23	19	20	20	18	20
Septiembre	18	7	16	16		14
Octubre	13	15	11	12		13
Noviembre	12	8	13	29		16
Diciembre	4	3	3	14		6

Fuente: Estación meteorológica de la UNAB sede El Jardín

Los datos de la tabla 1, soportan la definición del número de días en que se realizará el riego, considerando que hay dos personas que atienden los jardines y que cada trabajador realiza la labor de riego durante 3 horas, en días intermedios, descansando tan sólo los días domingos y festivos.

Adicionalmente, los señores jardineros usan una manguera de ½ pulgada (inch.), con una llave de salida cuyo caudal es de 9,33 m³/h, dato que fue logrado con el método

volumétrico, el cual consiste en tener un recipiente con volumen conocido, en el cual se realizó la recolección del agua, anotando el tiempo que tomó su llenado.

A partir de lo anterior, se realizó el cálculo del número promedio mensual de horas que toma la tarea de riego (Ver tabla 7). Se reconfirma que los meses que más se requieren horas de riego, son los de tiempo seco o verano.

Tabla 7.

Número de horas requeridas para riego en concordancia con los días de lluvia.

Mes	2013	2014	2015	2016	2017	Promedio Horas
Enero	63	27	69	27	39	45
Febrero	42	6	30	54	18	30
Marzo	33	21	0	0	0	11
Abril	36	0	0	0	0	7
Mayo	15	0	3	0	0	4
Junio	0	0	0	0	0	0
Julio	6	0	0	0	0	1
Agosto	0	0	0	0	0	0
Septiembre	0	30	0	0		7
Octubre	0	0	9	3		3
Noviembre	0	24	0	0		6
Diciembre	51	57	57	0		41

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta la tabla 7 y el volumen del caudal del agua, se halla la demanda mensual de agua usada para la tarea de riego (Ver tabla 8). Para el mes de enero, se registra un consumo aproximado de 397,25 m³, siendo el mayor registro del año, seguido del mes de diciembre con un consumo de 364,16 m³. En contraste, los meses que la Universidad no consume agua para riego, por las altas precipitaciones, son junio y agosto.

Tabla 8.
Demanda mensual de agua para riego.

<i>Mes</i>	<i>Hora Mensual</i>	<i>Caudal m³/hr</i>	<i>Demanda m³</i>
Enero	45	9,63	433,37
Febrero	30	9,63	288,88
Marzo	11	9,63	103,99
Abril	7	9,63	69,33
Mayo	4	9,63	34,64
Junio	0	9,63	0,00
Julio	1	9,63	11,52
Agosto	0	9,63	0,00
Septiembre	7	9,63	72,22
Octubre	3	9,63	28,85
Noviembre	6	9,63	57,75
Diciembre	41	9,63	397,27

Fuente: Elaboración propia

Análisis de la oferta. Con la estimación de la demanda de agua para riego en la UNAB sede El Jardín, se procede a realizar el análisis de oferta hídrica a partir de la recopilación de información concerniente a precipitaciones intermensuales, cuyo origen son los reportes de la estación meteorológica que se encuentra en la Universidad.

Se cuenta con los datos sobre las precipitaciones desde el año 2013 hasta el mes de septiembre del año 2017. A partir de estos registros, se construyeron los promedios mensuales históricos; valores que fueron multiplicados por el área de las cubiertas que se usarían para captar las aguas lluvias. En la selección de las cubiertas, se hizo necesario escoger aquellas que estuvieran aisladas de árboles y libres de cualquier material que arrojase residuos contaminantes. Por esta razón, fueron escogidas las cubiertas localizadas

en el área del edificio administrativo, el auditorio mayor, la ubicada en el bloque D y la plazoleta central, que en su totalidad cuentan con un área total de 3.000 m².

El área es suficiente para suplir la demanda de 10 de los 12 meses del año, en concordancia con el análisis, anotado de manera previa que reportan que los meses de diciembre, enero, y febrero son los meses de menores niveles de precipitaciones y por tanto hay poca oferta de agua (Ver tabla 9).

Tabla 9.
Oferta mensual de agua.

Mes	precipitación promedio mensual (m ³)	Coefficiente de escorrentía	Área de captación (m ²)	Oferta de agua en el mes "i" (m ³)
Enero	13,92	0,8	3000	33,40
Febrero	33,27	0,8	3000	79,86
Marzo	53,34	0,8	3000	128,02
Abril	68,43	0,8	3000	164,23
Mayo	67,01	0,8	3000	160,82
Junio	55,06	0,8	3000	132,15
Julio	68,73	0,8	3000	164,96
Agosto	89,15	0,8	3000	213,97
Septiembre	49,28	0,8	3000	118,26
Octubre	76,58	0,8	3000	183,80
Noviembre	52,01	0,8	3000	124,81
Diciembre	4,19	0,8	3000	10,06

Fuente: Elaboración propia

Inicialmente se consideró la posibilidad de tener un tanque que tuviera la capacidad para cubrir la totalidad de la demanda de los meses con menores precipitaciones; para este escenario se requería un tanque con capacidad de 400 m³., según el análisis de las

precipitaciones, el tanque se llenaría solo 3,79 veces al año, siendo ineficiente el uso del activo (Ver tabla 10). Por otro lado, según los estudios de suelo que fueron entregados por la Universidad, el sector donde se ubicará el tanque tiene un nivel freático muy alto y es una zona muy rocosa, lo cual encarece los costos de su construcción ya que el diseño requiere de unas adecuaciones y cuidado especiales con las edificaciones aledañas (Ver anexos 5 y 7).

Tabla 10.

Veces de llenado anual para un sistema de almacenamiento de agua de 400 m³

Mes	Consumo de agua total [m ³]	Demanda estimada para riego [m ³]	Caudal recaudado de acuerdo a volumen de precipitación [m ³]	Capacidad de almacenamiento del tanque [m ³]	Veces de llenado anual
Total	14234	1463,10	1514,33	400	3,79

Fuente: Elaboración propia

Después se realizó el análisis usando solo 3 tanques de almacenamiento de agua con capacidad de 20 m³ y dimensiones de 2,89 m de altura x 3 m de diámetro. Este escenario es técnicamente viable para su ejecución, ya que cuenta con el espacio para ubicar los tanques y sus adecuaciones no requieren de ningún reforzamiento adicional al peso del tanque; así, el sistema se usaría 25,24 veces al año (Ver tabla 11).

Tabla 11.*Veces de llenado anual para un sistema de almacenamiento de agua de 60 m³*

Mes	Consumo de agua total [m ³]	Demanda estimada para riego [m ³]	Caudal recaudado de acuerdo a volumen de precipitación [m ³]	Capacidad de almacenamiento del tanque [m ³]	Veces de llenado anual
Total	14234	1463,10	1514,33	60	25,24

Fuente: Elaboración propia

Al tener los datos de la demanda vs la oferta, se encuentra que el volumen óptimo del tanque de almacenamiento de agua, sería de 40 m³, debido a que el tanque se usa 37,86 veces al año. Este volumen se tendrá con la instalación de 4 tanques de 10 m³ cada uno, cuyas dimensiones son 2,40 m de altura x 2,32 m de diámetro según el sector seleccionado, ubicado atrás del auditorio mayor, donde se cuenta con el espacio requerido para el montaje de todos los tanques y su adecuación en este sería muy sencillo ya que no se requiere de ningún reforzamiento especial en las estructuras (Ver tabla 12).

Tabla 12.*Cantidad de veces de llenado de un tanque de 40 m³ anual*

Mes	Consumo de agua total [m ³]	Demanda estimada para riego [m ³]	Caudal recaudado de acuerdo a volumen de precipitación [m ³]	Capacidad de almacenamiento del tanque [m ³]	Veces de llenado anual
Total	14234	1463,10	1514,33	40	37,86

Fuente: Elaboración propia

El sitio para la instalación de los tanques fue seleccionado por la profesional de Planta Física ya que este espacio tiene el área suficiente para la ubicación del tanque en mención. El sitio está ubicado al respaldo del auditorio mayor como se evidencia en la Figura 29 (ver anexo 4). El agua lluvia ingresará al tanque por gravedad y posteriormente será distribuida a cada uno de los puntos de conexión por medio de una motobomba de 3 HP.

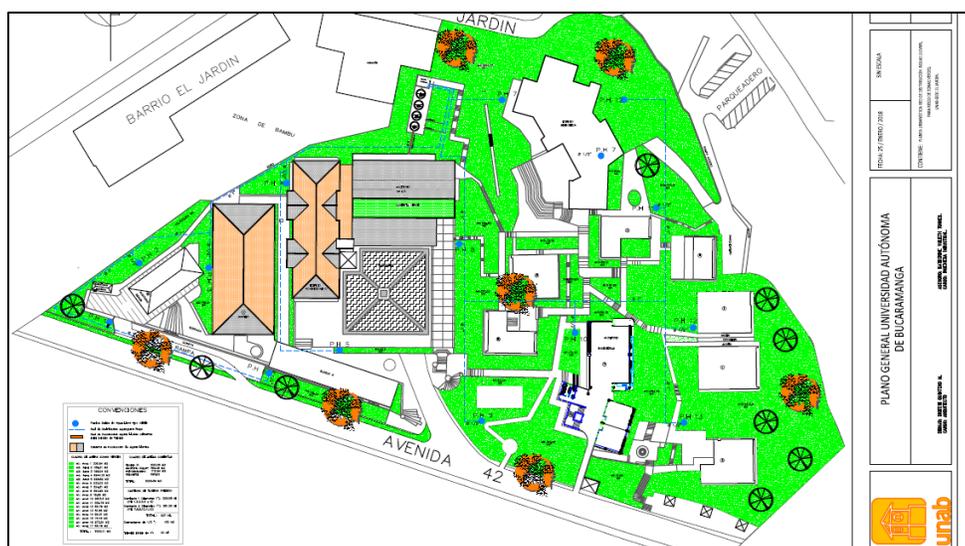


Figura 29. Plano UNAB sede El Jardín con ubicación del tanque de almacenamiento de agua y puntos de conexión. Fuente: Elaboración propia

Beneficios de la reutilización de aguas lluvias. A nivel ambiental, habría una disminución en el uso de agua potable y el aprovechamiento de aguas lluvias que son vertidas a la cañerías del sector y no se da un uso que beneficie a la universidad y al medio ambiente, puesto que muchas de estas aguas terminan contaminadas con basura, aceites, químicos, bacterias, metales pesados, y en algunos casos con las aguas negras; esto

deteriora gravemente su calidad; así se puede anticipar que con este proyecto se daría un uso adecuado a las aguas de lluvia para el riego de la universidad en momentos de sequía. El porcentaje promedio anual de captación de aguas lluvias es de un 10% que equivale a 1.439,37 m³ siendo enero, febrero y diciembre los meses más secos y por tal motivo se requiere recolectar agua debido a que Colombia se encuentra en un estado de sequía y en los demás meses, se evidencia que se intensifica la lluvia (ver tabla 13) y por la alta humedad del sector se evita hacer riego constantemente.

Tabla 13.

Porcentaje de la demanda estimada para riego con respecto al consumo promedio mensual total

Mes	Consumo promedio de agua mensual total [m ³]	Demanda de agua estimada para riego [m ³]	Porcentaje de demanda para riego
Enero	937	398,65	43%
Febrero	939	288,88	31%
Marzo	1367	103,99	8%
Abril	1367	69,33	5%
Mayo	1297	34,64	3%
Junio	1297	0,00	0%
Julio	1008	11,52	1%
Agosto	1008	0,00	0%
Septiembre	1318	72,22	5%
Octubre	1318	28,85	2%
Noviembre	1189	57,75	5%
Diciembre	1189	397,27	33%

Fuente: Elaboración propia

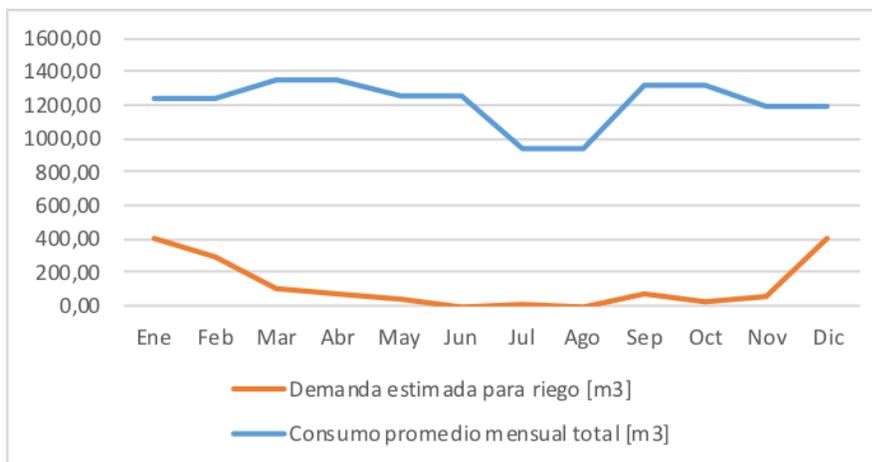


Figura 30. Consumo de agua total Vs Consumo de agua para riego. Fuente: Elaboración propia

A nivel económico, se puede encontrar que el proyecto de captación de aguas lluvias ahorra en promedio un 10% anual de lo que se consume de agua. La tabla 14, muestra mes a mes a cuánto ascendería el beneficio de acuerdo al costo por consumo de agua. Encontrando que en los meses de junio a agosto no se usa aguas lluvias, debido a que son meses que llueve con mucha frecuencia evitando que los jardineros hagan riego y por tal motivo no se hace uso de agua potable.

Tabla 14.
Valor de ahorro en el consumo de agua para riego.

Mes	Valor anual facturado por servicio de agua ^b	Porcentaje de ahorro	Valor de Ahorro
Enero	\$ 6.859.199	43%	\$ 2.918.271
Febrero	\$ 6.914.768	31%	\$ 2.127.297
Marzo	\$ 8.977.985	8%	\$ 682.988
Abril	\$ 8.977.911	5%	\$ 455.363
Mayo	\$ 13.988.600	3%	\$ 373.592
Junio	\$ 6.900.527	0%	-
Julio	\$ 7.424.110	1%	\$ 84.853

Agosto	\$	7.424.958	0%	\$	-
Septiembre	\$	7.713.604	5%	\$	422.667
Octubre	\$	8.340.601	2%	\$	182.568
Noviembre	\$	7.839.861	5%	\$	380.765
Diciembre	\$	7.934.420	33%	\$	2.651.046
Total	\$	99.296.542	11%^a	\$	10.279.410

^a Es el valor promedio del porcentaje de ahorro

^b Valor mensual facturado en el recibo del servicio del agua

Fuente: Elaboración propia

A nivel social, el agua es un recurso muy apreciado puesto que sin ella no habría vida. Debido al mal uso del agua y por factores tales como la deforestación masiva en el planeta, el agua escasea progresivamente lo cual significa que en un futuro no muy lejano, el sistema de captación de agua de lluvia será un mecanismo de sobrevivencia necesaria. La implementación del proyecto lleva a que las personas tomen conciencia del cambio climático que afecta a todos y que al mismo tiempo entreguen servicios a la sociedad, aprovechando el agua de lluvia en vez de contaminarla y desperdiciarla de forma innecesaria.

A nivel político, La Universidad Autónoma de Bucaramanga, a partir de la Ley 373 de 1997 Art. 3 puede solicitar la inclusión de los programas de uso eficiente del recurso hídrico y de aprovechamiento de aguas lluvia dentro de las prácticas establecidas en dichas directrices. Como la presidencia de la república, el Decreto 3102 de 1997 "Por el cual se reglamenta el artículo 16 de la Ley 373 de 1997(1) en relación con la instalación de equipos, sistemas e implementos de bajo consumo de agua"

El Ministerio del Medio Ambiente en la Resolución 493 de 2010, referente a la Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento Básico- CRA. Por medio de la cual se adoptan medidas para promover el uso eficiente y ahorro del agua potable y desincentivar su consumo excesivo.

Uso de paneles solares. Dentro de las investigaciones realizadas en el Programa de Ingeniería en Energía, se encuentra el estudio de factibilidad para implementar paneles solares para el consumo total de la universidad, hallando que la Universidad no tiene el área suficiente que reciba directamente los rayos solares, debido a que muchos de ellos están limitados por la sombra de los árboles. Por tal motivo, pensar en cubrir toda la demanda del consumo energético no es viable; para este estudio se decide cubrir solo parte de la demanda de iluminación de la Universidad Autónoma de Bucaramanga sede El Jardín.

Con la información suministrada en las facturas de energía de enero del 2016 a septiembre del 2017, por Gestión Financiera, se encontró que en promedio se consumen 170449, y 1143 kW y que el máximo consumo se registra en los meses de agosto y el mínimo consumo se encuentra en el mes junio (Ver fig. 31), coincidente con las vacaciones estudiantiles de mitad de año.

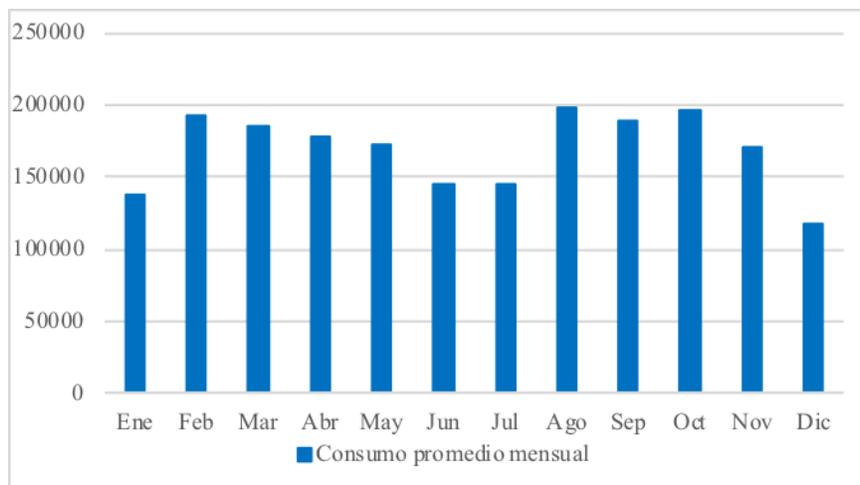


Figura 31. Consumo mensual de energía. Fuente: Elaboración propia

En la figura 32 se puede ver el comportamiento promedio de la energía durante un día, teniendo su máximo consumo a las 10 am y a las 3 pm, además se evidencia que el consumo diario de iluminación es el 13,4% del consumo energético total diario de toda la Universidad. Lo anterior permitirá identificar las horas en que se utilizará la capacidad máxima de los paneles solares.

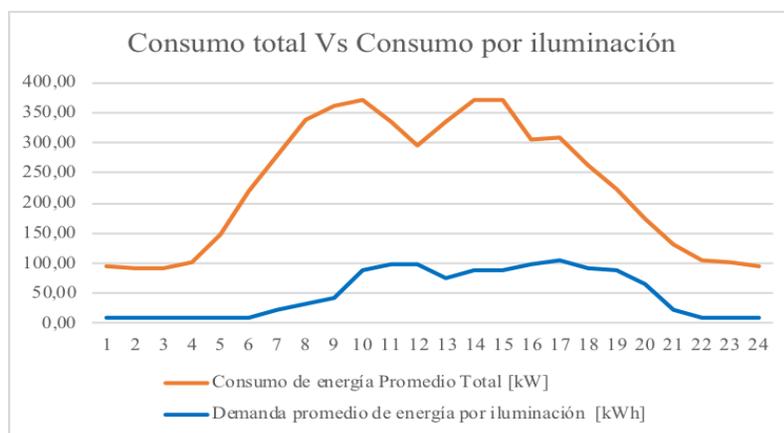


Figura 32. Consumo promedio diario de energía en la UNAB sede El Jardín. Fuente: Elaboración propia

Aún se conservan bombillas que tienen una potencia que se puede disminuir a la mitad de lo que se consume por hora si se usa tecnología LED. Según una entrevista a la profesional de planta física, las bombillas se van cambiando a esta nueva tecnología en la medida que ya no sirvan. La potencia de bombillas que se pueden cambiar son 58,726 kW que equivale a un total de 2052 bombillas fluorescentes de diferentes tipos y tamaños.

Tabla 15.

Tipo de bombillas que usa la UNAB en la sede El Jardín.

Tipo de Bombilla	Capacidad W/h	Cantidad
Bala Led	1, 3, 6, 9, 12, 16, 18, 20, 24	529
Ahorradores	3, 6, 20, 22, 30, 65, 22	159
Bala Cuadrada	8	6
Bombilla	65	2
Bombillo Led	9, 12	110
Incandescentes	80	8
Metelar	6	6
Mercurio	400	2
Panel 30x90 L	30	12
Panel 60x60 L	24	189
T12 tipo fluorescentes	54	50
T5 tipo fluorescentes	16, 28	66
T8 tipo fluorescentes	9, 12, 16	4243
T8 tipo LED	16, 36	1780

Fuente: Elaboración propia

La dependencia que más consume energía por iluminación es el bloque L, seguido por las dependencias administrativas (Ver fig. 33), en ambos sitios, aún se puede encontrar que el 35% de bombillas que hay en estas dependencias son bombillas fluorescentes que pueden sustituirse por luminarias tipo LED que ahorran, en promedio, la mitad del consumo.

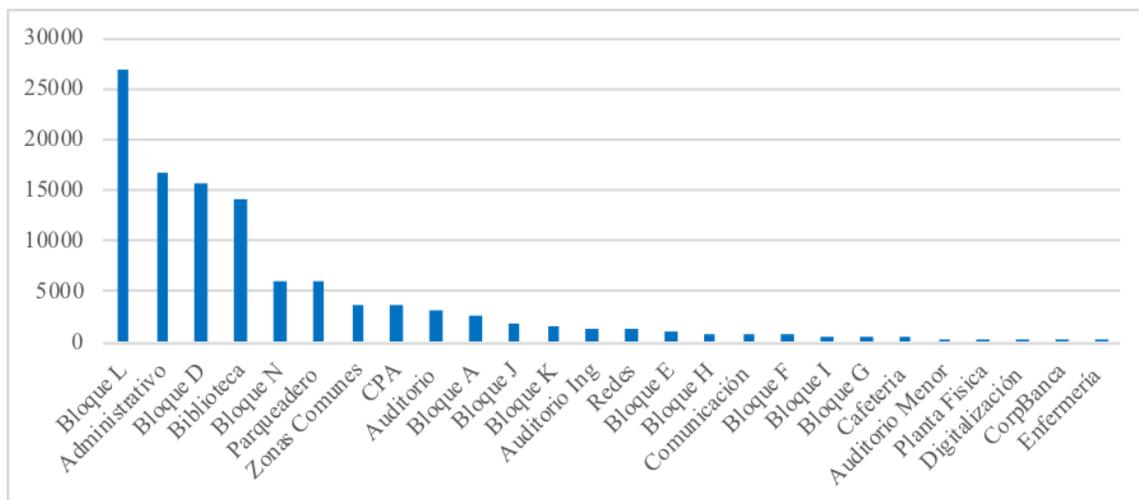


Figura 33. Consumo de energía luminaria por dependencia. Fuente: Elaboración propia

Análisis de la demanda energética. Para el análisis de la demanda se recolectó información con admisiones para identificar la hora promedio de uso de cada uno de los espacios que hay en la UNAB sede El Jardín como son: Salones, oficinas, pasillos, baños y los lugares no regulares como los auditorios (Ver tabla 16).

Para establecer las horas para cada día de la semana se clasificó en horas de uso para día ordinario y horas de uso para día vacacional, considerando días vacacionales, los días que no se registran alumnos tomando clase y día ordinario, en lo que la mayoría de los usuarios UNAB frecuentan el campus. Esta frecuencia de usuarios se halló por el consumo de energía, siendo menor para los meses de enero, junio, julio y diciembre.

Tabla 16.*Horas promedio de uso diario de cada uno de los espacios*

Espacios	Día ordinario		Día vacacional	
	Lunes- Viernes	Sábado	Lunes- Viernes	Sábado
	Horas	Horas	Horas	Horas
Salones	12	8	8	5
Oficinas	8	4	6	3
Pasillos	4	3	4	3
Baños	6	6	4	4
Zonas comunes	10	10	10	10
No Regular	4		2	

Fuente: Elaboración propia

Con las horas promedio de uso de los espacios, se procedió a identificar la potencia en kW de esos puntos. Lo anterior se calculó a partir de la cantidad de bombillas instaladas en cada lugar, lo cual multiplicado por la potencia en kW tiene como resultado la totalidad que se consume por espacio (Ver fig. 34).

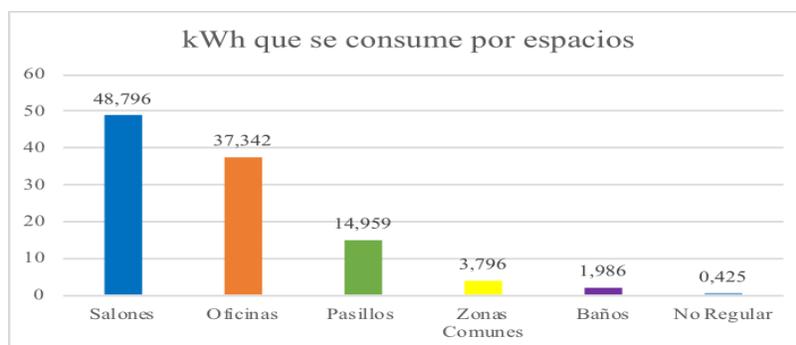


Figura 34. Potencia en kW que se consume por espacios dentro de la universidad. Fuente: Elaboración propia

Con la información anterior se halló el consumo promedio de potencia mensual para cada uno de los espacios (Ver tabla 17), considerando la baja frecuencia de usuarios UNAB en los meses de enero, junio, julio y diciembre y por tal razón el menor consumo de energía registrado.

Tabla 17.

Consumo promedio mensual de potencia [kWh] para cada uno de los espacios.

Mes	Salones	Oficinas	Pasillos	Baños	No regular	Zonas Comunes	Total
Enero	9418	5265	1481	207	111	987	17468
Febrero	13858	6871	1436	298	106	949	23518
Marzo	15029	7468	1556	322	115	1025	25515
Abril	14248	7020	1481	310	111	987	24157
Mayo	14444	7170	1496	310	111	987	24516
Junio	9564	5377	1496	207	111	987	17741
Julio	8198	4705	1257	167	89	797	15213
Agosto	15029	7468	1556	322	115	1025	25515
Septiembre	14444	7170	1496	310	111	987	24516
Octubre	14248	7020	1481	310	111	987	24157
Noviembre	14444	7170	1496	310	111	987	24516
Diciembre	9808	5489	1541	214	115	1025	18192

Fuente: Elaboración propia

Análisis de la oferta. Para saber la cantidad de energía de la que se dispone, una vez lograda la ubicación específica del lugar y los cambios que se producen según la ubicación geográfica, la producción de energía se ve afectada por las condiciones meteorológicas.

Por tal motivo para el diseño es importante tener valores promedios de irradiación solar, tomados en una estación con equipos especializados; dichos datos fueron tomados del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), El cual

proporcionó datos de radiación solar bastante precisos debidos al registro de una estación meteorológica Nomundo Automatic (Ver tabla 18).

A continuación se muestra la información obtenida de la base de datos del IDEAM:

Tabla 18.
Radiación solar por hora

Horas	W pH/m ²	Horas	W pH/m ²
0:00:00	0,00	12:00:00	625,84
1:00:00	0,00	13:00:00	569,77
2:00:00	0,00	14:00:00	534,63
3:00:00	0,00	16:00:00	284,15
4:00:00	0,00	17:00:00	147,58
5:00:00	0,00	18:00:00	37,66
6:00:00	2,16	19:00:00	0,13
7:00:00	57,50	20:00:00	0,00
8:00:00	199,82	21:00:00	0,00
9:00:00	391,12	22:00:00	0,00
10:00:00	554,79	23:00:00	0,00
11:00:00	634,75		

Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)

Para establecer la cantidad de paneles que se van a instalar se procedió a identificar las áreas en donde la radiación solar incide directamente, encontrando que las cubiertas del bloque D, Auditorio Mayor y el bloque A (ver Fig. 35), cumplían con este requerimiento teniendo un total de 1000 m² disponibles para su uso con un factor de desperdicio estimado del 20%.



Figura 35. Fotos inéditas de las cubiertas de la Unab Sede El Jardín

Los paneles solares tienen un área de 2,5 m² y 320 W pH. De acuerdo a la información anterior se calcula que:

$$\text{Número de paneles} = \frac{\text{Área disponible} * \text{Factor de desperdicio de área}}{\text{Área de panel solar}}$$

$$\text{Número de paneles} = \frac{1000 * 0,7}{2,5} = 282 \text{ unidades}$$

Cada panel tiene una potencia de 320 W pH entonces para las 282 unidades de paneles se tiene disponible 90000 Wh o 90 kWh. Teniendo en cuenta la radiación solar por hora se tiene que según la producción diaria de energía por parte de los paneles para satisfacer la demanda de la iluminación se cubre un total del 78% de la energía en iluminación consumida (Ver Fig. 36).

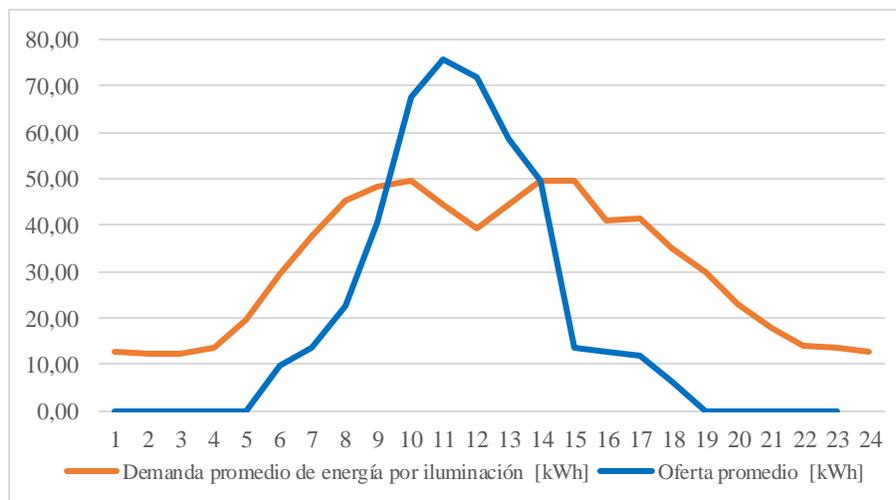


Figura 36. Demanda promedio de iluminación Vs Oferta de generación de energía. Fuente: Elaboración propia

Se contempló la posibilidad de implementar el proyecto de paneles solares con bancos o pilas de energía, pero su resultado no se identificó viable, dado que estos sólo se pueden utilizar cuando se presenten excedentes de energía que puedan ser aprovechadas en almacenamiento; como la demanda total de consumo de energía supera la oferta instalada, no habría excedente de energía que almacenar, por lo que los bancos estarían subutilizados.

Beneficio del uso de paneles solares. A nivel ambiental se encontró que uno de los beneficios asociados al recurso de energía refiere a la conservación saludable del medio ambiente, puesto que este tipo de energía, renovable, no genera sustancias nocivas para la supervivencia de los seres vivos que habitan en el planeta. En la tabla 19 se encuentra el cálculo que indica la disminución promedio anual en el recurso energético siendo este de un 10,11%. Si se llegara a suplir toda la demanda energética por iluminación se ahorraría un

13% del consumo promedio mensual, pero la oferta energética que proporciona los paneles solo cubre el 78% de ese 13% por tal motivo el promedio en ahorro es del 10,11%.

Tabla 19.
Consumo mensual de energía ahorrada

Mes	Consumo promedio mensual [kWh]	Porcentaje de ahorro	Consumo de ahorro mensual [kWh]
2016			
Octubre	197403	8%	16426,72
Noviembre	170419	10%	16671,19
Diciembre	117879	10%	12370,70
2017			
Enero	138934,3	9%	11878,10
Febrero	192962,9	9%	15992,38
Marzo	185780,4	9%	17350,00
Abril	177876,1	10%	16426,72
Mayo	172477	9%	16671,19
Junio	145406	8%	12063,99
Julio	145745	7%	10344,57
Agosto	198195	9%	17350,00
Septiembre	189488,5	9%	16671,19

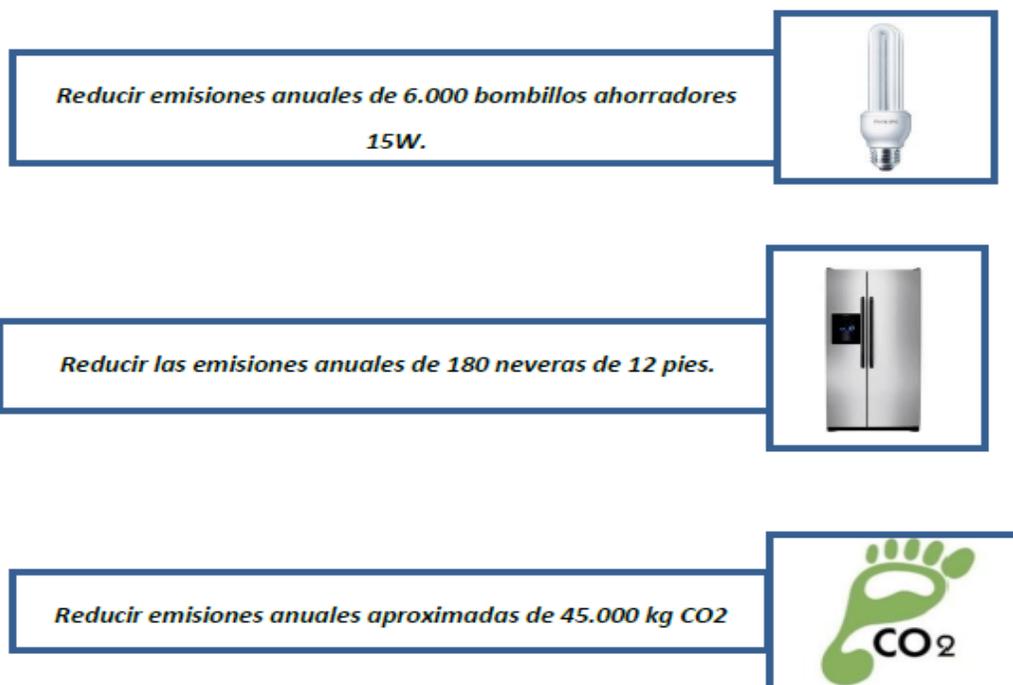
Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, según los factores de emisiones del Ministerio de Minas y Energía se producen 0.2849 kg CO₂ por cada kW-h generado

Balance de Carbón Ton [CO₂]	
Anual	45
Total (25 años)	1125

En este orden de ideas, con la implementación del sistema de generación con paneles solares se reducirá la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) como el Dióxido de Carbono (CO₂), y así se aportaría a la mitigación del calentamiento global.

Con el proyecto actual se podría lograr:



A nivel económico, el implementar paneles solares para suplir parte de la demanda de iluminación de toda la Universidad, se obtendría un ahorro aproximado anual del 10% de la totalidad del consumo de energía que también se verá reflejado en el costo total como se evidencia en la siguiente tabla:

Tabla 20.

Valor mensual de la iluminación de acuerdo al valor facturado del servicio de energía

Mes	Valor mensual del servicio de energía	Porcentaje de iluminación	Valor mensual pagado por iluminación
2016			
Octubre	\$ 89.433.665,21	9,5%	\$ 8.536.579,60
Noviembre	\$ 78.609.526,16	11,2%	\$ 8.820.830,14
Diciembre	\$ 54.667.429,88	12,0%	\$ 6.580.700,98
2017			
Enero	\$ 63.259.990,00	10,0%	\$ 6.326.686,28
Febrero	\$ 83.869.383,00	10,4%	\$ 8.708.372,02
Marzo	\$ 87.749.190,16	10,7%	\$ 9.387.904,18
Abril	\$ 75.163.977,18	11,7%	\$ 8.822.579,29
Mayo	\$ 84.029.234,30	10,7%	\$ 9.000.247,79

Junio	\$ 66.110.297,77	9,7%	\$ 6.404.884,25
Julio	\$ 67.714.367,69	8,3%	\$ 5.636.175,68
Agosto	\$ 92.543.400,00	10,4%	\$ 9.619.802,99
Septiembre	\$ 87.223.875,73	10,4%	\$ 9.028.682,55
Total			\$ 96.873.445,75

Fuente: Elaboración propia

A nivel político se encuentran algunos beneficios tributarios, por ejemplo se puede aplicar a los incentivos tributarios de la Ley 1715 de 2014, descritos a continuación:

- Exclusión de bienes y servicios de IVA. Por la compra de bienes y servicios, equipos, maquinaria, elementos y/o servicios nacionales o importados. Según: Artículo 12 de la Ley 1715 de 2014 y Artículo 2.2.3.8.3.1. del Decreto 2143 de 2015.
- Exención de gravámenes arancelarios. Exención del pago de los Derechos Arancelarios de importación de maquinaria, equipos, materiales e insumos destinados exclusivamente para labores de pre inversión y de inversión de proyectos con Fuentes no Convencionales de Energía (FNCE). Según Ley 1715 art. 13, Decreto 2143 de 2015 Arts. 2.2.3.8.4.1.

Además, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, con la Resolución 186 de 2012, adoptó metas ambientales, que permiten optar por beneficios tributarios en inversiones destinadas a proyectos de disminución del consumo de energía y eficiencia energética.

El ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial con el Decreto 3450 del 2008 Art 1, indica la importancia que los usuarios del servicio de energía eléctrica sustituirán, conforme a lo dispuesto en el presente decreto, las fuentes de iluminación de

baja eficacia lumínica, utilizando las fuentes de iluminación de mayor eficacia lumínica disponibles en el mercado.

Adicionalmente, el Congreso de la República de Colombia en la Ley 697/01 en el Art. 7,9, establece medidas para ahorro y uso eficiente de energía, de la misma manera la Presidencia de la República lo referencia en el Decreto 3683/03 Art. 11, 12

El Ministro de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, con la Resolución 1023 de 2005 indica la importancia de aplicar la Guía de buenas prácticas en uso racional de la energía en el sector de la pequeña y mediana empresa.

Techos Verdes. Inicialmente se solicitó a planta física los planos y las memorias de los cálculos estructurales del auditorio mayor para saber la carga máxima que puede soportar el techo, de acuerdo a la información suministrada, se encontró que hay un estudio estructural del año 2012, que indica que la cubierta seleccionada para ubicar el proyecto soporta 0,45 KN/m² (Ver anexo 6).

La cubierta escogida se encuentra localizada en una de las áreas estratégicas de la UNAB, ubicada en la parte superior del auditorio mayor, por la altura en la que se encuentra la cubierta, permite hacer mejor captación de CO₂, siendo un punto muy reconocido por toda la comunidad UNAB, le permitiría tener publicidad a nivel local, regional, nacional e internacional.

Por otro lado, el tipo de techo verde que se esperaba utilizar en la cubierta es semi-intensivo, el cual tiene como característica un espesor del sustrato de 15 cm, y pesa 18,94 KN/m², serían plantas semi intensivas las cuales no requieren riesgo permanente, ni

cuidados especiales, el tipo de planta específica que se utilizaría, habría de ser seleccionada una vez se formalice la negociación con el proveedor.

De acuerdo con la información suministrada, respecto a la carga que soporta el techo en la actualidad, se encuentra que este en sus condiciones actuales no soportaría la carga que por m² se requiere para la implementación del techo verde.

Beneficios de implementar techos verdes.

Este tipo de inversiones presentan ventajas y desventajas, entre las ventajas están los beneficios derivados del cuidado de la atmósfera, con lo cual se contribuye a revertir el cambio climático. De lograrse la masificación del concepto de techos verdes en la región, liderado por la UNAB, se haría visible lo positivo y cierto del impacto alcanzado en el revertimiento de algunos de los efectos del cambio climático, debido esto a la disminución de temperatura que se puede lograr en las ciudades y a su vez en el planeta. Adicionalmente se contrarrestaría la contaminación del ambiente, ya que se retienen partículas suspendidas, mejorando la calidad del aire y disminuyendo enfermedades causadas por ellas. (Ver Fig. 37).

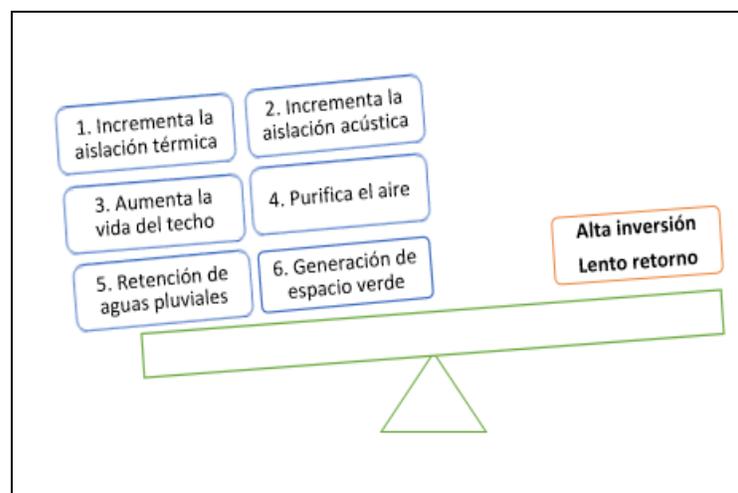


Figura 37. Beneficios de los techos verdes

- Incrementa el aislamiento térmico de las ciudades: para esto se hace necesario el reconocimiento de lo que se denomina el efecto isla de calor, que en las ciudades hace referencia al aumento de temperatura, en especial donde no hay presencia de vegetación, esto como resultado del exceso de edificaciones que han reemplazado las áreas verdes. Es importante recordar que una cubierta de naturaleza asfáltica puede llegar a alcanzar los 70 °C, una cubierta vegetal nunca sobrepasa los 26 °C.
- El efecto de isla de calor, reconoce el aumento de la temperatura registrado en las zonas urbanas, con relación a los alrededores; en ciudades grandes, esta diferencia puede alcanzar hasta los 5°C, siendo la ciudad de México un ejemplo específico que alcanza los 9°C de diferencia (Akbari, 1995). Hoy las zonas urbanas, cuentan con extensas áreas de superficie dura, que absorben radiación solar y reflejan este calor de nuevo hacia la atmósfera (Landsberg, 1981), por su

parte la vegetación, debido a su comportamiento térmico y físico, absorbe el calor y lo utiliza a través del proceso de evapotranspiración, reduciendo la temperatura urbana y el efecto de smog (Akbari y Konopacki, 2005).

- Mejora la eficiencia energética: se reducen considerablemente el consumo energético, se disminuye el consumo de aires acondicionados. Una investigación Canadiense en la ciudad de Ottawa ([National Research Council Canada](#)) observó que un techo verde reducía el calor en verano en un 95% en comparación con una cubierta convencional, que en invierno, se reducía en un 26%. Adicional el consumo de energía por aires acondicionados disminuyó en un 75% por el uso de techos verdes.
- La vegetación sobre las cubiertas es un alto aislamiento térmico, ya que la capa de sustrato funciona como un colchón que no permite que el techo se caliente (Gernot, 2004). En este contexto, las mediciones realizadas a una cubierta verde en Nottingham Trent University, demuestran que mientras la temperatura exterior promedio es de 18.4°C, la temperatura bajo la membrana de un techo normal oscila alrededor de 32°C, bajo la membrana del techo verde la temperatura es de 17°C (Livingroofs. orgy Ecology Consultancy Ltd., 2004). En efecto, los techos verdes reducen el consumo de electricidad por el sistema de aire acondicionado (Wong et al., 2003) hasta en 50% (Akbari, 1995). Además de tener la función de aislador, las cubiertas verdes reducen la temperatura del ambiente por medio de procesos fisiológicos de la vegetación como son la evapotranspiración, la fotosíntesis y la capacidad de almacenar calor de su propia agua (Ver Fig. 38).

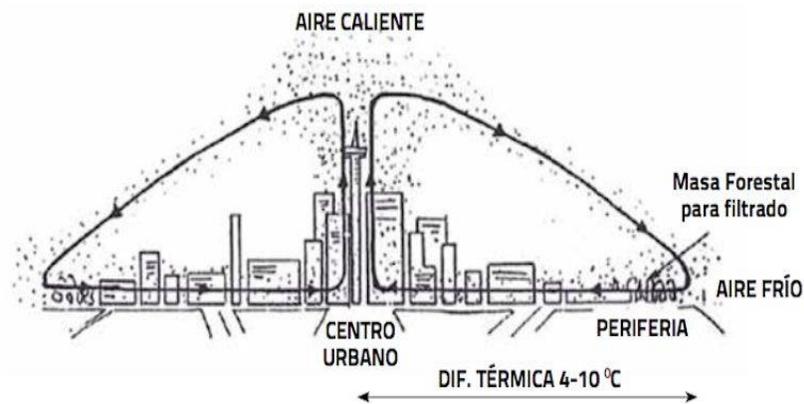


Figura 38. Isla de calor. Fuente: Grupo Técnico de Techos Verdes (Recomendaciones Técnicas para Proyectos de Cubiertas Vegetales)

- Aislamiento acústico y térmico: la combinación de sustrato, plantas y capas de aire dentro del sistema de techo verde, actúan como una barrera de sonido y proporciona una reducción significativa del ruido en el interior del edificio. En las cubiertas verdes, una parte de la onda es absorbida por las plantas y el sustrato, y otra parte es reflejada y desviada (Renterghem y Botteldooren, 2009). En este marco, Renterghem y Botteldooren (2011) investigaron cinco casos de cubiertas verdes, tomando datos antes y después de la instalación de los sistemas, y se llegó a la conclusión de que el aislamiento acústico proporcionado por las cubiertas excede 10 dB. Los investigadores descubrieron que el sustrato bloquea las frecuencias bajas, mientras que las plantas lo hacen con las frecuencias altas. Adicionalmente, el grueso del sustrato es el factor más importante que absorbe las ondas, ya que los mejores resultados fueron registrados en techos con capa de 180 mm. Finalmente, un estudio de Kalzip (citado en

Livingroofs.org y Ecology Consultancy Ltd., 2004) demuestra resultados similares, registrando la reducción promedio del ruido en 8 dB.

- Prolongación de la vida útil de la cubierta: los sistemas de vegetación, ayudan a proteger las cubiertas de fluctuaciones extremas de temperatura, lo que aumenta la durabilidad estructural de la cubierta (Teemusk y Mander, 2009). Con las cubiertas verdes, se puede extender la vida de un techo a 40 años, que es el doble de una cubierta tradicional (Ibáñez, 2008). En Europa, donde la tecnología de techos verdes inicio hace más de 20 años, algunas investigaciones concluyen que las membranas cubiertas por vegetación pueden prolongar la vida del techo hasta 50 años (Roofscapes, 2002 citado en Kosareo y Ríes, 2007) o 60 años (Livingroofs.org y Ecology Consultancy Ltd., 2004).
- Mejora la calidad del aire: pues reduce problemas respiratorios asociados a la mala calidad del aire que afecta principalmente a niños y adultos mayores, esto se presenta por la alta contaminación con presencia de dióxido de carbono, monóxido de carbono, óxido de nitrógeno, monóxido de azufre que están relacionados con enfermedades respiratorias. La contaminación del aire es uno de los principales problemas para la salud humana, los estudios demuestran que la vegetación puede contribuir significativamente a la reducción de la contaminación del aire en las ciudades (Novak, 2006). la vegetación retiene polvo y partículas contaminantes presentes en el aire por medio de la adhesión (Jun, Yu y Gong, 2008) y gracias al efecto de microclima (Jun Yang et al, 2008), demuestran que el nivel anual de retención de los contaminantes del aire en Chicago por hectárea del techo verde es de 85kg. En las ciudades más pequeñas

este resultado oscila alrededor de 0.2 kg por m² por año (Kuhn y Peck, 2003). Además de filtrar las partículas del aire, las plantas captan CO₂ y liberan oxígeno (Li et al., 2010). la investigación de Li et al. (2010) concluyó que en Hong Kong, en un día soleado, un techo verde extensivo puede reducir la concentración de CO₂ en su entorno hasta en un 2%. Otros estudios reportan un 37% de reducción de dióxido de azufre y una reducción de 21% del ácido nítrico (YokTan y Sia, 2005).

- Mejora la gestión de aguas lluvias: una cubierta vegetal posee la ventaja de capturar un gran volumen de agua lluvia, evitando que esta llegue al alcantarillado. Los techos verdes tienen la capacidad de retención de agua, almacenándola en el sustrato, donde es absorbida por las plantas y luego devuelta a la atmósfera mediante el proceso de evaporación y transpiración (Wong et al., 2003; Carter y Keeler, 2008). Los estudios de estos investigadores demuestran que las cubiertas verdes tienen la capacidad de absorber, filtrar, retener y almacenar entre 40 y 80 por ciento de la precipitación anual que cae sobre ellas, dependiendo de la intensidad de las precipitaciones y el tipo y grosor de la capa del sustrato. Una capa de 12 cm, demora hasta 12 horas en comenzar a liberar el agua almacenada durante un evento de lluvia y continúa liberándola durante cerca de 21 horas (Scholz- Barth y Tanner, 2004), lo que ayuda a reducir la tasa de flujo y el volumen del agua en el sistema de alcantarillado (López, 2010). Además de reducir el flujo de agua, los techos verdes retardan la descarga al drenaje, ya que el sustrato necesita tiempo para saturarse (Carter y Jackson, 2007).
- Creación de hábitats: los techos verdes pueden convertirse en hábitat de fauna menor, contribuyendo a la conservación de la biodiversidad en áreas urbanas. Estudios

detallados sobre la relación entre los techos verdes y la biodiversidad han sido realizados desde 1997. Como resultado, la utilidad de las cubiertas verdes para los voladores pequeños ha sido comprobada (Johnston y Newton, 2004). Las cubiertas verdes también proporcionan espacio para anidación de comunidades de aves nativas (Baumann, 2006). El UK Biodiversity Action Plan considera los techos verdes como un importante vínculo entre los hábitats fragmentados que proporciona nuevos espacios para especies raras y protegidas (Currie y Bass, 2010).

Otros beneficios

- **Beneficios físicos y psicológicos:** los techos verdes adquieren beneficios relacionados con relajación, restauración, disminución del estrés y provisión del aire más limpio (Hartig et al. 1991). Samangoei (2006) identifica multitud de casos que demuestran la relación positiva entre las cubiertas verdes y los beneficios psicológicos y físicos para las personas.
- **Beneficios sociales:** los beneficios sociales comprenden la integración del edificio a entornos naturales, las variadas posibilidades de diseño y la utilización del espacio para descanso y esparcimiento (Ibáñez, 2008), el desarrollo de sistemas naturales aumenta la superficie verde en las zonas urbanas y permite utilizar un espacio que actualmente ésta inutilizado. Especialmente los techos verdes intensivos presentan un potencial muy alto para áreas altamente urbanizadas.
- **Reconocimiento y responsabilidad ambiental:** Los techos verdes son fácilmente reconocibles, ya que los edificios que implementan esta tecnología difieren

significativamente de los demás edificios en las áreas urbanas. Por lo tanto, las edificaciones de este tipo reciben un cierto reconocimiento, especialmente en aquellas ciudades donde apenas se están implementando por primera vez. Es usual que los pioneros en instalar cubiertas verdes sean comerciales, como hoteles y empresas grandes, o públicos como universidades. Estos edificios son casos exitosos de responsabilidad socio-ambiental, por lo que reciben publicidad en medios de comunicación local, nacional e internacional. Además del reconocimiento, las empresas privadas e instituciones públicas aprovechan la imagen de responsabilidad socio-ambiental en sus campañas de mercadeo.

- Incremento del valor comercial: la popularidad de los espacios verdes también se refleja en los valores inmobiliarios. Hoy, existen muchas experiencias documentadas, especialmente en Europa, donde las cubiertas verdes proporcionan un valor agregado, aumentando el precio comercial de los edificios, en la mayoría de uso residencial (especialmente torres de apartamentos), oficinas, hoteles, edificios para la recreación y el esparcimiento (Ibáñez, 2008). Fuera de Europa también se ha registrado una dinámica similar. En Tokio, se han comenzado a instalar cubiertas verdes para incrementar el valor del m² en los edificios (Agencia de Protección Ambiental del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, 2009). Finalmente, en los Estados Unidos de América, se ha registrado un aumento en el valor de los edificios con techos verdes entre 6 y un 15% (Johnston y Newton, 2004).
- En lo político: según el decreto 80 del 2016, es necesario proveer zonas de equipamiento comunal privada de la siguiente forma: 10 m² por cada 120 m² de área

netas de construcción en el uso que corresponde a un 40% de zonas verdes y recreativas al aire libre.

En contraste, instalar un m² de cubierta verde extensiva vale entre 180 mil y 200 mil pesos. Según las encuestas y entrevistas hechas a autores, dueños y gerentes de hoteles consideran que el costo de los techos verdes es demasiado alto, a pesar de los beneficios. Así, solamente un 11.1% de los encuestados estaría dispuesto a instalar un techo verde, dado un tiempo de más de 25 años para la recuperación de la inversión. Cabe resaltar que, según los estudios anteriormente citados, la inversión en un techo verde necesita un periodo mínimo de 20 años para recuperarse. Si se les preguntaba, con el periodo reducido a 10 años, recibió aprobación de 55.6% de los encuestados. Finalmente, en el caso hipotético de la recuperación de la inversión en 5 años, todos los hoteleros estarían dispuestos a instalar uno. Este resultado demuestra que el tiempo de recuperación de la inversión es el factor clave para implementación de ésta tecnología a gran escala.

Finalmente, numerosos estudios confirman que los techos verdes pueden ser utilizados como un instrumento factible para la gestión ambiental. Las cubiertas ecológicas proporcionan múltiples beneficios, desde retención de aguas lluvias, ahorro de energía, filtración de partículas contaminantes en el aire y producción del oxígeno, hasta beneficios psicológicos y sociales. No obstante, el alto costo y el largo tiempo de recuperación de la inversión los hacen poco atractivos para los constructores, dueños de edificios o residentes. Según los resultados del estudio, los factores económicos son los que determinan la disponibilidad de los gerentes a instalar los techos verdes y no la preocupación por el medio ambiente, lo cual es el motivo principal en los países líderes en el tema. De ésta manera, los

empresarios estarían dispuestos a adoptar la tecnología bajo la condición del corto tiempo de recuperación de la inversión (menor de 10 años) y mayores beneficios económicos después de este tiempo.

Así mismo, el desconocimiento del desempeño del sistema en condiciones locales hace muy riesgoso implementarlo desde el punto de vista económico. El clima cálido y los largos periodos de sequías pueden afectar la efectividad y el costo de la cubierta verde. Las especies de plantas locales aptas para vivir en condiciones de escasez de agua normalmente requieren una mayor profundidad de sustrato (30- 50 cm.) y en algunos casos un mínimo riego, lo que aumenta no solo el costo de cubierta, sino también su peso. Como resultado, el peso puede impedir la instalación de la cubierta verde sin fortalecimiento estructural del techo.

Evaluación Económica y Financiera.

Para la evaluación económica y financiera, se hizo necesario encontrar empresas expertas para cada uno de los proyectos, que pudiesen proveer los insumos y que estuvieran ubicadas en el área metropolitana de Bucaramanga, a fin de encontrar precios de referencia, que fueran base cierta para la cuantificación de la inversión requerida; de otra parte se realizó búsqueda de bases ciertas desde el punto de vista técnico, para el cálculo de tasas de descuento para proyectos ambientales, y por último identificar la metodología e indicadores más apropiados para la evaluación de esta clase de operaciones.

A continuación se enunciarán los resultados económicos y financieros, obtenidos en las evaluaciones realizadas, para cada uno de los proyectos.

Techos Verdes. La empresa que cotizó este proyecto fue Groncol infraestructura verde. (Ver anexo 1.e).

Inversión inicial. La inversión a todo costo de la implementación de los techos verdes es de ciento ochenta millones quinientos cinco mil veintidós pesos \$180.505.022 m/cte.

Tabla 21.
Inversión inicial para techos verdes

Ítem	Descripción	Inversión
1	Impermeabilización del techo 208 m ²	19.717.599
2	Sistema de cubierta verde	39.295.253
3	Estructura y soporte	87.798.880
4	Administración	17.617.407
5	Imprevistos (5%)	7.340.586
6	Utilidad (5%)	7.340.586
7	IVA	1.394.711
TOTAL		180.505.022

Fuente: Elaboración propia

Beneficio Neto. El ingreso neto inicial que se tendría por implementar el proyecto es dos millones ciento treinta y ocho ochocientos cuarenta y tres pesos \$ 2.138.842 m/cte. a pesos de hoy.

En otra parte se reconoce el ahorro de los bonos de carbono:

Tabla 22.
Ingreso por venta de bonos de carbono

Columna 1	m2	personas	toneladas	%	bonos	\$	TOTAL
Techo verde	208						

1m ² de techo verde = 20% ahorro huella de carbono de 1 persona	208		
Huella de carbono en promedio por habitante por AÑO		4	
Ahorro			20%
Generación de bonos o créditos de carbono con el techo verde			166,4
Valor bono carbono (AJUSTADO CON INFLACIÓN) **No hay valor de mercado actualizado			10.024
valor venta bono carbonos generados por AÑO			1.667.913

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23.

Ahorro en energía por disminución del consumo de aire acondicionado debajo del techo verde

Mes	Ahorro de consumo de energía de aire acondicionado	
2016		
Octubre	\$	50.366
Noviembre	\$	53.196
Diciembre	\$	33.640
2017		
Enero	\$	30.738
Febrero	\$	30.711
Marzo	\$	25.048
Abril	\$	22.798
Mayo	\$	46.927
Junio	\$	33.579
Julio	\$	70.346
Agosto	\$	35.514
Septiembre	\$	24.935
TOTAL	\$	470.929

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24.
Ingreso Neto para proyecto de techos verdes

Opción de ingreso	Porcentaje de ahorro	Ingreso Neto
Opción1. bono carbonos generados por AÑO	20%	\$1.667.913
Opción2 Consumo de energía del aire acondicionado que hay bajo el techo verde	15%	\$470.929,67

Fuente: Elaboración propia

Egreso anual. Este egreso refiere al mantenimiento anual del proyecto siendo de un millón doscientos mil pesos 1'200.000 m/cte. a la fecha inicial.

Análisis financiero. Para este proyecto, se estimaron flujos percibidos a 10, 20, y 30 años, y no se logró la recuperación esperada de la inversión, pues la inversiones requeridas para la puesta en marcha superaron de manera amplia el valor presente de los beneficios que podrían ser alcanzados. Sin embargo, al ser consecuentes con el enfoque ambiental, su implementación no debería estar sujeta de manera exclusiva al uso de recursos propios, pues existen en el mundo, países y organizaciones, dispuestos a pagar por la generación de oxígeno, y por tanto a absorber las inversiones que se hacen necesarias para ello.

No se calcularon indicadores y diferenciales de rentabilidad, pues no aplican en proyectos con estas características y resultados no recuperables, en este mismo sentido no se hace necesario evaluar periodos de recuperación de la inversión.

El proyecto, dadas las condiciones actuales y en términos financieros se rechazaría, ya que no se está alcanzando la rentabilidad mínima que se requiera de la inversión. Adicionalmente, las condiciones anteriores, no consideran las adecuaciones que se hacen necesarias en la cubierta seleccionada, donde se requeriría un refuerzo estructural, que asegurara que la cubierta soportase el peso de 41 toneladas, que correspondiente a los 208 m² de techo verde, esta inversión adicional requiere cálculos realmente especializada, pues se hace necesario el estudio de una firma de ingeniería civil, especializada en cálculos estructurales, que entregue el diseño estructural apropiado.

Tabla 25.
Valoración financiera del proyecto techos verdes

Indicadores	Valor
VPN	-\$ 169.636.140,34
TIR	NA
Tasa de descuento ambiental gamma	3,51%
Tasa marginal	NA
VP Ingresos	\$ 10.868.881,66
VP Egresos	\$ 180.505.022,00
Relación Beneficio/Costo	0,06

Fuente: Elaboración propia

Reutilización de Aguas Lluvias. Las empresas que cotizaron este proyecto fueron Fluidservicios Lamus S.A.S para sistema de 40 m³ y 60 m³, Maquiaguas S.A.S., Verasta S.A.S, Construcciones Naranjo García para el sistema relacionado (Ver anexo 1).

Se evaluaron tres escenarios para su posible ejecución, el primero de ellos intentaría desarrollarse en un sistema de recolección y almacenamiento con la construcción de un tanque de hormigón de gran capacidad, que permitiría satisfacer toda la demanda de riego

para los meses más críticos como lo son los meses de enero y diciembre, este sistema de almacenamiento de 400 m³, exigía la mayor inversión inicial, y no guardaba lógica con el nivel de pluviosidad de la zona, dejando buena parte de la capacidad instalada subutilizada con la proyección de beneficios, esta no era recuperable en un horizonte de 10 años, pues el valor presente de los egresos (inversión total requerida), superaba por mucho el valor a pesos de hoy de los beneficios obtenidos. De acuerdo con lo anterior, indicadores como la Relación Beneficio Costo, pierden lógica en su cálculo y los de Rentabilidad lograban sólo resultados negativos en su cálculo.

En un segundo escenario, se evaluó un sistema de almacenamiento de 60 m³, cuya inversión inicial era inferior al primer escenario contemplado, más superaba ostensiblemente (23%) al que más adelante se reconocerá como elegible, sin que ello declarara beneficios marginales con su ejecución. Por las anteriores razones, este escenario tampoco se consideró viable, bajo un análisis económico y financiero, pues los resultados de los beneficios que podrían ser recibidos, no tenían la capacidad de recuperar la inversión a realizar (Ver anexo 3.a).

Teniendo en cuenta lo anterior, se hizo necesario, un tercer escenario, donde se disminuiría en un 23% el valor de la inversión frente al anterior, en este se implementaría un sistema de captación de agua y realizaría almacenamiento de 40 m³, y es este último el que logra viabilidad y conveniencia en la inversión.

Inversión inicial. La inversión inicial del tercer escenario consta de 4 ítems, enumerados en la tabla 32 para dar un total de cincuenta y seis millones cuatrocientos novecientos veinte mil ochenta y un pesos m/cte. \$ 56.920.081,00

Tabla 26.
Inversión inicial para un sistema de 40 m³

Ítem	Descripción	Inversión
1	Red hidráulica, red de aguas lluvias	\$15.231.781,83
2	Tanque de agua	\$15.200.000,00
3	Adecuación	\$20.718.300,00
4	Bomba + Cuarto de máquinas	\$5.770.000,00
	TOTAL	\$56.920.081

Fuente: Elaboración propia

Ingresos anuales. La base de los beneficios futuros del escenario, tiene origen en el ingreso equivalente al menor egreso que se estima en el consumo de agua para la UNAB, este dato fue calculado a partir del valor promedio de consumo anual que registran las facturas suministradas por la Universidad, en ellas se verifica que la Universidad paga por su consumo de agua, un valor anual de sesenta y siete millones doscientos ochenta y cinco mil trescientos sesenta pesos m/cte. \$ 67.285.360,00, y si de llegar a implementarse el proyecto de manejo de aguas lluvias, se tendría un ahorro de seis millones ochocientos

cuatro mil cinco pesos m/cte. \$6'804.005,00, valor equivalente al 10,11% del valor anual facturado para servicio de agua (ver tablas 32 y 33).

Tabla 27.
Valor mensual facturado del servicio de agua

Mes	Valor mensual facturado del servicio de agua	Valor mensual pagado por servicio de riego
Enero	\$ 4.337.776,00	\$ 423.031,07
Febrero	\$ 4.376.712,00	\$ 426.828,21
Marzo	\$ 6.437.724,00	\$ 627.823,40
Abril	\$ 6.437.724,00	\$ 627.823,40
Mayo	\$ 6.647.604,00	\$ 648.291,43
Junio	\$ 6.759.021,00	\$ 659.157,11
Julio	\$ 5.258.677,50	\$ 512.839,75
Agosto	\$ 5.258.677,50	\$ 512.839,75
Septiembre	\$ 5.209.684,50	\$ 508.061,83
Octubre	\$ 5.832.543,00	\$ 568.804,59
Noviembre	\$ 5.330.362,50	\$ 519.830,66
Diciembre	\$ 5.398.854,00	\$ 526.510,12
Total	\$ 67.285.360,00	\$ 6.561.841,31

Fuente: Factura de la UNAB sede El Jardín

Tabla 28.
Ingreso neto al usar un tanque de 40 m³

Opción de ingreso	Valor anual facturado del servicio de agua	Porcentaje de ahorro	Ingreso Neto
Opción1. Para riego	\$ 67.285.360,00	9,75%	\$ 6.561.841,31
Opción2 (año 3). Soporte puntos de aseo.	\$ 67.285.360,00	0,36%	\$ 242.164,46

Fuente: elaboración propia

Egreso anual. El egreso reconoce el valor asociado al servicio de mantenimiento anual del tanque, siendo este de un millón pesos 1'000.000 m/cte.

Análisis Financiero. En la construcción de los indicadores, se trabajó con el Valor Presente Neto VPN, La Relación Beneficio Costo RB/C, la Tasa Interna de Retorno TIR, el Período de Recuperación de la Inversión PR Inv., reconociendo como parámetros vitales, la seguridad (asociada a la recuperación del capital invertido), la rentabilidad (que evalúa el rendimiento máximo que podría ser logrado), y la liquidez (que reconoce el tiempo o período de recuperación del capital invertido) y todo se contrastó con la tasa de descuento reconocida como aplicable a proyectos de esta naturaleza.

La interpretación de los indicadores, declara que de cumplirse los flujos proyectados, y sostenerse la tasa de descuento que reconoce las características y los riesgos propios de la inversión, el proyecto bajo el escenario 3, es viable e incluso podría definirse como conveniente en términos de seguridad, rentabilidad y liquidez.

El Valor Presente Neto, evalúa la recuperación de la inversión en el período proyectado, suma que al ser positiva, declara que los flujos de beneficios proyectados expresados a pesos presentes, tienen la capacidad de cubrir el costo de los recursos (al utilizar la tasa de descuento como tasa de pago) y recuperar la inversión, y en esos mismos términos, la Relación Beneficio Costo, define que esto podría lograrse en un número mayor a una vez, pues el valor obtenido es de 1, 01 veces en el horizonte proyectado o coyuntural, al cual se lo conoce como período relevante de la inversión.

Si se trata de evaluar por rentabilidad, la TIR que como se afirmaba previamente, declara la máxima rentabilidad del proyecto y por tanto el máximo costo de capital que se

soportaría, logra ser mayor que la tasa de descuento al que se enfrenta, incluso la supera en 0,22%, valor que se entiende como rentabilidad marginal del proyecto. Es así como se puede afirmar que, por cada peso invertido en el proyecto se obtiene una ganancia de 0,01% marginal, es decir después de cubrir el costo de los recursos comprometidos.

Si se trata de liquidez, se debe recordar que este concepto se relaciona con el Período de Recuperación de la Inversión, que para este escenario, se logra en el año 10, momento en el que el capital comprometido con la inversión sería recuperado, después de superar el costo evaluado de acuerdo al riesgo de la operación.

En este orden de ideas, financieramente se aceptaría para este proyecto, el último escenario de ejecución, pues su rendimiento sería superior a la tasa mínima de rentabilidad exigida para este tipo de inversiones, logrando generar valor para la organización, con las condiciones definidas.

Tabla 29.
Valoración financiera para un sistema de 40 m³

Indicadores	Valor
VPN	\$667.474,57
TIR	3,73%
Tasa de descuento ambiental gamma	3,51%
Tasa marginal	0,22%
VP Ingresos	\$57.587.556,40
VP Egresos (Ingresos Total)	\$56.920.081,83
Relación Beneficio/Costo	1,01

Fuente: Elaboración propia

Uso de paneles solares. El segundo proyecto evaluado, es el Uso de Paneles Solares, para lo cual se cotizó los insumos y obras requeridas con la empresa, Eme Ingeniería S.A. (Ver anexo 1.d).

Inversión total. La inversión a todo costo de la implementación de los paneles solares es de trescientos treinta y tres millones quinientos ochenta y dos mil cuatrocientos siete pesos m/cte. \$ 333.582.407,00.

Beneficio Neto. El beneficio neto que se tendría por implementar el proyecto, después de recuperada la inversión, proviene del porcentaje de participación de las horas de funcionamiento y la iluminación que se obtendría con el funcionamiento de los paneles solares en las áreas conectadas; el valor mensual promedio es de ochenta y siete millones trescientos sesenta mil quinientos pesos \$87.360.500 m/cte., el cual equivale al 9,39% del consumo anual energético total de la UNAB, registrado en sus facturas, con un valor anual de novecientos treinta millones trescientos setenta y cuatro mil trescientos treinta y siete pesos \$930.374.337 m/cte.

Tabla 30.

Valor mensual facturado del servicio de energía 2016-2017

Mes	Valor mensual facturado del servicio de energía	Valor mensual pagado por servicio de energía por iluminación ^a	Participación de la energía por iluminación
2016			
Octubre	\$ 89.433.665,21	\$5.563.732	6,22%
Noviembre	\$ 78.609.526,16	\$7.611.495	9,68%
Diciembre	\$ 54.667.429,88	\$8.279.236	15,14%
2017			
Enero	\$ 63.259.990,00	\$8.233.215	13,01%
Febrero	\$ 83.869.383,00	\$8.141.300	9,71%
Marzo	\$ 87.749.190,16	\$5.856.230	6,67%
Abril	\$ 75.163.977,18	\$4.985.469	6,63%

Mayo	\$ 84.029.234,30	\$8.414.351	10,01%
Junio	\$ 66.110.297,77	\$7.940.918	12,01%
Julio	\$ 67.714.367,69	\$8.063.151	11,91%
Agosto	\$ 92.543.400,00	\$8.261.560	8,93%
Septiembre	\$ 87.223.875,73	\$6.009.844	6,89%
Total Anual	\$ 930.374.337,08	\$87.360.500	9,39%

^a Incluye el ahorro por uso de paneles solares

Fuente: Facturas de energía de la UNAB sede El Jardín

Egreso anual. Este egreso refiere el costo asociado al mantenimiento anual de los paneles solares, calculado en doce millones \$12'000.000 de pesos m/cte.

Análisis financiero. En lo referente a los Paneles Solares, a partir del ingreso definido por el ahorro periódico de energía en la Universidad, se puede establecer, no sólo la viabilidad, sino la conveniencia de esta inversión, pues el Valor Presente Neto, logra resultados positivos, declarando verdadero valor agregado para la organización; al ser positivo su resultado, después de cubrir la tasa de descuento o pago, y absorber la inversión, con el valor presente de sus beneficios; en el mismo sentido, se reconoce con la Relación Beneficio Costo, que el valor de los beneficios obtenidos expresados a pesos de hoy, lograría recuperar 1,93 veces el capital que se requiere.

En términos de rentabilidad, dada en la TIR, definida como la máxima rentabilidad que puede ser obtenida y con ello el máximo costo de recursos que se soportaría antes de destruir valor con su implementación, el resultado obtenido es verdaderamente satisfactorio, pues su rentabilidad supera con amplio margen la tasa de descuento logrando una rentabilidad marginal (adicional al costo del capital) superior en 15,76%.

De los tres proyectos ambientales propuestos, Reutilización de Aguas Lluvias, Paneles Solares y Techos Verdes, los Paneles Solares reconocen la inversión que mayor seguridad y rendimiento presenta, al igual que la mayor relación beneficio costo, por lo cual es el proyecto con mayor viabilidad en términos financieros, económicos, sociales y ambientales.

Financieramente debe ser aceptado este proyecto de inversión, pues como se ha reiterado la tasa de rendimiento interno obtenida fue superior a la tasa mínima de rentabilidad que exige la inversión, se da recuperación de la inversión en el tiempo proyectado.

Tabla 31.
Valoración financiera del proyecto panel solar

Indicadores	Valor
VPN	311.175.561,96
TIR	22,13%
Tasa de descuento ambiental gamma	6,37%
Tasa marginal	15,76%
VP Ingresos	\$644.757.968,96
VP Egresos	333.582.407,00
Relación Beneficio/Costo	1,93

Fuente: Elaboración propia

Programa de Cultura Ambiental

Cómo se mencionó, para establecer el programa de cultura ambiental se diseñó y envió una encuesta que permitiera tener una mejor percepción y comprensión acerca del conocimiento que tienen los usuarios sobre el entorno ambiental de su comunidad universitaria.

La encuesta se repartió para su diligenciamiento en la sede El Jardín a estudiantes, administrativos y docentes.

Esta encuesta fue realizada en el mes de octubre del 2017 a través del formulario de encuestafacil.com y estuvo conformada por 27 preguntas cerradas y 3 preguntas con selección múltiple, que se muestran a continuación:

Información Técnica de la encuesta

Para la población de la UNAB se tuvo en cuenta aquellos que trabajan directamente con la Universidad, datos recolectados para el año 2017.

Tabla 21.

Cantidad de usuarios en la UNAB sede El Jardín.

Personal	Total general*
Docentes planta	801
Administrativos	356
Estudiantes	5114
Total	6271

Fuente: Elaboración propia

*El total de cada estamento es estimado según las diferentes fuentes de información que tiene la Universidad

Partiendo de la población Total de la comunidad directa de la Universidad Autónoma de Bucaramanga se calculó el tamaño de la muestra de la siguiente manera.

$$n = \frac{z^2 * p * q}{D^2 + \frac{z^2 * p * q}{N - 1}}$$

Dónde:

z=Valor obtenido en la tabla de distribución normal, con un nivel de significancia del 0,95 es 1,96

p= Variabilidad positiva, es 0,5

q=variabilidad negativa es 0,5

D²=Error muestral es 0,097

N=población muestral es 6271

Reemplazando los datos en la fórmula se obtiene:

$$n = \frac{1,96^2 * 0,5 * 0,5}{0,097^2 + \frac{1,96^2 * 0,5 * 0,5}{6271 - 1}} = 100,43 \cong 100$$

Es una muestra significativa de acuerdo al universo que consta al encuestar a 101 usuarios de la universidad autónoma de Bucaramanga, que representan el 1,63% de la población total.

El análisis de los datos recolectados, al aplicar la encuesta de percepción ambiental UNAB- Sede El Jardín a sus usuarios La pregunta del 2 al 28 se divide de acuerdo a la percepción ambiental, conocimiento ambiental y conocimiento ambiental de la UNAB. Es

importante conocer la relación que tienen los docentes, administrativos y estudiantes con cada una de estas preguntas.

Se encuestó a un total de 101 usuarios de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, en donde participaron 75 estudiantes, 15 administrativos y 11 docentes (Ver Fig. 39).

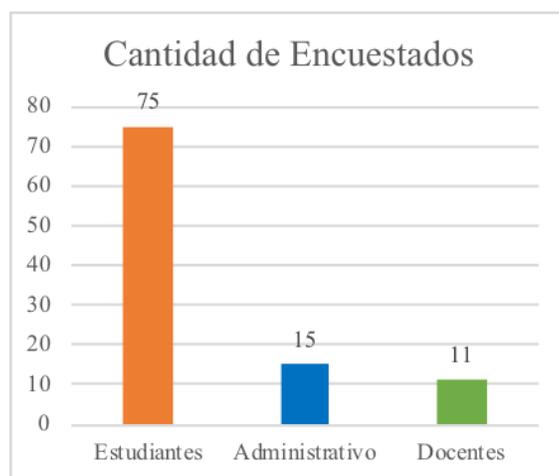
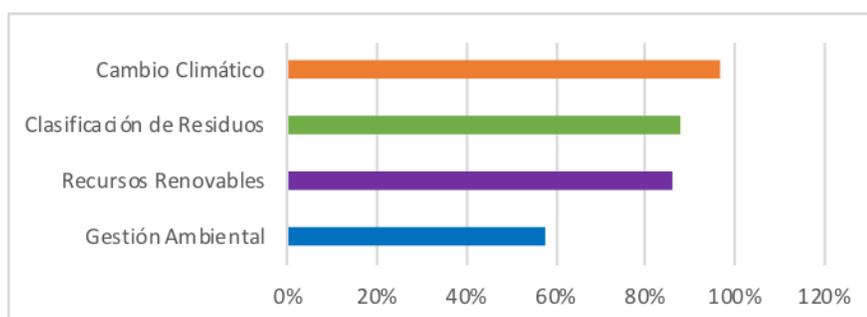


Figura 39. Cantidad de personas encuestadas. Fuente: Elaboración propia

1. Seleccione si sabe el significado de alguno de estos términos:



Las siguientes preguntas corresponden a la percepción ambiental que tienen los usuarios de la UNAB y como ha influenciado directamente a su estilo de vida.

Tabla 22.

Preguntas: ¿Cuál es la percepción ambiental que tienen los usuarios de la UNAB y cómo ha influenciado directamente a su estilo de vida?

N°	Pregunta
2	¿Se siente afectado por el cambio climático?
12	¿Cree que separar los residuos y hacer uso racional del agua y de la energía contribuye en la salud del ambiente?
16	¿Considera importante el ahorro del agua y energía?
18	¿Ha considerado la recolección de aguas lluvias como alternativa para mejorar el medio ambiente?
20	¿Le gustaría conocer cuál puede ser su contribución al mejoramiento ambiental?
22	¿Es consciente de la problemática ambiental actual?
23	¿Cree que el consumo excesivo de recursos naturales es un problema ambiental?
27	¿Ha compartido con su familia alguna medida para proteger el medio ambiente?
28	¿Estaría dispuesto a cambiar su manera de vivir por proteger el medio ambiente?

Fuente: Elaboración propia

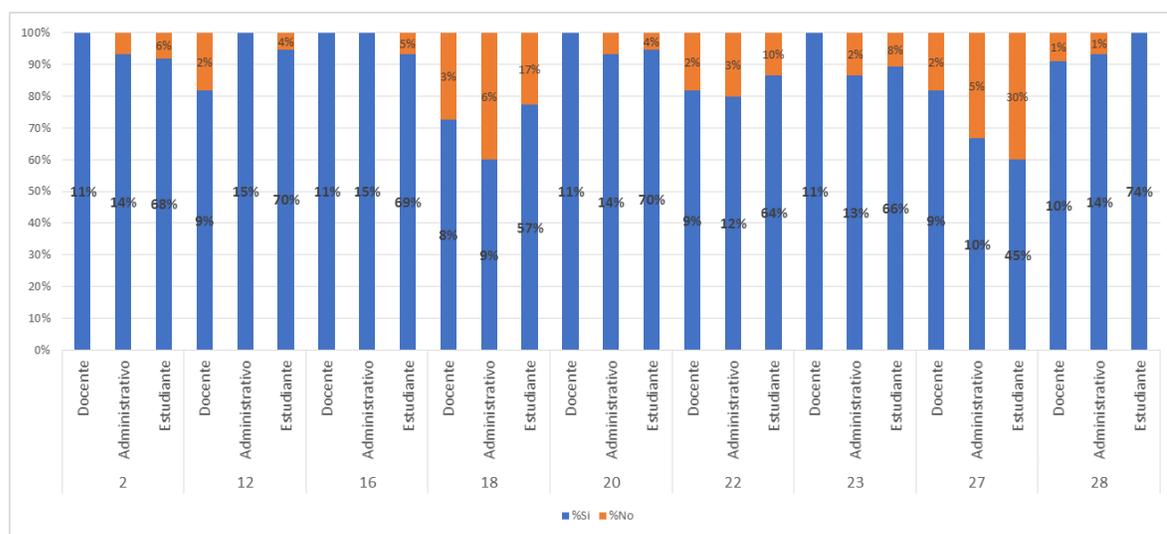


Figura 40. Respuesta de preguntas que corresponden a la percepción ambiental que tienen los usuarios de la UNAB y como ha influenciado directamente a su estilo de vida. Fuente: Elaboración propia

Se encuentra que el 93% de los encuestados son afectados directamente por el cambio climático el cual se corrobora con la pregunta 22 en donde el 95% son conscientes de la problemática ambiental actual, el 90% cree que el consumo excesivo de recursos

naturales es un problema ambiental. Los encuestados están de acuerdo que separar los residuos y hacer uso racional del agua y de la energía contribuyen en la salud del ambiente y consideran importante el ahorro del agua y la energía, en un 94% y 95% respectivamente; sin embargo solo el 74% de los usuarios consideran la recolección de aguas lluvias como alternativa para mejorar el medio ambiente.

Finalmente se encuentra que el 98% de los encuestados estarían dispuestos a cambiar su estilo de vida por proteger el medio ambiente, el 95% le gustaría saber cuál puede ser su contribución al mejoramiento ambiental y solo el 63% de los encuestados han compartido con su familia alguna medida para proteger el medio ambiente. Por tal razón y con el propósito de mejorar la percepción ambiental de la población UNAB, es necesario permanentemente estar emitiendo mensajes de optimización de los recursos naturales, por diversos medios de comunicación, buscando llegar al mayor número de personas y fortaleciendo la cultura ambiental de la UNAB.

Las siguientes preguntas corresponden al conocimiento o percepción que tiene los usuarios con respecto al manejo ambiental que tiene la universidad.

Tabla 23.

Preguntas: ¿Cuál es el conocimiento o percepción que tiene los usuarios con respecto al manejo ambiental que tiene la universidad?

Fuente: Elaboración propia

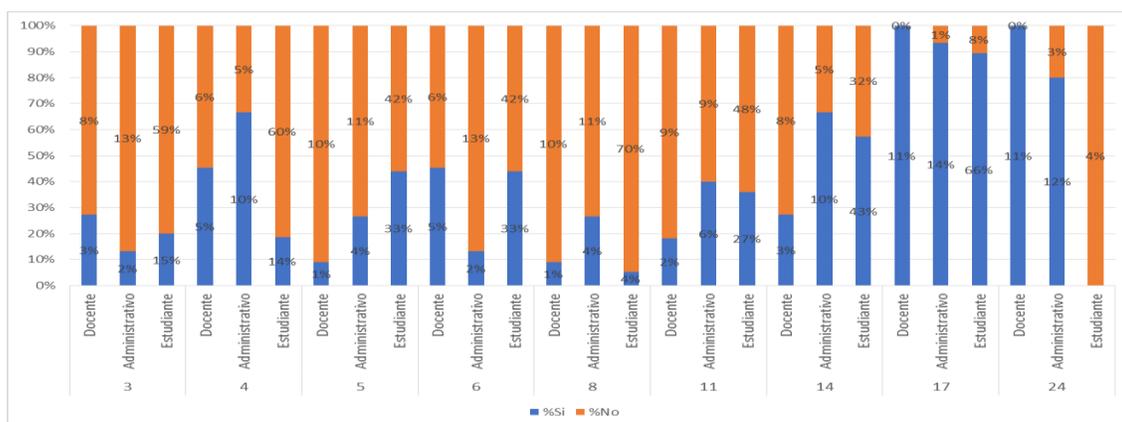


Figura 41. Respuesta de preguntas ¿Cuál es el conocimiento o percepción que tiene los usuarios con respecto al manejo ambiental que tiene la universidad? Fuente: Elaboración propia

Se evidencia que el 80% de los usuarios no conocen la problemática ambiental de la Universidad y el 71% no conoce si hay un programa de gestión ambiental dentro de ella,

N°	Pregunta
3	¿Conoce la problemática ambiental de la universidad?
4	¿Conoce si la UNAB tiene un programa de Gestión Ambiental?
5	¿Considera que la divulgación de mensajes ambientales es eficiente y suficiente para la toma de conciencia?
6	¿Ha participado en alguna actividad relacionada con el medio ambiente?
8	¿Alguna vez ha leído los artículos publicados en mi portal, sección Notiambiente? En la universidad, ¿han aplicado el concepto de sostenibilidad, a través de la
11	implementación de proyectos ambientales?
14	¿En su entorno se práctica la separación de residuos?
17	¿Cree importante implementar en la UNAB la energía solar como una manera de mejorar el medio ambiente?
24	¿Cree que los proyectos ambientales podrían mejorar la calidad de vida a nivel económico, social y de salud en la población Bumanguesa?

tan solo el 33% de los usuarios considera que la divulgación de mensajes ambientales es

eficiente y suficiente para la toma de conciencia, el 61% de los encuestados nunca ha

participado en actividad relacionada con el medio ambiente, el 91% nunca ha leído los artículos publicados en mi portal, sección Notiambiente. El 66% cree que la Universidad no ha aplicado el concepto de sostenibilidad, a través de la implementación de proyectos ambientales, sólo el 56% de los encuestados realiza la separación de residuos, el 91% cree importante implementar en la UNAB la energía solar como manera de mejorar el medio ambiente y tan solo el 23% cree que los proyectos ambientales podrían mejorar la calidad de vida a nivel económico, social y de salud en la población Bumanguesa.

Para mejorar el conocimiento de la población UNAB, es importante capacitar a los docentes en temas ambientales que se encuentren a la vanguardia, para que de esta manera sean multiplicadores con sus alumnos, además se deben conocer y reconocer los programas ambientales y el desempeño de las metas propuestas en cada uno.

Al mismo tiempo se debe incluir dentro de las asignaturas académicas, cátedras ambientales obligatorias para todas las carreras, en este espacio no sólo se ampliaría el conocimiento ambiental de los estudiantes sino que sería la oportunidad para comunicarles el desempeño de los programas ambientales de la UNAB.

Las siguientes preguntas corresponden al conocimiento que tiene los usuarios con respecto al manejo ambiental en general:

Tabla 24.

Preguntas: ¿Cuál es el conocimiento que tiene los usuarios con respecto al manejo ambiental en general?

N°	Pregunta
7	¿Ha recibido información sobre cómo interviene el ser humano en el medio ambiente?
9	¿Conoce el concepto de desarrollo sostenible?
10	¿Tiene conocimiento sobre lo que significa construcción sostenible?

-
- 13 ¿Conoce la diferencia entre reciclar y separar en la fuente?
 15 ¿Conoce el concepto de energías renovables y sus beneficios?
 19 ¿Conoce el concepto de Agricultura Urbana?
 21 ¿Conoce el concepto de conciencia ambiental?
 ¿Conoce la problemática ambiental causada por el mal manejo de los
 25 residuos sólidos en el relleno sanitario del área metropolitana (El Carrasco)?
 26 ¿Ha escuchado sobre la magnitud de plásticos almacenados en el fondo del mar y sus efectos en la vida acuática?
-

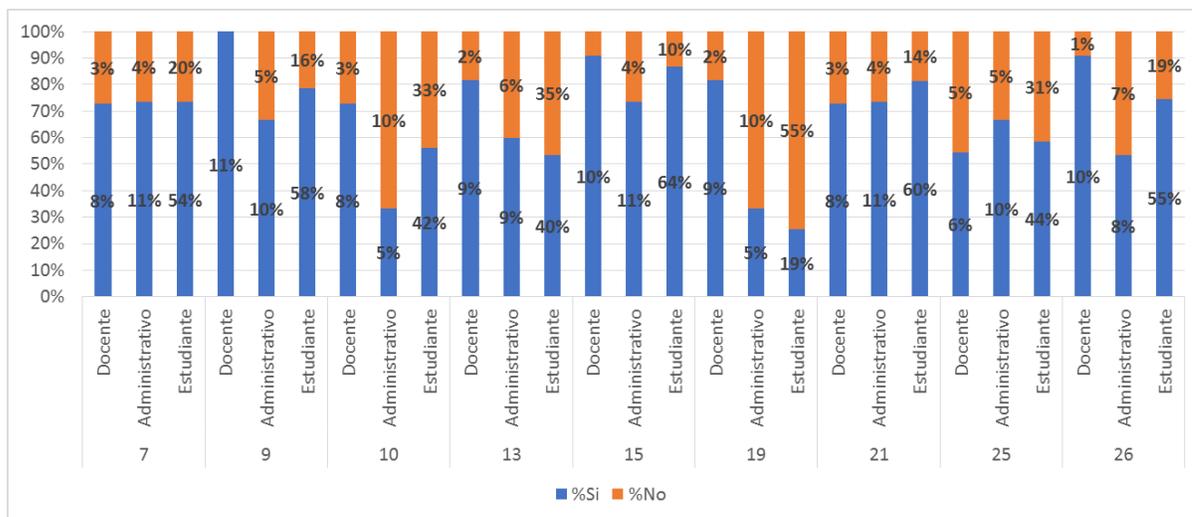


Figura 42. Respuesta de preguntas relacionadas a ¿Cuál es el conocimiento que tiene los usuarios con respecto al manejo ambiental en general? Fuente: Elaboración propia

El 73% de los encuestados manifiesta haber recibido información sobre como interviene el ser humano en el medio ambiente, el 79% reconoce el concepto de desarrollo sostenible, el 55% de los encuestados tiene conocimiento sobre construcción sostenible, el 58% conoce la diferencia entre reciclar y separar en la fuente, el 85% conoce el concepto de energías renovables y sus beneficios, de igual forma el 67% conoce el concepto de agricultura urbana, el 79% reconoce el concepto de conciencia ambiental, el 60% conoce la problemática ambiental causada por el mal manejo de los residuos sólidos en el relleno el

Carrasco y el 73% ha escuchado sobre la magnitud del plástico almacenado en el fondo del mar y sus efectos en la vida acuática.

A pesar de que existe la dependencia de UNAB Ambiental y se conocen sus campañas es importante fortalecer el conocimiento ambiental de la UNAB en alumnos y profesores desde el primer vínculo con la Universidad, para esto se debe desarrollar dentro de la inducción ya sea como estudiante o como profesor, la divulgación del programa de cultura ambiental UNAB. Otra herramienta para ampliar y afianzar la percepción del manejo ambiental de la UNAB en toda su población, es darle una identidad al programa ambiental, a través de un concurso donde participen todos los alumnos, buscando la insignia al mismo, esto permite que todos más involucrados con el programa ambiental UNAB y hagan parte del proceso, involucrándose más con la conciencia ambiental. De igual forma se debe potencializar los proyectos semilleros desarrollados por la Universidad, buscando que éstos se desarrollen dentro de la misma universidad y sirvan como modelos a alumnos nuevos.

También se debe continuar con el mantenimiento de las instalaciones físicas de la Universidad, permitiendo inspeccionar, corregir y mejorar las condiciones actuales. Y por último es importante que la UNAB continúe llevando el control del consumo de agua y energía, pero estableciendo metas en la optimización de los dos recursos e informando a través de todos los canales de comunicación el desempeño de dichas metas, consiguiendo involucrar a todos los grupos de interés en el éxito o fracaso de las mismas.

29. ¿Cuál cree que son las posibles fuentes de contaminación de la ciudad?

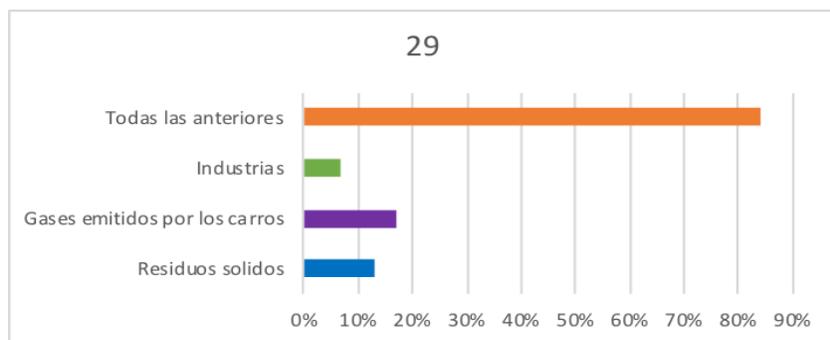


Figura 43. Respuesta de la pregunta ¿Cuál cree que son las posibles fuentes de contaminación de la ciudad? Fuente: Elaboración propia

El 84% de los encuestados cree que es la sumatoria de la industria, gases emitidos por carros y residuos sólidos.

30. ¿Cuál cree que son las posibles fuentes de contaminación de la Universidad?

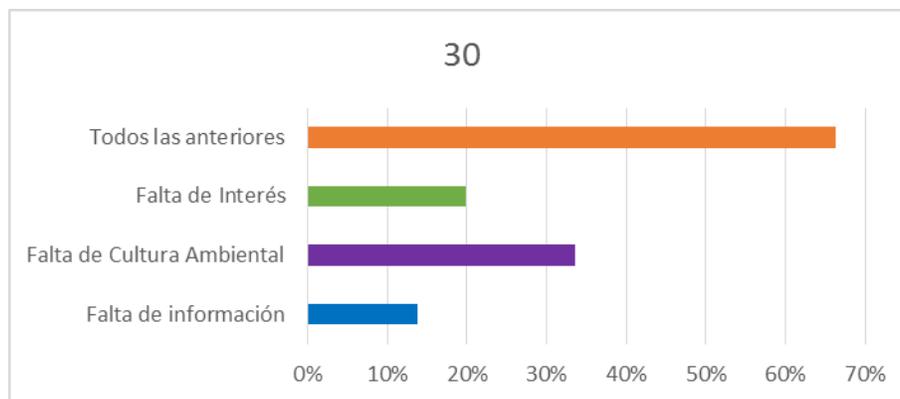


Figura 44. Respuesta de la pregunta ¿Cuál cree que son las posibles fuentes de contaminación de la Universidad. Fuente: Elaboración propia

El 84% de los encuestados cree que la fuente de contaminación de la UNAB es la misma de la ciudad, o sea la sumatoria de la industria, los gases emitidos por los carros, y los residuos sólidos.

Actividades que conducen a tener un programa de educación ambiental o de cultura ambiental

Para lograr la toma de conciencia ambiental en la comunidad Unab y con base a los estudios realizados se proponen implementar:

Tabla 25.
Actividades a implementar para la toma de conciencia ambiental

ACTIVIDAD	RESPONSABLE	PERIODICIDAD
Capacitar a los docentes en temas ambientales, dando a conocer los objetivos y metas del programa de cultura ambiental.	Dirección ambiental	Anual
Diseñar una cátedra institucional ambiental y presentar propuesta a la Vicerrectoría Académica	Dirección ambiental	Semestral
Desarrollar la cátedra institucional en todas las carreras universitarias. Cursos teóricos: plan de formación, asignaturas de carrera, electivas y de contexto.	Dirección ambiental	Semestral
Incluir dentro de la inducción a los alumnos nuevos, el conocimiento del programa de cultura ambiental.	Dirección ambiental	Semestral
Mantener mensajes ambientales, de optimización de recursos naturales (apague la luz cuando no se use, recicle, optimice el agua, entre otros) en los sitios de mayor concurrencia de la comunidad académica.	Dirección ambiental	Bimestral
Actualizar y verificar la publicación de los mensajes ambientales.	Dirección ambiental	Bimestral
Mantener estrategias de comunicación: videos, videos clips para televisión e internet (plataformas		

institucionales), clips radiales, entrevistas y medios físicos (boletines, artículos en periódicos internos y externos), espacios de socialización a través de las redes sociales (Facebook, Twitter).	Dirección ambiental	Semestral
Desarrollar un concurso entre los alumnos de la comunidad universitaria, donde se busque establecer la imagen ambiental institucional que represente a la UNAB.	Dirección ambiental	Solo una vez
Desarrollar proyectos con los semilleros de la universidad utilizando los recursos y las instalaciones de la UNAB	Dirección ambiental	Semestralmente
Dar a conocer la nueva imagen ambiental a toda la comunidad. Que la nueva imagen sea que la comunique el desempeño de los objetivos ambientales	Dirección ambiental	Una vez se establezca y Bimestral
Continuar con el registro mensual de agua y energía, llevando los históricos y comunicando a la comunidad universitaria el desempeño que se obtuvo en cada bimestre, creando de esta manera conciencia sobre el impacto generado.	Dirección ambiental	Bimestral
Continuar con el programa de mantenimiento de instalaciones buscando hacer las reparaciones a los accesorios, equipos e instalaciones hidráulicas que presenten fugas, reboses o fisuras que puedan generar mayor consumo de agua.	Dirección ambiental	Mensual

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26.
Control de cada una de las actividades

INDICADOR	FÓRMULA	FRECUENCIA DE MEDICIÓN	META	RESPONSABLE
Capacitaciones	Número de personas capacitadas/total de comunidad universitaria *100	Anual	>50%	Dirección ambiental
Socialización	Campañas ejecutadas/campañas programadas *100	Semestral	> 80%	Dirección ambiental
Percepción del sistema de gestión ambiental en la comunidad universitaria	Encuesta de percepción del SGA	Semestral	>60%	Dirección ambiental

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

Las buenas prácticas implementadas por la Universidad Autónoma de Bucaramanga UNAB, como lo son baterías sanitarias de bajo consumo de agua, han logrado impactos económicos favorables para la organización, los cuales son visibles en la progresiva disminución del consumo de agua.

La implementación del Sistema de Recolección de Aguas Lluvias, traería beneficios adicionales en la contención del gasto de agua, generando menor presión en el Flujo de caja de la Universidad, pues el porcentaje de ahorro con la implementación del proyecto de almacenamiento en el tanque de 40 m³, sería de \$ 10.279.410 que corresponde al 11% del actual consumo.

La implementación de iluminación con bombillas por ahorradoras LED, ha logrado importantes descensos en la cantidad de energía eléctrica consumida en la Unab- Sede El Jardín, pues la facturación del año 2017 registra una disminución del gasto de energía en el 5,6% frente al año inmediatamente anterior. El montaje y puesta en marcha de los Paneles Solares, lograrían una caída en el gasto equivalente al 9,39% del consumo total adicional al ya registrado.

La Recolección y manejo de aguas lluvias, logra optimizar sus beneficios con la recolección del agua en un tanque de 40 m³, lo que permitiría en un plazo no mayor a 10 años recuperar 1,01 veces la inversión que se requiere, siendo no tan solo económicamente viable sino ambientalmente responsable, y con gran impacto social.

El techo verde de 208 m² generaría anualmente 166,4 bonos de carbono y disminuiría la huella de carbono de 4 personas. Adicional disminuiría el consumo energético en 702,67 kW/h que corresponde a 270,526 kg de CO₂ al medio ambiente por año; más económicamente no se reconoce viable pues la inversión requerida, no lograría ser recuperada en el período proyectado.

Los tres proyectos presentados (paneles solares, techo verde y recolección de aguas lluvias) no pueden ser evaluados únicamente en beneficios cuantitativos, o sea en términos financieros y económicos, sino que necesitan ser evaluados además en términos cualitativos en pro de beneficios sociales y ambientales los cuales no pueden ser cuantificados con las mismas metodologías e indicadores.

Los tres proyectos presentados son viables técnicamente, pero no todos son viables financiera y económicamente, pero todos contribuyen a la sostenibilidad ambiental.

El estudio investigativo permitió evidenciar el escaso conocimiento de los encuestados sobre los temas ambientales de la UNAB sede El Jardín, donde el 80% de los usuarios no conocen la problemática ambiental de la Universidad, el 71% no conoce si hay o no, un programa de gestión ambiental dentro de la Universidad y el 66% cree que la Universidad no ha aplicado el concepto de sostenibilidad, a través de la implementación de proyectos ambientales

El 67% de los encuestados consideró que la divulgación de mensajes ambientales emitidos por la UNAB, no es eficiente, ni suficiente para la toma de conciencia y el 91% cree importante implementar en la UNAB la energía solar como manera de mejorar el medio ambiente. Por lo que se hace necesario fortalecer la cultura ambiental de la UNAB

con el desarrollo del programa de cultura ambiental propuesto, de igual forma se debe evaluar periódicamente la implementación y eficacia del mismo, con el fin de estar midiendo y mejorando el impacto deseado sobre la población objeto.

El programa de cultura ambiental buscara fortalecer el conocimiento y la conciencia ambiental de la población UNAB, iniciando con la formación a docentes y seguido los alumnos, todo acompañado de la comunicación permanente de los programas ambientales y el desempeño de las metas propuestas en cada uno.

RECOMENDACIONES

- Considerando la alta inversión requerida para la implementación de los Techos Verdes, la Universidad Autónoma de Bucaramanga, debería buscar en la banca multilateral, o en agencias especializadas en medio ambiente y educación recursos condonables que le permitan el desarrollo de este tipo de proyectos ambientales a una Entidad de Educación Superior.
- Es importante aprovechar la coyuntura mundial y el auge que tienen países desarrollados por la compra de bonos de carbono y explotar esto en países en desarrollo como Colombia e intentar comercializar a futuro los bonos de carbono y de esta manera invertir más en proyectos sostenibles.
- Para las construcciones futuras de la Universidad, desde el diseño arquitectónico, se deben considerar estas exigencias y requerimientos técnicos, e incluirlos en su planeación, así, desde las primeras etapas de construcción, lograría reducirse el impacto económico y elevarse la probabilidad de ejecución.
- En la evaluación de inversiones ambientalmente sostenibles, deberían privilegiarse los factores sociales y ambientales, antes que los conceptos económicos y financieros, permitiendo de esta manera reconocer a la Universidad como un proponente de técnicas ambientales sostenibles en el país y una organización ambientalmente responsable.
- Son escasos los proyectos planeados y ejecutados con este tipo de sistemas, y podría afirmarse que todo parte del desconocimiento y del poco interés que en temas ambientales, tiene la Gerencia.

- Los directivos de la mayor parte de nuestras organizaciones dejan de lado los temas ambientales y ceden su preminencia a factores económicos como la rentabilidad, e interpretan la sostenibilidad y uso adecuado de los recursos naturales, así como la investigación en el ambiente como un gasto no recuperable.
- Es importante desde la academia, promover iniciativas que generen en los estudiantes y profesionales una verdadera formación de conciencia ambiental, con el uso de sistemas sostenibles, que por tanto hagan uso eficiente de los recursos.
- Para que la Universidad de Bucaramanga conozca su compromiso ambiental y mejore la percepción de la población, no hay otra forma de hacerlo que a través de la implementación de proyectos ambientales, donde no sólo se evidencie su compromiso con la sociedad y el medio ambiente, sino que sirva para fortalecer las tareas de investigación, emprendimiento y extensión de la Universidad Autónoma de Bucaramanga.

ANEXOS

Anexo 1. Cotizaciones de las empresas.

Anexo 1.a Agropaisa

Anexo 1.b Anexo 1.b L.A.H Construcciones S.A.S para sistema de 400 m³

Anexo 1.c Fluidservicios Lamus S.A.S para sistema de 40 m³ y 60m³

Anexo 1.d Eme Ingeniería S.A.

Anexo 1.e Groncol infraestructura verde

Anexo 1.f. Maquiaguas S.A.S.

Anexo 1.g. Fluidservicios Lamus S.A.S para sistema de 400 m³

Anexo 1.h. Verasta S.A.S

Anexo 1.i. Construcciones Naranjo García para sistema de 60 m³

Anexo 1.j. Construcciones Naranjo García para sistema de 40 m³

Anexo 1.k. GHE Acabados S.A.

Anexo 2. Flujos de Caja

Anexo 2.1. Flujo de Caja proyecto reutilización de aguas lluvias.

Tabla 27.

Flujo de Caja proyecto reutilización de aguas lluvias para un sistema de 40 m³ (Millones de pesos).

Ingresos	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingreso por reducción del costo de consumo servicio de agua potable para riego por captación de aguas lluvias		6,562	6,832	7,114	7,407	7,713	8,030	8,361	8,706	9,065	9,439
Ingreso por reducción del costo de consumo servicio de agua potable para puntos de aseo por captación de aguas lluvias		0,242	0,252	0,263	0,273	0,285	0,296	0,309	0,321	0,335	0,348
<i>Total Ingresos</i>	-	6,804	7,084	7,376	7,681	7,997	8,327	8,670	9,027	9,399	9,787
Egresos											
Mantenimiento	-	(1,000)	(1,041)	(1,084)	(1,129)	(1,175)	(1,224)	(1,274)	(1,327)	(1,381)	(1,438)
<i>Total Egresos</i>	-	(1,000)	(1,041)	(1,084)	(1,129)	(1,175)	(1,224)	(1,274)	(1,327)	(1,381)	(1,438)

Efectivo Generado por la Operación	-	5,804	6,043	6,292	6,552	6,822	7,103	7,396	7,701	8,018	8,349
Inversión Inicial	(56,920)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuevas Inversiones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mantenimiento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Flujo de Caja Libre	(56,920)	5,804	6,043	6,292	6,552	6,822	7,103	7,396	7,701	8,018	8,349

Cifras expresadas en millones

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2.2 Flujo de Caja uso de paneles solares.

Tabla 28.

Flujo de Caja proyecto de paneles solares (Millones de pesos).

Ingresos	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingreso por reducción del costo de consumo servicio de energía eléctrica en pasillos con implementación de paneles solares		87,361	90,962	94,711	98,615	102,680	106,912	111,319	115,908	120,686	125,660
<i>Total Ingresos</i>	-	87,361	90,962	94,711	98,615	102,680	106,912	111,319	115,908	120,686	125,660

Egresos

Mantenimiento	-	(12,000)	(12,495)	(13,010)	(13,546)	(14,104)	(14,686)	(15,291)	(15,921)	(16,578)	(17,261)
<i>Total Egresos</i>	-	(12,000)	(12,495)	(13,010)	(13,546)	(14,104)	(14,686)	(15,291)	(15,921)	(16,578)	(17,261)

Efectivo Generado por la Operación	-	75,361	78,467	81,701	85,069	88,576	92,227	96,028	99,986	104,108	108,399
Inversión Inicial	(333,582)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuevas Inversiones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mantenimiento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Flujo de Caja Libre	(333,582)	75,361	78,467	81,701	85,069	88,576	92,227	96,028	99,986	104,108	108,399
----------------------------	------------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	----------------	----------------

Cifras expresadas en millones

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2.3 Flujo de Caja del techo verde**Tabla 29.***Flujo de Caja del techo verde (Millones de pesos).*

Ingresos	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
-----------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	---------------

Ingreso por bonos de CO2 en mercado		1,668	1,771	1,880	1,996	2,118	2,249	2,388	2,535	2,691	2,856
Ingreso por reducción del costo de consumo servicio de energía eléctrica en aire acondicionado, por implementación de techos verdes y su refrigeración natural		0,471	0,490	0,511	0,532	0,554	0,576	0,600	0,625	0,651	0,677
<i>Total Ingresos</i>	-	<i>2,139</i>	<i>2,261</i>	<i>2,390</i>	<i>2,527</i>	<i>2,672</i>	<i>2,825</i>	<i>2,988</i>	<i>3,159</i>	<i>3,341</i>	<i>3,534</i>
Egresos											
Mantenimiento	-	(1,200)	(1,249)	(1,301)	(1,355)	(1,410)	(1,469)	(1,529)	(1,592)	(1,658)	(1,726)
<i>Total Egresos</i>	-	<i>(1,200)</i>	<i>(1,249)</i>	<i>(1,301)</i>	<i>(1,355)</i>	<i>(1,410)</i>	<i>(1,469)</i>	<i>(1,529)</i>	<i>(1,592)</i>	<i>(1,658)</i>	<i>(1,726)</i>
Efectivo Generado por la Operación	-	0,939	1,012	1,089	1,173	1,262	1,357	1,458	1,567	1,684	1,808
Inversión Inicial	(180,505)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Flujo de Caja Libre	(180,505)	0,939	1,012	1,089	1,173	1,262	1,357	1,458	1,567	1,684	1,808

Cifras expresadas en millones

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3. Cálculo financiero y económico para el sistema de almacenamiento de 60 m³ y 400 m³

Anexo 3.a. Cálculo para un sistema de almacenamiento de 60 m³

Tabla 30.

Inversión inicial para un tanque de 60 m³

Ítem	Descripción	Inversión
1	Red hidráulica, red de aguas lluvias	\$15.231.781,83
2	Tanque de agua	\$29.600.000,00
3	Adecuación	\$22.373.400,00
4	Bomba + cuarto de máquina	\$5.770.000,00
TOTAL		\$72.975.181,83

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31.

Ingreso neto por usar un tanque de 60 m³

Opción de ingreso	Cantidad de agua consumida para riego [m ³]	Porcentaje de ahorro	Ingreso Neto
Opción1. Para riego	1514,33	9,75%	\$ 6.561.841,31
Opción2 (año 3). Soporte puntos de aseo.	51	0,36%	\$ 242.164,46

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32.

Valoración financiera para un tanque de 60 m³

Indicadores	Valor
VPN	-\$13.202.032,70
TIR	-0,29%
Tasa de descuento ambiental gamma	3,51%
Tasa marginal	-3,80%
VP Ingresos	\$55.603.149,13

Tabla 33.
Flujo de caja para sistema de almacenamiento 60 m³.

Ingresos	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingreso por reducción del costo de consumo servicio de agua potable para riego por captación de aguas lluvias		6,562	6,832	7,114	7,407	7,713	8,030	8,361	8,706	9,065	9,439
Ingreso por reducción del costo de consumo servicio de agua potable para puntos de aseo por captación de aguas lluvias		0,242	0,252	0,263	0,273	0,285	0,296	0,309	0,321	0,335	0,348
<i>Total Ingresos</i>	-	6,804	7,084	7,376	7,681	7,997	8,327	8,670	9,027	9,399	9,787
Egresos											
Mantenimiento	-	(1,000)	(1,041)	(1,084)	(1,129)	(1,175)	(1,224)	(1,274)	(1,327)	(1,381)	(1,438)
<i>Total Egresos</i>	-	(1,000)	(1,041)	(1,084)	(1,129)	(1,175)	(1,224)	(1,274)	(1,327)	(1,381)	(1,438)
Efectivo Generado por la Operación	-	5,804	6,043	6,292	6,552	6,822	7,103	7,396	7,701	8,018	8,349

Inversión Inicial	(72,975)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Flujo de Caja Libre	(72,975)	5,804	6,043	6,292	6,552	6,822	7,103	7,396	7,701	8,018	8,349

Cifras expresadas en millones

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3.b. Cálculo para un sistema de almacenamiento de 400 m³

Tabla 34.

Inversión inicial para un tanque de 400 m³

Ítem	Descripción	Inversión
1	Red hidráulica, red de aguas lluvias	\$15.231.781,83
2	Tanque de agua	\$791.546.189,76
3	Bomba + cuarto de máquina	\$5.770.000,00
	TOTAL	\$812.547.971,59

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35.

Ingreso neto por usar un tanque de 400 m³

Opción de ingreso	Cantidad de agua consumida [m ³]	Porcentaje de ahorro	Ingreso Neto
Opción1. Para riego Opción3 (año 3).	501,62	2,94%	\$ 1.976.000,19
10% Soporte puntos de aseo.	1.013	7,11%	\$ 4.787.172,12

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36.

Valoración financiera para un tanque de 400 m³

Indicadores	Valor
VPN	- \$753.924.822,46
TIR	NA
Tasa de descuento ambiental gamma	3,51%
Tasa marginal	NA
VP Ingresos	\$55.603.149,13
VP Egresos	\$809.527.971,59
Relación Beneficio/Costo	0,07

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37.**Flujo de caja para tanque de 400 m³**

Ingresos	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingreso por reducción del costo de consumo servicio de agua potable para riego por captación de aguas lluvias		6,562	6,832	7,114	7,407	7,713	8,030	8,361	8,706	9,065	9,439
Ingreso por reducción del costo de consumo servicio de agua potable para puntos de aseo por captación de aguas lluvias		0,242	0,252	0,263	0,273	0,285	0,296	0,309	0,321	0,335	0,348
<i>Total Ingresos</i>	-	6,804	7,084	7,376	7,681	7,997	8,327	8,670	9,027	9,399	9,787
Egresos											
Mantenimiento	-	(1,000)	(1,041)	(1,084)	(1,129)	(1,175)	(1,224)	(1,274)	(1,327)	(1,381)	(1,438)
<i>Total Egresos</i>	-	(1,000)	(1,041)	(1,084)	(1,129)	(1,175)	(1,224)	(1,274)	(1,327)	(1,381)	(1,438)
Efectivo Generado por la Operación	-	5,804	6,043	6,292	6,552	6,822	7,103	7,396	7,701	8,018	8,349

Inversión Inicial	(812,548)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nuevas Inversiones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mantenimiento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Flujo de Caja Libre	(812,548)	5,804	6,043	6,292	6,552	6,822	7,103	7,396	7,701	8,018	8,349
----------------------------	------------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Cifras expresadas en millones

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 4. Plano general de la Universidad Autónoma de Bucaramanga

Este plano contiene todo el diseño hidráulico necesario para riego. Adicionalmente, cuenta con corte longitudinal del sistema de presión. Se adjunta dos planos a un CD.

ANEXO 5. Estudio de suelos. Análisis de estabilidad. Talud UNAB- Sede Bucaramanga

ANEXO 6. Cálculos estructurales para la cubierta del auditorio mayor realizados en el 2012

ANEXO 7. Plano detallado del tanque de almacenamiento de 400 m³.

Bibliografía

Agencia de Protección Ambiental del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, 2009. *Construcción Sustentable: Del gris al verde. Promoción de cubiertas verdes en la Ciudad de Buenos Aires*. Agencia de Protección Ambiental. Buenos Aires. 18 p.

Akbari, H., 1995. *Cooling our communities: An overview of heat island project activities*. Annual Report, Heat Island Group. Lawrence Berkeley National Laboratory. Berkeley.

Akbari, H., y Konopacki, S., 2005. Calculating energy- saving potentials of heat-island reduction strategies. *Energy Policy*, 33 (6), 721- 756.

Alcaldía Distrital de Santa Marta, 2009. *Plan estratégico de turismo 2009- 2011: Hacia un destino sostenible*. Alcaldía Distrital de Santa Marta. Santa Marta.

Alshuwaikhat, H. M., & Abubakar, I. (2008). An integrated approach to achieving campus sustainability: assessment of the current campus environmental management practices. *Journal of Cleaner Production*, 16(16), 1777–1785. Recuperado de:

<http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2007.12.002>

Arquiográfico. (2016). *Techos Verdes – Un jardín en la azotea*. Recuperado June 28, 2017, de: <https://arquiografico.com/techos-verdes-un-jardin-en-la-azotea/>

Artaraz, M. (2001). Teoría de las tres dimensiones de desarrollo sostenible. *Ecosistemas*, 3, 1–6. Recuperado de: <http://doi.org/10.7818/RE.2014.11-2.00>

Badii, M., Catillo, J., Guillen, A., & Abreu, J. (2007). *Sustentabilidad y política (Sustainability and politics)*. *International Journal of Good Conscience*. 2(2), 274–285. Recuperado de: [http://www.spentamexico.org/v2-n2/2\(2\)_274-285.pdf](http://www.spentamexico.org/v2-n2/2(2)_274-285.pdf)

Baumann, N., 2006. Ground-nesting birds on green roofs in Switzerland: Preliminary observations. *Urban Habitats*, 4, 37- 50.

Benton, M. (2016). Origins of biodiversity. *PLOS Biology*, 56(1), 1–7. Recuperado de: <http://doi.org/10.1111/pala.12012>

Birmingham City Council. Birmingham. 83 p. Lopez Serna, M., 2010. Un acercamiento a las Cubiertas Verdes. F.B.P S.A. Medellín.

Burke, P. (2017). 89 – Feasibility Studies. In *Technical Career Survival Handbook* (pp. 221–222). Recuperado de: <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-809372-6.00089-X>

Burneo, S., Delgado, R., & Vérez, M. (2016). Estudio de factibilidad en el sistema de dirección por proyectos de inversión. *Ingeniería Industrial*, 37, 305–312.

Bustamante, L. P. (2007). Los derechos de la sustentabilidad: desarrollo, consumo y ambiente (Ediciones). Recuperado de: <http://books.google.com/books?id=jk77LWgX6doC&pgis=>

Carter, T. y Fowler, L., 2008. Establishing green roof infrastructure through environmental policy instruments. *Environmental Management*, 42 (1), 151-164.

Carter, T., y Jackson, C., 2007. Vegetated roofs for storm water management at multiple spatial scales. *Landscape and Urban Planning*, 80 (1/2), 84- 94.

Carter, T., y Keeler, A., 2008. Life-cycle cost-benefit analysis of extensive vegetated roof systems. *Journal of Environmental Management*, 87 (3), 350-363.

Cheshmehzangi, A. (2016). City Enhancement beyond the Notion of “Sustainable City”: Introduction to Integrated Assessment for City Enhancement (iACE) Toolkit.

Energy Procedia, 104, 153–158. Recuperado de:

<http://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.12.027>

Clark, C., 2008. Green roof valuation: A probabilistic economic analysis of environmental benefits. *Environmental Science and Technology*, 42 (6), 2155- 2161.

Colciencias. (2017). En Bucaramanga nació proyecto piloto de edificación verde modelo en América Latina. Recuperado January 25, 2018, de:

http://www.colciencias.gov.co/sala_de_prensa/en-bucaramanga-nacio-proyecto-piloto-edificacion-verde-modelo-en-america-latina

Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. (2016). Viverdi 84 Primer edificio multifamiliar residencial certificado en Colombia. Colombia. Recuperado de:

<https://www.cccs.org.co/wp/download/viverdi-84/?wpdmdl=8585>

Currie, B. A., y Bass, B., 2010. Using green roofs to enhance biodiversity in the City of Toronto. A discussion paper prepared for Toronto City Planning. Toronto. 42 p.

De Castro, R., & Chiappetta, C. (2013). Evaluating sustainability of an Indian university. *Journal of Cleaner Production*, 61, 54–58. Recuperado de:

<http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.02.033>

Dinsdale, S., Pearen, B., y Wilson, C., 2006. Feasibility study for green roof application on Queen's University campus. Documento interno. Queen's University. Kingston, Ontario.

Drivers Jonas, 2009. Greater Manchester green roof programmer: feasibility study. [Consult 2 September 2011].

Dunnett, N., y Kingsbury, N., 2008. *Planting Green Roofs and Living Walls* (2nd edition). Timber Press. Portland, Oregon.

Echebarría, C., & Aguado, I. (2003). La planificación urbana sostenible. *Zainak*, 24, 643–660.

Findenter. (2016). *Ciudades sostenibles y competitivas*. Recuperado de http://www.findeter.gov.co/publicaciones/ciudades_sostenibles_y_competitivas_publicaciones

Fondo Internacional para el Desarrollo de la Agricultura. (2013). *Captación y almacenamiento de agua de lluvia. Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe*. Santiago. Recuperado de: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/AGRO_Noticias/docs/captacion_agua_de_lluvia.pdf

Foo, D., & Tan, R. (2016). A review on process integration techniques for carbon emissions and environmental footprint problems. *Process Safety and Environmental Protection*, 103(Part B), 291–307. Recuperado de: <http://doi.org/10.1016/j.psep.2015.11.007>

Fujii, S., Cha, H., Kagi, N., Miyamura, H., y Kim, Y. S., 2005. Effects on air pollutant removal by plant absorption and adsorption. *Building and Environment*, 40 (1), 105-112.

García, I., 2010. *Beneficios de los sistemas de naturación en las edificaciones*. SNES-ABC, 22. Gernot, M., 2004. *Techos verdes. Planificación, ejecución, consejos prácticos*. Fin de Siglo. Montevideo. 85 p.

García, R. (2011). *La Dimensión Económica del Desarrollo Sostenible*. Alicante: Editorial Club Universitario. Recuperado de: <http://www.editorial-club-universitario.es/pdf/4494.pdf>

Gasquet, H. L. (2004). *Conversion de la luz solar en Energía Eléctrica: Manual Teórico y Práctico sobre los sistemas Fotovoltaicos*. México. Recuperado de: <http://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/7097/7098/7099/7103/82474.pdf>

GDA. (2017). *Empresas Responsables con el Medio Ambiente*. Gestión Y Desarrollo Ambiental.

Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, 2010. Resolución N°175-APRAL10 de 15 de Junio de 2010. Hartig, T., Mang, M., y Evans, G. W, 1991. Restorative effects of natural environment experience. *Environment and Behavior*, 23 (1), 3- 26.

González, J. (2009). Condominios y estabilidad ecológica en los andes centrales colombianos. *Luna Azul*, 29(1909–2474), 54–67. Recuperado de: <http://www.ambientalex.info/revistas/vol2920096.pdf>

Goodland, R. (1995). The concept of environmental sustainability. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 26, 1–24.

Gurevich, Y., & Meléndez, M. (2013). Fenómenos de contacto y sus aplicaciones en celdas solares *Ciencia y Tecnología*. Ciencia Y Tecnología.

Hartmuth, G., Huber, K., & Rink, D. (2008). Operationalization and contextualization of sustainability at the local level. *Wiley InterScience*, 16, 261–270. Recuperado de: <http://web.b.ebscohost.com.aure.unab.edu.co/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=ed8e479b-8291-40fb-92e7-65043324ded7%40sessionmgr103&vid=0&hid=101>

Herman, R., 2003. Green roofs in Germany: yesterday, today and tomorrow. En Greening Rooftops for Sustainable Communities, Chicago (pp. 41 - 45). En Proceedings of 1st North American Green Roof Conference: Greening Rooftops for Sustainable Communities, Chicago. 29- 30 May 2003. The Cardinal Group. Toronto.

Hui, S. C. M., 2011. Green roof urban farming for buildings in high-density urban cities. Invited paper for the Hainan China World Green Roof Conference, 18- 21 March 2011. Hainan, China.

Hwang, B. G., & Tan, J. S. (2012). Green building project management: Obstacles and solutions for sustainable development. *Sustainable Development*, 20(5), 335–349.

Recuperado de: <http://doi.org/10.1002/sd.492>

Ibáñez Gutiérrez, R. A., 2008. Techos vivos extensivos: Una práctica sostenible por descubrir e investigar en Colombia. *Alarife: Revista de arquitectura*, 61 (16), 21- 36.

Informe Brundtland. (1987). Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development. *Medicine, Conflict and Survival*, 4(1), 300.

Recuperado de: <http://doi.org/10.1080/07488008808408783>

Ionut, C. (2015). The importance of the feasibility study for the business plan. *Performance, Competitiveness, Creativity*, (1), 515–520.

Jim, C. Y., y Tsang, S. W, en prensa. Ecological energetics of tropical intensive green roof. *Energy and Buildings*.

Johnston, J., y Newton, J., 2004. *Building Green: A guide to using plants on roofs, walls and pavements*. Mayor of London. London.

Joung, C. B., Carrell, J., Sarkar, P., & Feng, S. C. (2012). Categorization of indicators for sustainable manufacturing. *Ecological Indicators*, 24, 148–157. Recuperado de:

<http://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.05.030>

Jun Yang, J., Yu, Q., y Gong, P., 2008. Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago. *Atmospheric Environment*, 42 (31), 7266- 7273.

Kortright, R., 2001. Evaluating the Potential of Green Roof Agriculture: a demonstration project. City. Farmer. Ontario.

Kosareo, L., y Ríes, R., 2007. Comparative environmental life cycle assessment of green roofs. *Building and Environment*, 42 (7), 2606-2613.

Kuhn, M. y Peck, S., 2003. Design guidelines for green roofs. Ontario Association of Architects Ontario. 22 p. Landsberg, H. E., 1981. The urban climate. Academic Press. New York.

La carta de Alborg. (1994). Carta de las Ciudades Europeas hacia la Sostenibilidad. Dinamarca. Recuperado de: [http://www.ecourbano.es/imag/REF CARTA DE AALBORG.pdf](http://www.ecourbano.es/imag/REF_CARTA_DE_AALBORG.pdf)

LEED. (2017). This is LEED. Recuperado May 20, 2017, de: <http://leed.usgbc.org/leed.html>

LEY 675. (2001). Régimen de propiedad horizontal. Recuperado February 20, 2017, de: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=4162>

Leyh, C., Rossetto, M., & Demez, M. (2014). Sustainability management and its software support in selected Italian enterprises. *Computers in Industry*, 65(3), 386–392. Recuperado de: <http://doi.org/10.1016/j.compind.2014.01.005>

Li, J., Wai, O. W. H., Li, Y. S., Zhan, J., Ho, A., Li, J., y Lam, E., 2010. Effect of green roof on ambient CO₂ concentration. *Building and Environment*, 45 (12), 2644- 2651.

Livingroofs.org y Ecology Consultancy Ltd., 2004. Green Roofs - Benefits and cost implications.

Liu, A. M. M., Lau, W. S. W., & Fellows, R. (2012). The contributions of environmental management systems towards project outcome: Case studies in Hong Kong. *Architectural Engineering and Design Management*, 8, 160–169. Recuperado de: <http://doi.org/10.1080/17452007.2012.681173>

Llorente, J., & Aguirre, L. (2000). El concepto de especie y sus implicaciones para el desarrollo de inventarios y estimaciones en biodiversidad. *Monografías Tercer Milenio*, 1, 87— 96. Recuperado de:

<http://uniciencia.ambientalex.info/infoCT/Conespimpdesinvestbiomx.pdf>

López, M. (2014). *Sostenibilidad ambiental: nuestra última frontera* (primeraLóp). Cartagena de Indias.

Martínez. Eduardo. (1992). *Recursos naturales, Biodiversidad, Conservación y Usos Sustentable*. Multequina 1. Recuperado de:

http://www.cricyt.edu.ar/multequina/indice/pdf/01/1_8.pdf

Medio Ambiente de Castilla y León. (2016). *Recuperación de agua de lluvia*.

Recuperado June 28, 2017, de:

http://www.medioambiente.jcyl.es/web/jcyl/MedioAmbiente/es/Plantilla100/1236755648932/_/_/_

Miranda, J. J. (2005). Gestión de proyectos: Identificación-Formulación-Evaluación-Financiera, económica, social y ambiental. (Vol. Cuarta Edi). Recuperado de:

<http://doi.org/10.4067/S0718-34292008000200001>

Miranda, L. (2014). Cultura ambiental: un estudio desde las dimensiones de valor, creencias, actitudes y comportamientos ambientales. *Producción Más Limpia*, 8(2), 94–105. Recuperado de:

<http://repository.lasallista.edu.co:8080/ojs/index.php/pl/article/view/527>

Moldan, B., Janoušková, S., & Hák, T. (2012). How to understand and measure environmental sustainability: Indicators and targets. *Ecological Indicators*, 17, 4–13.

Recuperado de: <http://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.04.033>

Monfort, R. (2012). El aporte a la sostenibilidad de los huertos urbanos. Recuperado March 19, 2017, de: <http://www.stepienybarno.es/blog/2012/05/15/el-aporte-a-la-sostenibilidad-de-los-huertos-urbanos/>

Morales, J. L., Meseguer, E., Catalá, D., Gil Sanz, J., Picó, L., Hernández, J., & Guilabert, P. (2010). Definición, principios e historia de la educación ambiental.

Mori, K., & Christodoulou, A. (2012). Review of sustainability indices and indicators: Towards a new City Sustainability Index (CSI). *Environmental Impact Assessment Review*. Recuperado de: <http://doi.org/10.1016/j.eiar.2011.06.001>

Murcia, H. R. (2009). Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas Development of Solar Energy in Colombia and its Prospects. *Revista de Ingeniería*, 28. Recuperado de: <http://doi.org/ISSN.0121-4993>

Nagase, A., y Dunnett, N., 2010. Drought tolerance in different vegetation types for extensive green roofs: Effects of watering and diversity. *Landscape & Urban Planning*, 97 (4), 318- 327.

Nakazawa, H. (2006). Between the Global Environmental Regime and Local Sustainability: A Local Review on the Inclusion, Failure and Reinventing Process of the Environmental Governance. *International Journal of Japanese Sociology*, 15, 69–85. Recuperado de: <http://doi.org/10.1111/j.1475-6781.2006.00086.x>

Nexus Sun. (2017). Electricidad con energía solar. Recuperado June 27, 2017, de <http://www.nexussun.com/paneles-solares-trujillo.html>

Niu, H., 2010. Scaling of economic benefits from green roof implementation in Washington, DC. *Environmental Science and Technology*, 44 (11), 4302- 4308.

Nowak, D. J., Crane, D. E., y Stevens, J. C., 2006. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban Forestry & Urban Greening*, 4, 115-123.

OBS Business School. (2017). Proyectos ecológicos, ¿en qué consisten? Recuperado February 20, 2017, de: <http://www.obs-edu.com/int/blog-project-management/tipos-de-proyecto/proyectos-ecologicos-en-que-consisten>

OIKOS Constructora. (2014). Construcción de edificios sostenibles. Recuperado May 24, 2017, de: <https://www.oikos.com.co/constructora/proyectos-de-construccion-sostenible>

ONU. (1992). Cumbre de la tierra, Río 1992. *Zhurnal Eksperimental'noi I Teoreticheskoi Fiziki*.

Organización de las Naciones Unidas. (2015). Objetivos y metas de desarrollo sostenible. Recuperado March 30, 2017, de:

<http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Paladino & Company, Inc., 2004. Green roof feasibility review: King County office project. Paladino & Company, Inc. Washington.

Papasseit, P. (2005). Los conceptos de Ciudad Verde y de la construcción sostenible. Bricojardinería & Paisajismo. Recuperado de

<http://www.horticom.com/pd/imagenes/69/170/69170.pdf>

Parrado, Á., & Trujillo, H. (2015). Universidad y sostenibilidad: una aproximación teórica para su implementación. AD- Minister, 26, 149–163. Recuperado de:

<http://doi.org/10.17230/ad-minister.26.7>

Perea, S., Cabrales, J., & Jiménez, H. (2009). Sostenibilidad y Desarrollo. Alarife.

Pereiro, P. (2012). Requisitos para un urbanismo sostenible : aspectos económicos, sociales y medioambientales. Recuperado de:

<http://www.conama11.vsf.es/conama10/download/files/conama11/CT2010/1896705643.pdf>

Perspectiva Mundial sobre la Diversidad Biológica. (2011). Perspectiva Mundial sobre la Diversidad Biológica 4. Canadá. Recuperado de:

<https://www.cbd.int/gbo/gbo4/publication/gbo4-es-hr.pdf>

PMBOK. (2017). PMBOK Guide and Standards. Recuperado May 26, 2017, de

<https://www.pmi.org/pmbok-guide-standards>

Polanco, J., Ramírez, F., & Orozco, M. (2016). Incidencia de estándares internacionales en la sostenibilidad corporativa: una perspectiva de la alta dirección. *International standards effect on corporate sustainability: A senior managers' perspective. Estudios Gerenciales*, 32, 181–192. Recuperado de:

<http://doi.org/10.1016/j.estger.2016.05.002>

Popovic, T., Kraslawski, A., & Avramenko, Y. (2013). Applicability of sustainability indicators to wastewater treatment processes. *Computer Aided Chemical Engineering* (Vol. 32). Elsevier B.V. <http://doi.org/10.1016/B978-0-444-63234-0.50156-1>

Ramírez, C. (2017). Producción y Consumo Sostenible. Recuperado February 16, 2017, de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/154-plantilla-asuntos-ambientales-y-sectorial-y-urbana-7>

Ramírez, W. A., & Bolaños Silva, T. (2012). The role of green roofs on atmospheric carbon removal in the neotropics: a revision. *Nodo: Arquitectura. Ciudad. Medio Ambiente*, 6(12).

Register, R. (1987). *Ecocity Berkeley: Building Cities for a Healthy Future*. California. Recuperado de: https://books.google.com.co/books?id=QYE-Q8MAF3MC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Reid, J., Bruner, A., Chow, J., Malky, A., Rubio, J., & Vellejos, C. (2015). Ecological Compensation to Address Environmental Externalities: Lessons de South American Case Studies. *Journal of Sustainable Forestry*, 34(1054–9811), 605–622. Recuperado de: <http://doi.org/10.1080/10549811.2015.1046081>

Renterghem, T. V., y Botteldooren, D., 2009. Reducing the acoustical facade load from road traffic with green roofs. *Building and Environment*, 44 (5), 1081- 1087.

Renterghem, T. V., y Botteldooren, D., 2011. In-situ measurements of sound propagation over extensive green roofs. *Building and Environment*, 46 (3), 729-738.

Rivas Marín, M. I. (2011). Modelo de sistema de gestión ambiental para formar universidades ambientalmente sostenibles en Colombia. *Gestión Y Ambiente*, 14(1), 151–162. Recuperado de <http://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/25453>

Rodríguez, F., & Fernández, G. (2010). Ingeniería sostenible: nuevos objetivos en los proyectos de construcción. *Revista Ingeniería de Construcción*, 25(2), 147–160.

Recuperado de: www.ing.puc.cl/ric

Ruegger, J. (2010). The introduction of sustainable strategies and technology to the US housing building industry: Design, construction and performance analysis of energy-efficient residential buildings - A case study. *International Journal of Technology, Knowledge and Society*, 6(2), 151–161.

Ruiz, A., Cavelier, J., Santos, M., y Soriano, P J., 2002. Cacti in the Dry Formations of Colombia: Chapter 16 (pp. 324- 341). En T. H. Fleming, y Valiente-Banuet (Eds.). *Cacti in the Dry Formations of Colombia*. Arizona University Press. Tucson, Arizona.

Salgot, M., & Folch, M. (2010). La reutilización de aguas residuales. *Agua Potable Para Comunidades Rurales, Reúso Y Tratamientos Avanzados de Aguas Residuales Domésticas*. Recuperado de.

http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo_19.pdf

Samangoei, M., 2006. Green spaces in the sky. VVhat role do green roofs play in a Twenty-first century city? Tesis de grado no publicada. Department of Architecture. Oxford Brookes University. Oxford.

Sánchez, G. (2002). Desarrollo y medio ambiente: una mirada a Colombia. *Economía Y Desarrollo*, 1, 80–98.

Saura, P., & Hernández, M. (2008). La evolución del concepto de sostenibilidad y su incidencia en la educación ambiental. *Universidad de Salamanca*, 20(1130–3743), 179–204. Recuperado de:

https://gredos.usal.es/jspui/bitstream/10366/71807/1/La_evolucion_del_concepto_de_sostenibili.pdf

Scholz- Barth, K., y Tanner, S., 2004. Federal Technology Alert: Green Roofs. DOE Energy Efficiency and Renewable Energy (EERE). U.S. Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy. Washington.

Silva, V. (2009). Implicaciones de los proyectos de cambios masivos de lámparas incandescentes por fluorescentes compactas en Colombia. Colombia. Recuperado de: http://www.grupo-epm.com/Portals/1/biblioteca_epm_virtual/tesis/implicaciones_de_los_proyectos_de_cambios_masivos_de_lamparas_incandescentes_por_fluorescent.pdf

Simón, S., Bouvier, J.-C., Debras, J. F., & Sauphanor, B. (2010). Biodiversity and pest management in orchard systems. A review. *EDP Sciences*, 30, 139–152.

Sofeska, E. (2016). Relevant Factors in Sustainable Urban Development of Urban Planning Methodology and Implementation of Concepts for Sustainable Planning

(Planning Documentation for the Master Plan Skopje 2001–2020). *Procedia*

Environmental Sciences, 34, 140–151. Recuperado de:

<http://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.04.014>

SUNSUPPLY. (2016). Paneles solares en la Universidad Javeriana. Recuperado January 25, 2018, de: <https://www.sunsupplyco.com/project/paneles-solares-en-la-universidad-javeriana/>

Teemusk, A., y Mander, U., 2009. Green roof potential to reduce temperature fluctuations of a roof membrane: A case study from Estonia. *Building and Environment*, 44 (3), 643- 650.

UDES. (2016). La UDES, implementará micro parque de energía eólica y solar. Recuperado January 25, 2018, de: <http://www.udes.edu.co/comunicaciones/item/782-la-udes-implementara-micro-parque-de-energia-eolica-y-solar.html>

UNATSABAR. (2004). Guía de diseño para captación del agua de lluvia. Lima. Recuperado de: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacd/cd47/lluvia.pdf>

UNESCO. (1975). carta belgrado.pdf.

UNESCO-PNUMA. (1987). Elementos para una Estrategia Internacional de Acción en Materia de Educación. Congreso Internacional Sobre La Educación Y La Formación Ambientales.

Unimedios: UN Manizales. (2016). Con paneles solares, la U.N. ahorra energía y reduce emisiones. Recuperado January 25, 2018, de: <http://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/con-paneles-solares-la-un-ahorra-energia-y-reduce-emisiones.htm#.WmThVTPzbZM.email>

- USGBC. (2015). US Green Building Council. Recuperado May 25, 2017, de:
<http://www.usgbc.org/projects/viverdi-84>
- Vanegas, J. (2006). ¿Cómo incorporar los criterios y principios de la sostenibilidad en el diseño, construcción y gestión de las infraestructuras? *Economías*, 63.
- Vargas, G. (2006). *Introducción a la Teoría Económica. Un Enfoque Latinoamericano* (Pearson Educación). México. Recuperado de
<http://herzog.economia.unam.mx/profesores/gvargas/libro1/cp25des.pdf>
- Weingaertner, C., & Moberg, A. (2014). Exploring social sustainability: Learning de perspectives on urban development and companies and products. *Sustainable Development*, 22(2), 122–133. Recuperado de: <http://doi.org/10.1002/sd.536>
- Williams, N. S. G., Rayner, J.P., y Raynor, K. J., 2010. Green roofs fora wide brown land: Opportunities and barriers for rooftop greening in Australia. *Urban Forestry & Urban Greening*, 9 (3), 245- 251.
- Wong, N. H., Cheong, D. K .W, Yan, H., Soh, J., Ong, C. L., y Sia, A., 2003. The effect of rooftop garden on energy consumption of a commercial building in Singapore. *Energy*
- Wong, N.H., Tay, S. F., Wong, R., Ong, C. L., y Sia, A., 2003. Life cycle cost analysis of rooftop gardens in Singapore. *Building and Environment*, 38 (3), 499-509.
- Yoshida, Y., Shimoda, Y., & Ohashi, T. (2017). Strategies for a sustainable campus in Osaka University. *Energy and Buildings*, 147, 1–8. Recuperado de:
<http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.04.020>

Yusoff, S., & Nordin, R. (2015). Environmental Management Systems (EMS) ISO 14001 Implementation in Construction Industry: A Malaysian Case Study. *Issues in Social & Environmental Accounting*, 9(1), 18–31.

Zielinski, S., Carlos, J., Paternina, V., & Marta, S. (2012). Green Roofs: ¿a feasible tool for environmental management in the hospitality sector of El Rodadero, Santa Marta? *Gestión Y Ambiente*, (1).

Ziout, A., Azab, A., Altarazi, S., & ElMaraghy, W. H. (2013). Multi-criteria decision support for sustainability assessment of manufacturing system reuse. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 6(1), 59–69. Recuperado de:

<http://doi.org/10.1016/j.cirpj.2012.10.006>