

**PROPUESTA DE ESTRATEGIAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL
CONCEPTO CAMPUS VERDE: CASO UIS SEDE CENTRAL**

ANDRÉS FELIPE LUNA CHACÓN



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA**

2016

**PROPUESTA DE ESTRATEGIAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL
CONCEPTO CAMPUS VERDE: CASO UIS SEDE CENTRAL**

ANDRÉS FELIPE LUNA CHACÓN

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero
Electricista**

**Director:
JUAN MANUEL REY LÓPEZ
Ingeniero Electrónico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA**

2016

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	13
1.1 SOSTENIBILIDAD	14
1.2 CAMPUS VERDE	15
1.3 INDICADOR.....	15
1.4 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE GRADO.....	16
1.4.1 Objetivo general.....	16
1.4.2 Objetivos específicos	16
1.4.3 Alcance	16
2. CONTEXTUALIZACIÓN	17
2.1 LA UIS	17
2.2 ANTECEDENTES.....	18
2.3 NORMATIVIDAD COLOMBIANA.....	19
3. DEFINICIÓN DE ÁREAS CRÍTICAS	22
3.1 ENCUESTA	24
3.1.1 Análisis de datos.....	27
3.1.2 Resultados de la encuesta.....	27
3.2 MECANISMOS DE CERTIFICACIÓN INTERNACIONALES.....	31
3.3 CONSUMO DE ENERGÍA	38
3.4 CONCLUSIÓN ÁREAS CRÍTICAS	42
3.5 PROGRAMAS EN LA ACTUALIDAD RELACIONADOS CON LAS ÁREAS CRÍTICAS DE LA UIS.....	44
3.5.1 Cursos relacionados con sostenibilidad.....	44
3.5.2 Grupos de investigación relacionados con sostenibilidad.....	45
3.5.3 Sistema de gestión integral de residuos	45

3.5.4 Programa de uso racional del agua	46
3.5.5 Aplicaciones sostenibles en el Edificio de Eléctrica	47
4. PROPUESTA DE ESTRATEGIAS	48
4.1 MEDICIÓN INTEGRAL INTELIGENTE DE ENERGÍA Y AGUA EN LOS EDIFICIOS DENTRO DEL CAMPUS.....	48
4.2 IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE ENERGÍA.....	49
4.3 ESTANDARIZACIÓN DEL ESTUDIO DE VIABILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN HÍBRIDO	50
4.4 ADAPTACIÓN DE EDIFICIOS PARA IMPLEMENTAR EL DISEÑO EFICIENTE	51
4.5 CREACIÓN DE BASE DE DATOS DE CONTINUA ACTUALIZACIÓN: CAMPUS VERDE UIS	55
4.6 CAMPAÑA DE DIVULGACIÓN DE INFORMACIÓN	56
4.7 CONVIRTIENDO LOS RESIDUOS DEL CAMPUS EN ENERGÍA RENOVABLE	58
4.8 PROYECTO PARA INCORPORAR LA SOSTENIBILIDAD EN LOS CURSOS ACADÉMICOS.....	62
4.9 CONSIDERACIONES CAPÍTULO 4	64
5. INDICADORES	65
6. CONCLUSIONES	68
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
BIBLIOGRAFÍA.....	78
ANEXOS.....	86

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Porcentajes de participación en la encuesta por rol	28
Gráfica 2. Áreas críticas según comunidad UIS.....	29
Gráfica 3. Barreras según la comunidad para alcanzar un campus verde.....	30
Gráfica 4. Motivaciones para implementar un campus verde	31
Gráfica 5. Consumo de la sede central de la UIS en el 2015	39
Gráfica 6. Clasificación por tipo de carga.	41

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Recipientes con código de colores para clasificación de residuos	46
Figura 2. Babilio, la mascota del programa de gestión integral de residuos	46
Figura 3. Fachada Edificio Eléctrica (Tomado de la página web de la universidad)	53
Figura 4. Tubos solares y cubiertas verdes Edificio Eléctrica	54

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Parámetros de calificación STARS para las áreas críticas de la UIS	36
Tabla 2. Parámetros de calificación STARS en el área académica	37
Tabla 3. Consumo dentro del campus por medidor en el año 2012.....	40
Tabla 4. Consumo dentro del campus por medidor en el año 2015.....	40
Tabla 5. Áreas críticas identificadas	43
Tabla 6. Cursos relacionados con sostenibilidad	44
Tabla 7. Grupos de investigación relacionados con sostenibilidad	45
Tabla 8. Insumos y productos del proceso de aceite a biodiesel.	60
Tabla 9. Insumos y productos del proceso de pastillas de combustible.....	61
Tabla 10. Insumos y productos del proceso de digestión anaeróbica.....	62
Tabla 11. Propuesta de indicadores	65
Tabla 12. Tendencia establecida para los indicadores	67

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Test.....	86
ANEXO B. Encuesta.....	87

RESUMEN

TÍTULO: PROPUESTA DE ESTRATEGÍAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL CONCEPTO CAMPUS VERDE: CASO UIS SEDE CENTRAL*

AUTOR: ANDRÉS FELIPE LUNA CHACÓN**

PALABRAS CLAVES: Sostenibilidad, campus verde, área crítica, indicador.

DESCRIPCIÓN:

Con el fin de promover los términos de sostenibilidad y campus verde en la sede principal de la Universidad Industrial de Santander, se estableció un procedimiento dividido en 3 etapas principales que darán como resultado una recomendación de una serie de estrategias para implementar en sus instalaciones, esto atiende a la necesidad global de proponer e implementar iniciativas que mitiguen los efectos negativos de las actividades humanas sobre el ecosistema.

Durante todo el proyecto se llevó a cabo una recopilación bibliográfica para ampliar los conocimientos y estudiar experiencias de situaciones similares en otras universidades alrededor del mundo, también se utilizó para ampliar las definiciones que se tenían de sostenibilidad y campus verde.

La primera etapa consistió en la identificación de áreas críticas, siendo este un término que se define en este trabajo. Estas permitieron identificar áreas que requieren de intervención para la implementación de conceptos de sostenibilidad. Para identificarlas se recurrieron a tres métodos distintos de los cuales se encontraron antecedentes exitosos en la literatura.

La segunda etapa consistió en proponer las estrategias pertinentes para implementar un campus verde teniendo en cuenta las áreas críticas identificadas.

Este trabajo sigue la tendencia académica global de concentrar esfuerzos en encontrar soluciones a las problemáticas ecológicas y de desarrollo, que han nacido del manejo irresponsable que le ha dado la humanidad a los recursos naturales, y alienta a que se continúe el desarrollo y la investigación para la construcción de un campus verde

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Director: Ing. Juan Manuel Rey López

ABSTRACT

TITLE: STRATEGIES PROPOSAL FOR THE IMPLEMENTATION OF GREEN CAMPUS
CONCEPT: CASE UIS CENTRAL CAMPUS*

AUTHOR: ANDRÉS FELIPE LUNA CHACÓN**

KEYWORDS: Sustainability, green campus, critical area, indicator.

DESCRIPCIÓN:

With the aim of promoting sustainability and green campus concepts in Santander's Industrial University principal campus, a process was established divided in 3 stages that will generate as a result a recommendation of a set of strategies to accomplish in its installations, this respond to the global need to propose and execute initiatives wich mitigate negative effects cause by human activities in the enviroment.

During the project bibliography was recolect in order to extend knowledge in this field and to study similars situations and expiriences in others universities around the world, it was also used to reinforce the definitios of sustainability and green campus.

The first stage consists in the identificaction of critical áreas, being this a term that will be defined in this work. This allowed to identify areas wich require intervention for the implementation of sustainability concepts. For its identificacion three methods whith successful background were used.

Second stage consists in the propoal of a set of relevants strategies for the implementation of a green campus, taking into account the critical areas.

This work follows the overall economic trend of concentrating efforts on finding solutions to environmental and development issues, who are born of irresponsible management that has given mankind to natural resources, and encourages the development and research continue to building a green campus.

* Work degree

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Electrical Engineering, Electronics and Telecommunications. Director: Ing Juan Manuel Rey Lopez

INTRODUCCIÓN

El desarrollo tecnológico e industrial de una sociedad depende principalmente de la administración eficiente de los medios disponibles. Desde mediados del siglo XVIII, en el marco de la revolución industrial, las actividades del hombre han llevado a una explotación indiscriminada de los recursos naturales, dando como resultado problemáticas ambientales, energéticas e inclusive sociales [1]. Por esta razón, las áreas de la ingeniería y la ciencia tienen el compromiso, con generaciones pasadas y futuras, de concentrar esfuerzos para transformar el enfoque del progreso de la humanidad, buscando así bienes, procesos y edificaciones cada vez más amigables con los ecosistemas y el medio ambiente.

En este orden de ideas, y teniendo en cuenta la importancia de implementar acciones que protejan el medio ambiente y promuevan el desarrollo sostenible, este proyecto de grado tiene como objetivo identificar las áreas críticas que requieren una intervención prioritaria, para proponer estrategias que apunten a dichos aspectos en el caso específico: campus UIS sede central.

El concepto campus verde hace referencia a una institución de educación superior que es consciente de su responsabilidad local y global de proteger y garantizar el bienestar de los seres humanos y el ecosistema [2], por lo que pone a disposición el conocimiento de la comunidad universitaria para atender los desafíos ecológicos, entendiendo la interdependencia de la actividad humana con el medio ambiente [3]. En este sentido, un campus verde debe institucionalizar y adoptar principios de acción que se orquesten para la participación de la comunidad universitaria y la sociedad con el fin de minimizar cualquier impacto negativo ambiental, económico, social y de salud, cumpliendo con sus actividades educativas, de investigación y extensión [4], [5].

Aunque el concepto campus verde abarca diferentes dimensiones, comúnmente su interpretación suele enfocarse en la minimización de los impactos ambientales [6]. Aun así se encuentran importantes acuerdos como la declaración de Talloires en la que más de 430 universidades de 50 países se comprometen a trabajar en la sostenibilidad abarcándola de manera amplia con políticas, programas de compromiso cívico, programas educativos, etc. [7]. Paralelamente existen otros tratados como el reporte anual publicado por el *Sustainable Campus Group* (SCG) que consiste fundamentalmente en la recopilación de resultados de desempeño ambiental [8].

La metodología a utilizar lleva un orden de actividades con un objetivo específico cada una. Inicialmente se identificarán las áreas críticas en el campus central de la UIS, siendo áreas críticas un término que se planteará y definirá en el transcurso del trabajo. A continuación se propondrán las estrategias pertinentes para dar solución a las áreas críticas. Finalmente se propondrán indicadores que permitan medir el impacto de las estrategias teniendo en cuenta las características del entorno.

1.1 SOSTENIBILIDAD

“Es el desarrollo que logra alcanzar las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad de generaciones futuras de alcanzar las suyas”[9]. Para la aplicación del término, se debe tener en cuenta tres dimensiones de trabajo: ecosistema, sociedad y economía. Al lograr un equilibrio entre estos tres aspectos y poder incluir a la gente, al planeta y las utilidades en el proceso se podrán minimizar los impactos sociales y ambientales [10].

1.2 CAMPUS VERDE

El concepto de campus verde es un concepto amplio que ha sido construido a partir de contribuciones de diferentes trabajos en el mundo. Este concepto se desarrollará más a fondo en el documento del trabajo de grado, sin embargo a continuación se presenta una breve definición:

Es una institución de educación superior que de manera colectiva, involucra y promueve de forma activa, regional o globalmente, acciones que respondan a sus responsabilidades de proteger y velar por la salud de los humanos y el ecosistema[4][11]. Implica un mejor equilibrio entre los aspectos económicos sociales y metas ambientales en la formulación de políticas, además de una perspectiva a largo plazo de las consecuencias de las actividades del campus[12]. Se caracteriza por un crecimiento económico basado en la justicia social y la eficiencia en el uso de los recursos naturales[13].

Esta definición conlleva un factor académico, ya que no se puede desligar la naturaleza intelectual y técnica de una universidad de su responsabilidad con la salud y el medio ambiente.

1.3 INDICADOR

Un indicador es una medición cuantitativa o cualitativa que permite evaluar el avance, resultados o impacto de determinada área, factor o variable. El uso de indicadores de eficiencia ambiental es comúnmente identificado como uno de los factores más exitosos para la implementación de diseños ecológicos, ya que indican oportunidades de mejora [14].

1.4 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE GRADO

A continuación se presentan los objetivos y alcances del trabajo de grado

1.4.1 Objetivo general. Proponer estrategias e indicadores de medición para la solución de aspectos críticos identificados en la sede central de la UIS, relacionados al concepto campus verde.

1.4.2 Objetivos específicos

- Identificar áreas críticas de posibles mejoras desde la óptica del concepto campus verde en el campus central de la UIS.
- Proponer estrategias que permitan dar soluciones a las áreas críticas identificadas.
- Proponer indicadores de medición que permitan estimar el impacto de las estrategias teniendo en cuenta las características del entorno.

1.4.3 Alcance

- La etapa de identificación de las áreas críticas está limitada al acceso de información por parte de diferentes dependencias de la universidad.
- El proyecto no incluye la implementación de las estrategias.
- Los indicadores de medición propuestos, deben estimar el impacto de las estrategias teniendo en cuenta las características del entorno.

2. CONTEXTUALIZACIÓN

Durante el desarrollo de este proyecto se hará evidente que la implementación de estrategias verdes está estrechamente ligado a las condiciones climáticas, políticas, sociales y meteorológicas. Es por esta razón que se hará una presentación del contexto general de la UIS en el área de sostenibilidad.

2.1 LA UIS

La Universidad Industrial de Santander (UIS) fue inaugurada oficialmente en 1948 atendiendo a las necesidades de industrialización que enfrentaba el país en ese momento, por lo tanto nació con un enfoque netamente industrial, pero con el tiempo fue ampliando sus programas e instalaciones hasta convertirse en un eje cultural, social y de desarrollo en la región.

El campus central de la UIS se encuentra al extremo norte de la meseta de Bucaramanga, ubicada en un área de 337.000 m² donde alberga diversos edificios académicos, administrativos, culturales y de investigación, así como zonas verdes, áreas deportivas y parqueaderos. La ciudad de Bucaramanga, capital del departamento de Santander, se encuentra ubicada en la latitud 7° 08' N y longitud 73° 08' W, a una altura de 959 msnm. Se caracteriza por tener un clima cálido-húmedo con una temperatura promedio de 22.55°C y una precipitación media anual de 1.041 mm y una radiación promedio diaria de 4.8 kWh/m² [15].

Teniendo en cuenta estos parámetros y que esta sede cuenta con 18.056 [16] estudiantes se puede hacer una idea de los requerimientos energéticos para un funcionamiento adecuado de la universidad que requirió en el año 2015, según los

datos proporcionados por planta física, de 6.868.866 [kWh]. Además la universidad en su sede central produce al día 756 [kg] de residuos no peligrosos y 590 [kg] de residuos peligrosos por semestre[17]. Para finalizar el consumo anual de agua de la sede central de la UIS es de 71.862 m³[18].

En este contexto cabe hacer la pregunta ¿Qué función cumple la institución en esta comunidad? Si se atiende a la misión institucional que dicta: “*La Universidad Industrial de Santander es una organización que tiene como propósito la formación de personas de alta calidad ética, política y profesional; la generación y adecuación de conocimientos; la conservación y reinterpretación de la cultura y la participación activa liderando procesos de cambio por el progreso y mejor calidad de vida de la comunidad*”, se entiende el compromiso que debe existir por parte de la comunidad universitaria para promover la sostenibilidad a nivel regional.

Si se sigue un orden lógico para alcanzar esta meta, salta a la vista el hecho de que la sede central de la universidad debe ser el lugar donde nazca el proceso de transformación que llevará a la culminación de esta, en otras palabras, es pertinente el desarrollo del concepto campus verde.

2.2 ANTECEDENTES

La UIS no es ajena al concepto campus verde, dentro del campus se han adelantado proyectos y actividades por la sostenibilidad. Entre estos están: El Programa del Uso Racional de la Energía que desarrolla e implementa alternativas uso racional de la energía y otras fuentes en la UIS[19], el Programa del Uso Racional del Agua que realiza diagnósticos y monitorea el consumo del agua[20], el Programa de Conservación y Manejo de la Flora y Fauna que vela por la conservación y el manejo adecuado de la flora y fauna de la UIS[21] y el Plan de

Gestión de Residuos que promueve la gestión integral de los residuos generados en la UIS[17]. Además de estos proyectos adelantados por la institución, hay gran cantidad de proyectos de grado y grupos de investigación en los que se ha desarrollado el tema. Los ejemplos son demasiados para listarlos, pero cabe resaltar alguno que trabajan temas como: Diseño de un sistema de suministro de energía eléctrica con tecnología solar fotovoltaica[22], uso racional de la energía a partir del diseño de aplicaciones sostenibles en el edificio Eléctrica II[23], elemento de iluminación que reduzca el consumo energético generado en las viviendas de interés social[24], diseño y construcción de un colector de tubos al vacío[25], diseño de iluminación con tubos reflectantes para el edificio de Eléctrica II[26], generación de energía con bicicletas estáticas[27], ventilación natural[28], sistemas para disminuir el consumo de aparatos sanitarios[29] y estudios en el aprovechamiento de la basura de la UIS[30].

2.3 NORMATIVIDAD COLOMBIANA

En la constitución de 1991 política de Colombia se elevó a norma constitucional la consideración, manejo y conservación de recursos naturales el medio ambiente. Esto se hace bajo tres principios fundamentales: Derecho a un ambiente sano, el medio ambiente cómo patrimonio común y promover el desarrollo sostenible. A continuación se hará un resumen de la normatividad Colombiana relacionadas con la sostenibilidad y el campus verde.

- Decreto 2811 de 1974: Código Nacional de Recursos Renovables y Protección del Medio Ambiente.
- Decreto 1608 de 1978. Por el cual se reglamentan las actividades que se relacionan con la fauna silvestre y sus productos.

- Ley 09 de 1979. Medidas sanitarias sobre manejo de residuos sólidos.
- Decreto 2787 de 1980. Reglamenta la Ley 2811 de 1974 “Reponer el recurso donde se realicen aprovechamientos de bosques nacionales y la necesidad de incentivar la plantación de bosques industriales por parte de las empresas que aprovechan este recurso”.
- Ley 84 de 1984. Estatuto nacional de protección animal.
- Resolución 2309 de 1986. Define los residuos especiales, los criterios de identificación, tratamiento y registro. Establece planes de cumplimiento vigilancia y seguridad.
- Ley 99 de 1993. Crea el Ministerio del Medio Ambiente y Organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA).
- Ley 299 de 1995. Por la cual se protege la flora Colombiana.
- Decreto 1791 de 1996. Por el cual se establece régimen de aprovechamiento forestal.
- Ley 373 de 1997. Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.
- Resolución 1074 de 1997: Por la cual se establecen estándares ambientales en materia de vertimientos.
- Ley 491 de 1999. Define el seguro ecológico y delitos contra los recursos naturales y el ambiente y se modifica el Código Penal.

- Ley 611 de 2000. Por la cual se dictan normas para el manejo sostenible de especies de Fauna Silvestre y Acuática.
- Ley 309 de 2000. Sobre la Investigación, Enseñanza y el promover actividades en búsqueda del cuidado del medio ambiente.
- Resolución 1096 de 2000: Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS.
- Ley 697 de 2001: Mediante el cual se fomenta el uso racional de energía, se promueve la utilización de energías alternativas.
- Decreto 1575 de 2007: Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano.
- Decreto 2501 de 2007: Por el cual se dictan medidas para promover prácticas de uso racional y eficiente de energía eléctrica.

3. DEFINICIÓN DE ÁREAS CRÍTICAS

Es primordial para el desarrollo del proyecto definir los puntos a intervenir de modo que sean los que tengan mayor peso al momento de implementar al concepto campus verde. Esto permite que los esfuerzos se concentren en corregir y mejorar los aspectos de la universidad que más lo requieren.

El análisis de identificación de áreas críticas debe ser lo más amplio posible, ya que cualquiera de los múltiples procesos que se realiza en un campus universitario puede cumplir las características para ser identificado como tal. Estos procesos pueden ser desde el consumo energético del campus, hasta la administración y gestión de los recursos tanto materiales como humanos. Incluso la falta de educación y conocimiento del tema en la comunidad universitaria, o cualquier otro de los tantos factores que afectan el desempeño sostenible.

La identificación de estas áreas mediante un análisis del funcionamiento y/o percepción en el contexto ambiental del campus universitario, se justifica por el impacto que estas tienen sobre las problemáticas ambientales globales del campus. Estas áreas se definen como áreas críticas basándose en el principio de Pareto, puesto que se espera que dichas áreas que se agrupan en menos del 20% del total de las áreas identificadas en el campus, produzcan un 80% de mejoramiento en el desarrollo del concepto campus verde al aplicar estrategias que apunten a implementar correctivos o mejoras en sus aspectos relacionados. Esto debería traducirse en ahorro en la inversión y eficiencia en la implementación de soluciones.

No existe un método que permita identificar las áreas críticas, esto depende totalmente de las condiciones sociales, ambientales, políticas, económicas y geográficas de cada campus. Debido a esto, no es posible estandarizar una

metodología que garantice como resultado la identificación de las áreas críticas para cualquier campus.

Sin embargo, en la literatura se encuentran algunos casos de estudios de diversas universidades en las que se realizaron proyectos similares a este, donde se implementan estrategias para la construcción de un campus verde o para promover la sostenibilidad, y en los que en cierto punto debió hacerse un estudio para definir cuáles eran sus áreas críticas de modo que fuera pertinente la aplicación de dichas estrategias. Teniendo en cuenta esto, se prosiguió a hacer un estudio de artículos de esta naturaleza, de modo que se analizarán cuáles son sus motivaciones al momento de identificar las áreas críticas. Cabe aclarar que sólo se va a hacer propuestas de estrategias sobre las áreas críticas que se identifiquen.

Se encontró que es su mayoría las universidades se rigen a partir de los lineamientos de los mecanismos de certificación internacionales para identificar sus áreas críticas, como la Universidad de Sonora que se rige según la ISO 14001 para aplicar sistemas de gestión ambiental, gracias a esto fue la primera universidad en Latinoamérica en obtener dicha certificación [31]. Otro ejemplo es la facultad de ingeniería de la Universidad de Indonesia, en ella se acogen a los lineamientos de calificación de los Principios de Berlín, la cual es una organización que califica a las instituciones de educación superior según su desempeño ambiental [32]. Otros trabajos seleccionan sus áreas críticas a partir de aspectos específicos como la Universidad de Tecnología del Sur de China, que al ver que el número de estudiantes en el país era elevado, más de 22 millones, un grupo de investigadores se percataron del potencial de aplicar métodos en la conservación de la energía, por lo tanto diseñaron un estudio para el análisis del consumo de la energía [33].

Finalmente, algunas universidades, basándose en la importancia de la participación de la comunidad universitaria en la construcción de un campus verde, seleccionaron las áreas críticas a partir de la percepción y opinión de los miembros de la comunidad reflejada en encuestas, como es el caso de la Universidad de Michigan, donde se realizó una encuesta con el fin de determinar el potencial del uso de bicicletas y transportarse caminando dentro y en los alrededores del campus, se diseñó para identificar las motivaciones y barreras entre la comunidad universitaria [34], por otra parte en la Escuela de Londres de Economía y Ciencia Política donde se realizaron entrevistas personalizadas a una muestra de estudiantes de diferentes universidades consultándoles acerca de los procesos de gestión de energía y residuos en cada universidad y cuestionando a los entrevistados acerca de las barreras para alcanzar un campus verde [35].

Ejemplos como los dos finales demuestran la importancia que debe tener la comunidad universitaria dentro de la construcción de un campus verde, además en diferentes ocasiones durante este trabajo se ha resaltado la relevancia de la opinión de estudiantes, profesores, trabajadores y directivos en este proceso, por lo tanto se decide que el primer método para identificar las áreas críticas será la encuesta, por lo tanto se profundizará en el diseño y análisis de encuestas consultando experiencias de otras universidades.

3.1 ENCUESTA

Teniendo en cuenta los hallazgos hechos al consultar los casos de diferentes universidades alrededor del mundo, se decidió que un método adecuado para identificar la percepción de la comunidad universitaria con respecto a las áreas críticas en el campus es por medio de las encuestas. A raíz de esto, se hizo una consulta enfocada en hallar y analizar casos de encuestas que se han ejecutado

en la temática. Una conclusión a la que se llegó fue que gran parte de estas encuestas que se realizaron en otras universidades iban dirigidas a profesores, administrativos o directivos expertos, como lo advierte el trabajo de la Escuela de Londres de Economía y Ciencia Política, en este trabajo también se habla sobre el tipo de preguntas, sugieren usar preguntas semi-abiertas, con opción de marcar más de una opción por pregunta, con este tipo de preguntas es más probable que evoque el punto de vista del entrevistado, por otra parte las preguntas y cuestionarios estandarizados, tienden a restringir más que mostrar la opinión de los participantes [35].

Encuestar solo a las autoridades en el tema puede garantizar resultados más certeros, pero evidentemente no refleja las preocupaciones de toda la comunidad universitaria y puede dar a entender que se discrimina a cierto sector de la misma, por lo tanto se buscó un método que permita la participación de toda la comunidad pero que dé prioridad a aquellos que están familiarizados con el campo de estudio.

Para dar solución a este problema se consideró el trabajo realizado en la universidad Estatal de Alabama, donde se practicó un test con el fin de comparar el conocimiento sobre sostenibilidad entre dos campus distintos, en este trabajo se estipula que un test de este tipo debe de ser sencillo, y considerar si el participante conoce las definiciones básicas relacionadas con sostenibilidad y el entendimiento y compromiso del participante acerca de las actividades sostenibles [36]. Siguiendo este ejemplo se diseñó un breve test de tres pregunta que se presenta al inicio de la encuesta, donde se pregunta principalmente por la definición de sostenibilidad y su relación con diferentes términos. La idea del test es evaluar al encuestado y así ponderar sus respuestas de la encuesta, escalando el valor del resultado en la encuesta según la cantidad de respuestas correctas, ponderando 1 para 0 o 1 respuesta correcta, 2 para 2 respuestas correctas y 3 para 3 respuestas correctas. Un ejemplo del test se presenta en el Anexo A.

Las encuestas consultadas en diferentes artículos siguen un patrón, este muestra que uno de los cuestionamientos más comunes son las barreras para alcanzar un campus verde, esto puede llevar a conclusiones interesantes en lo que pueden llegar a ser las barreras. En la Universidad de Turf se concluyó que era la falta de interés por parte de la comunidad, para la Universidad de Utrecht en Holanda se descubrió que su barrera principal era la estructura organizacional y cultural de la universidad, entre otros ejemplos como lo es la falta de conocimientos en la Universidad Autónoma de Barcelona[35]. Otros cuestionamientos comunes son los métodos y motivaciones para alcanzar los objetivos[37], también en el trabajo de la Universidad Estatal de Alabama hablan de la importancia de hacer una introducción al tema, de modo que el participante se predisponga a realizar la encuesta [36].

Siguiendo este orden de ideas, se diseñó una encuesta, cuyo objetivo principal es identificar las áreas críticas, y donde se preguntan fundamentalmente los tres aspectos identificados como más relevantes. Según [36], para que una encuesta de opinión refleje tendencias relevantes, la muestra debe ser de entre 50-100 participantes, a este criterio se acoge el proyecto.

La encuesta va dirigida para toda la comunidad universitaria y se difundió a través de correo electrónico y redes sociales. En el Anexo B se presenta el modelo de la encuesta, la cual se realizó a través de la herramienta en línea *encuestaonline*, que permite recolectar datos de manera gratuita para fines académicos. Se evitó la impresión de la encuesta siendo coherentes con varios de los conceptos anteriormente presentados.

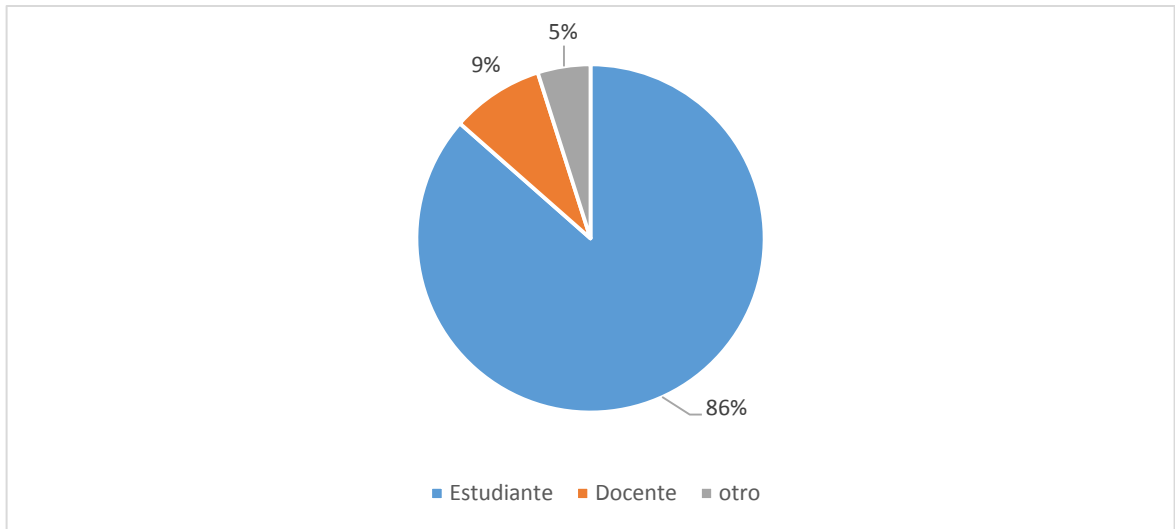
3.1.1 Análisis de datos. Después de realizar la encuesta, los datos fueron descargados de la herramienta web a un archivo de Excel, a continuación a cada participante se le evaluó su test y con la calificación obtenida se escaló las opciones que marcó en la encuesta, lo que quiere decir que un para un participante que obtuvo puntuación perfecta de 3, la opinión pesará tres veces más que para un participante con una calificación de 1. Al final a cada opción se le suma el peso correspondiente por cada participante que la marcó, es con este dato final que se realiza la estadística.

En total participaron 83 personas pertenecientes a la comunidad universitaria. Para analizar los datos se toma en cuenta una prueba estadística no paramétrica, ya que por la naturaleza de los datos se presupone que estos no van a tener una distribución teórica establecida. Para este tipo de datos los resultados derivan a partir de los procesos de ordenación y recuento[38]. Para este caso se escalaron los resultados según su ponderación, luego se ordenaron según la puntuación en la clasificación y luego se contó el total de puntos para cada opción.

3.1.2 Resultados de la encuesta. Inicialmente se preguntó por el rol del participante, lo que muestra que participaron estudiantes profesores, y en la categoría de otros se incluyen trabajadores, administrativos y el resto de actores pertenecientes a la comunidad universitaria, aunque la gran mayoría de los encuestados fueron estudiantes de distintos programas académicos como se ve en la Gráfica 1.

Se destaca que todos los docentes participantes obtuvieron puntuación perfecta, lo que quiere decir que, a pesar que el porcentaje de participantes que fueron profesores es relativamente pequeño (9%) su opinión tiene un peso adicional.

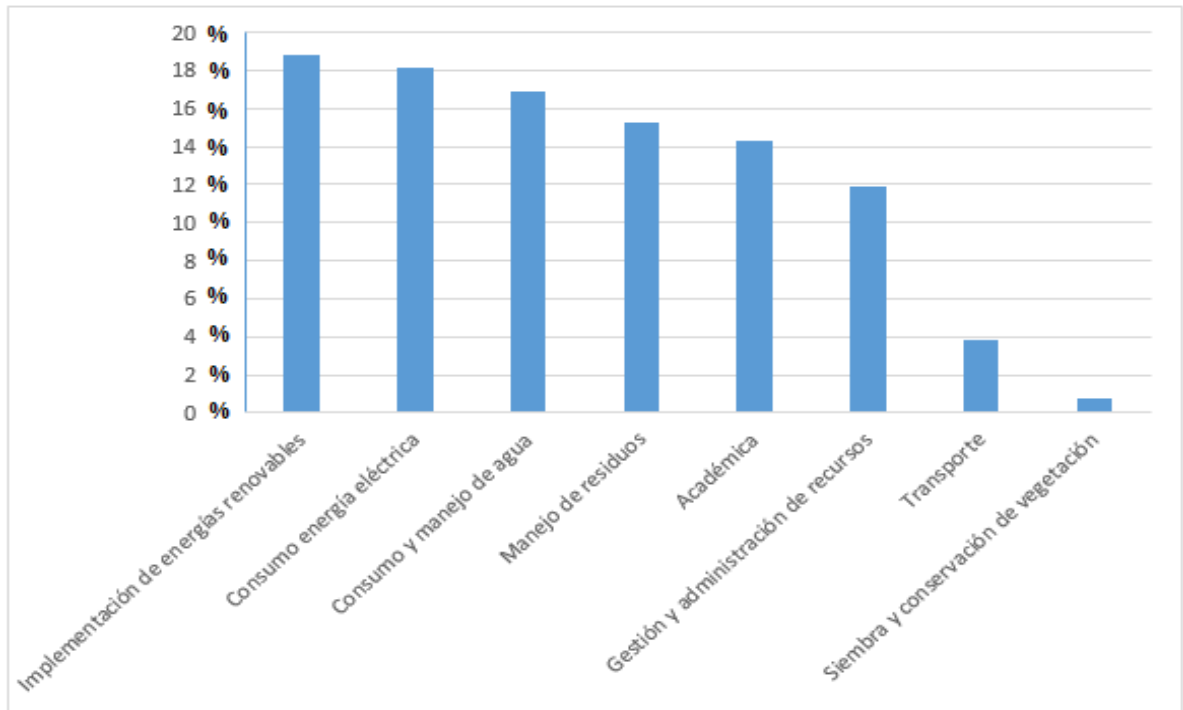
Gráfica 1. Porcentajes de participación en la encuesta por rol



El objetivo principal de la encuesta era conocer, según el punto de vista de la comunidad, cuáles eran las áreas críticas dentro del campus central de la UIS, en la Gráfica 2 se observa de manera porcentual el resultado.

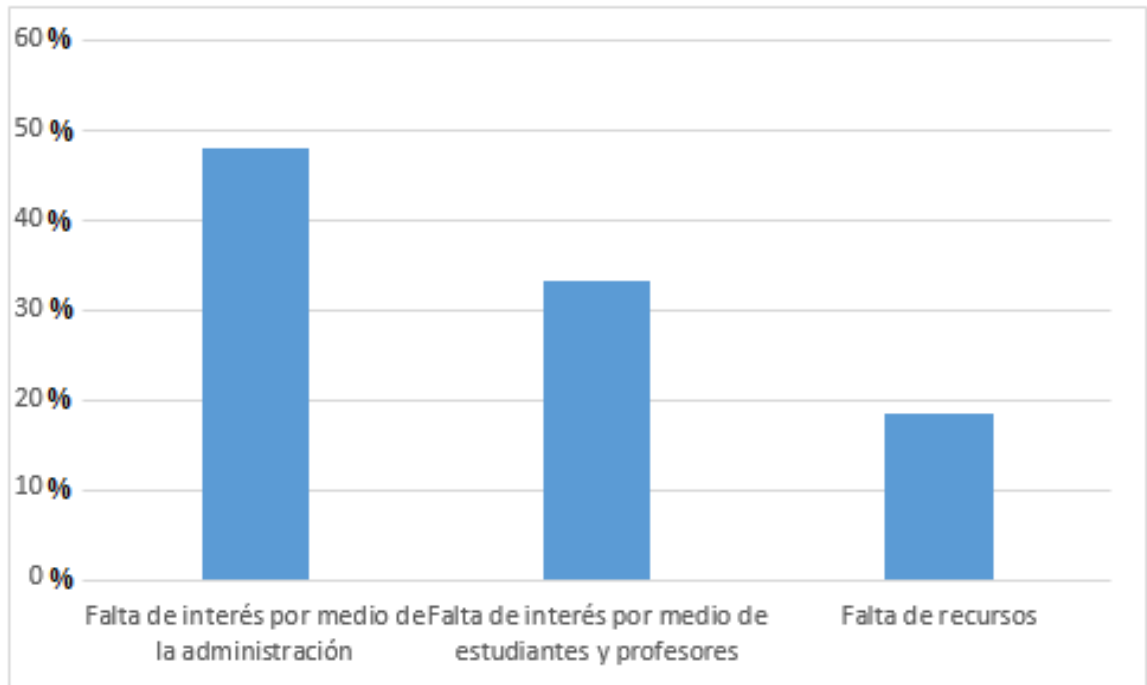
Siguiendo el principio de Pareto se puede concluir que las áreas críticas, según este método, son: falta de implementación de energías renovables, consumo de energía eléctrica, consumo y manejo de aguas y el manejo de residuos los cuales corresponden a un porcentaje total de 74%, lo cual se acerca al 80% estipulado por el principio, y es admisible esta diferencia ya que esta cifra es arbitraria, su aplicación reside en la descripción de un fenómeno por lo tanto es aproximada y adaptable a cada caso[39]. Es cierto que en la encuesta los participantes pusieron a consideración otros aspectos como el aspecto académico y las zonas verdes, pero acogiéndose a este principio se decide que en este momento y para este caso de estudio no se consideran como áreas críticas.

Gráfica 2. Áreas críticas según comunidad UIS



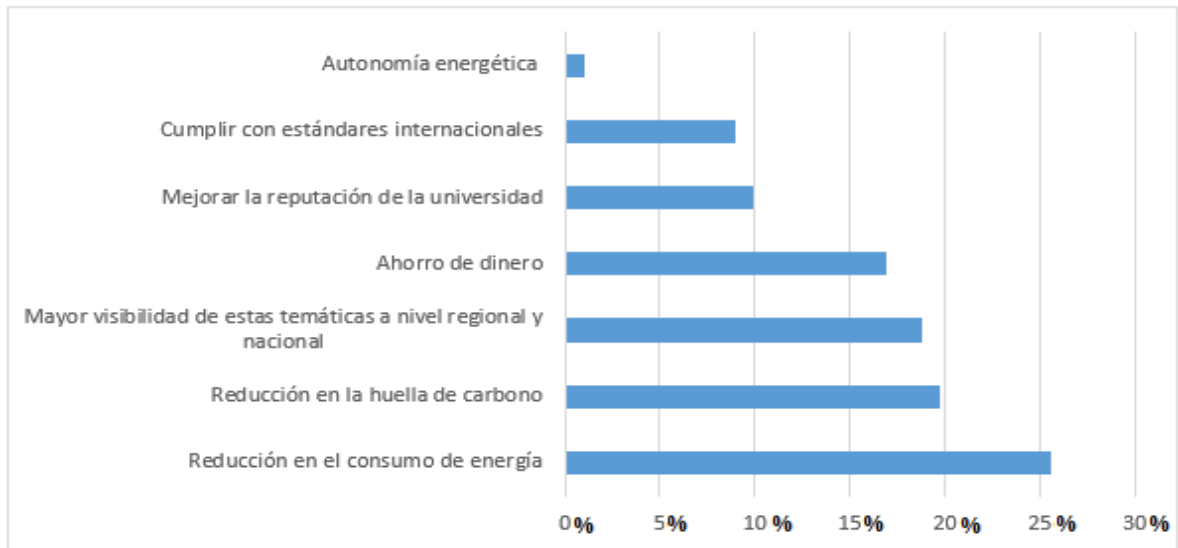
Otro aspecto importante de esta encuesta es la identificación de las principales barreras para alcanzar un campus verde en la sede central de la UIS, los resultados a esta pregunta se observan en la Gráfica 3 identificando que la principal barrera según la comunidad es la falta de interés por parte de la administración para promover proyectos que promuevan un campus verde. Discriminando los datos por rol, también se concluyó que los profesores no consideran que la falta de recursos sea una barrera. Esto indica que aunque los profesores tienen y conocen de recursos para implementar el concepto campus verde hay desinformación entre los estudiantes acerca de esto ya que varios de ellos si opinaron que la falta de recurso es una barrera.

Gráfica 3. Barreras según la comunidad para alcanzar un campus verde



Aprovechando la encuesta, también se preguntó a la comunidad cuáles creían que debían ser las motivaciones de la universidad para la implementación de un campus verde. Se encontró que la opinión respecto a la principal motivación es la reducción de consumo de energía como se observa en la Gráfica 4. Esto reitera la preocupación de la comunidad en el área energética.

Gráfica 4. Motivaciones para implementar un campus verde



Después de observar los datos se concluye que las áreas críticas según la percepción de la comunidad universitaria son: falta de implementación de energías renovables, consumo de energía eléctrica, consumo y manejo de aguas y el manejo de residuos. Reiterando la importancia de la participación de la comunidad universitaria en el desarrollo de un campus verde, se le dará a estos resultados la relevancia que merece, adoptándolos como punto de partida para hacer nuevos análisis y conclusiones.

3.2 MECANISMOS DE CERTIFICACIÓN INTERNACIONALES

Como segundo método para identificar las áreas críticas, y siguiendo el ejemplo de otras universidades, se recurrió al análisis de mecanismos internacionales de certificación, esto es una ventaja para la universidad, ya que si se utilizan los lineamientos de uno o más programa de certificación internacional para identificar

las áreas críticas, al momento en que la institución quiera realizar un proceso de certificación ya habrá una aproximación a este. A continuación se presentarán algunos de ellos.

GRI: Global Reporting Initiative lanzó su primera versión en el año 2000. En mayo del 2013 se lanzó la cuarta generación de su sistema (G4), que propone la utilización de indicadores que permiten el seguimiento de la gobernanza, la corrupción y el cambio climático. El objetivo de esta estrategia es mantener una memoria de sostenibilidad con el fin de hacer un seguimiento a la efectividad de los procesos económicos, ambientales y sociales. De este modo, la entidad que aplique esta herramienta usará las memorias para influenciar sus políticas y estrategias frente al aspecto de la sostenibilidad [40].

Una de las ventajas de la utilización del GRI es que proporciona herramientas versátiles para las organizaciones sin importar sus condiciones específicas. Este mecanismo de gestión ambiental es ventajoso también ya que posee tres niveles de aplicación: Principiantes (C), Intermedio (B) y para Expertos (A). Esto es ventajoso para las universidades en la medida que se desee agregar componentes al sistema de gestión, volviéndolo aún más complejo ya que se brindan las herramientas tanto para el inicio de la actividad de gestión ambiental como para niveles más avanzados. Para el 2011, 22 Universidades habían presentados informes de sostenibilidad o reportes ambientales[41].

EMAS: Eco-Management and Audit Scheme, definido por la Unión Europea como: “un instrumento voluntario de gestión ambiental para empresas y otras organizaciones para evaluar, informar y mejorar su comportamiento medioambiental. EMAS promueve la evaluación y las mejoras en el comportamiento medioambiental de las organizaciones participantes de forma continua” [42]. Es una guía que ofrece estrategias para las organizaciones europeas, que representan beneficios en minimización de costos, mejoramiento de

la imagen pública y control reglamentario, además que tiene como fin mejorar el desempeño ambiental de las organizaciones que decidan utilizarla [43]. Hasta el 2012 existían 16 universidades certificadas por EMAS[41].

STARS: The Sustainability Tracking Assessment & Rating System, desarrollado por The Association for the Advancement of Sustainability in Higher Education (AASHE), es una metodología que califica y pondera las acciones previamente establecidas en colegios y universidades. Las acciones se clasifican en tres categorías: Educación e investigación, operaciones, administración y finanzas. De acuerdo a la ponderación recibida en cada aspecto, se le otorga una calificación a la institución que lo solicite, las posibles calificaciones son: bronce, plata, oro y platino[44].

Para el 2014 habían participado 401 universidades, de las cuales 353 son de Norte América. En total 284 fueron calificadas obteniendo certificación según el ranking de la siguiente forma: Platino 0 universidades, Oro 53 universidades, Plata 147 universidades y Bronce 66 universidades[41].

CSAF: Campus Sustainability Assesment Framework es una de las herramientas más amplias de evaluación de sostenibilidad de un campus con cerca de 170 indicadores. Puede resultar tedioso al momento de medir y presentar esta cantidad de indicadores, además que dificulta el seguimiento de la evolución de la sostenibilidad en el tiempo pero facilita la repartición de tareas y planteamientos de planes de trabajo. Fue desarrollado como un proyecto de maestría por Lindsay Cole en la Royal Road University en el año 2003 [2].

ISCN-GULF: Iniciativa liderada por Global University Leaders Forum – GULF y por International Sustainable Campus Network – ISCN convocados por el Foro Económico Mundial. Provee una red global para universidad líderes en proyectos que promuevan la sostenibilidad, apoyando con información, ideas y prácticas y

ayudando a integrar la sostenibilidad con la investigación y la educación. Asocia los principios e indicadores propuestos con los indicadores definidos bajo GRI y STARS[45].

Desde el año 2010 diferentes universidades destacadas han sido miembros del ISCN tales como: Universidad de Cambridge, Universidad de Yale, Universidad de Oxford, Universidad de Tokio, entre otras[41].

NORMAS ISO 14031: ISO (Organización Internacional de Normalización) es una federación mundial donde participan los organismos nacionales de normalización de los miembros de esta, en este caso la norma ha sido preparada por el comité técnico ISO/TC 207 de Gestión ambiental, Subcomité SC 4. Esta norma orienta sobre el diseño y el uso de la evaluación de desempeño ambiental dentro de cualquier organización. No está destinada para procesos de certificación o registro [46].

NORMAS ISO 14001: Esta norma no establece criterios de desempeño ambiental específico, en cambio especifica los requisitos que un sistema de gestión ambiental debe tener en cuenta para que una organización logre desarrollar sus políticas y objetivos dentro del marco legal y los requisitos que cada organización defina. Aplica a los factores ambientales sobre los cuales la organización tenga algún tipo de influencia o que considere que pueda controlar. La norma debe ser motivo de estudio para las organizaciones que deseen establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión ambiental y asegurarse de su conformidad con su política ambiental establecida[47].

Las normas ISO son ampliamente conocidas alrededor del mundo, por ejemplo, sólo en España hay 21 universidades basados en sistemas de gestión ISO[41].

Si se quiere recurrir a lo estipulado en los mecanismos de certificación internacional, lo primero que se debe hacer es analizar y posteriormente escoger los o el mecanismo más adecuado para considerar en la UIS. Por ejemplo si consideramos a EMAS, se destaca primero que no va dirigido exclusivamente a instituciones educativas sino a organizaciones en general, segundo va dirigido a organizaciones Europeas. Por otra parte STARS va dirigido a instituciones de educación superior, lo que es positivo para este caso de estudio, además en América existen ya 353 universidades certificadas. CSAF es un mecanismo de renombre mundial, también dirigido a universidades, pero dado su complejidad no se considera pertinente su estudio para esta intención en específico. ISCN es fundamentalmente una herramienta para universidades, pero al revisar sus estatutos se puede determinar que sus guías y parámetros son referidos a los principios de STAR y GRI. Ahora considerando GRI, es cierto que no va dirigido a instituciones educativas únicamente, pero si es uno de los mayores recursos de ISCN, el cual si va dirigido a estas. Además GRI tiene una ventaja por sobre todos los otros mecanismos, que es la clasificación según niveles de aplicación, lo que aporta herramientas sin importar en qué etapa del proceso de implementación de programas sostenibles se esté. Por ultimo las normas ISO, aunque son usadas ampliamente a nivel mundial, de nuevo no son dirigidas específicamente a universidades.

Al considerar lo anterior, se decide que el mecanismo de certificación internacional más adecuados para revisar y reforzar la identificación de áreas críticas en la sede central de la UIS es STARS. Uno de los criterios de más peso al momento de tomar esta decisión, fue que los mecanismos de certificación fueran dirigidos hacia universidades, también se tuvo en cuenta los antecedentes en regiones cercanas y la facilidad de aplicación del sistema.

Como se dijo anteriormente, se le va a dar la relevancia que merece a la opinión de la comunidad universitaria, a raíz de esto se van a considerar las áreas críticas identificadas en la encuesta y se consultará qué papel juegan dentro de los principios de STARS y GRI.

STARS provee un manual donde se enlistan todas las actividades que ameritan una evaluación positiva y su respectiva ponderación, esta ponderación es el peso que tiene cada aspecto al momento de aplicar para una certificación. Para lo que respecta a las áreas críticas encontradas la ponderación se ve en la Tabla 1[44].

Tabla 1. Parámetros de calificación STARS para las áreas críticas de la UIS

Energy <i>10 points available</i>	OP 8	Building Energy Consumption	6
	OP 9	Clean and Renewable Energy	4
Waste <i>10 points available</i>	OP 22	Waste Minimization	5
	OP 23	Waste Diversion	3
	OP 24	Construction and Demolition Waste Diversion*	1
	OP 25	Hazardous Waste Management	1
Water <i>5-9 points available</i>	OP 26	Water Use	2-6
	OP 27	Rainwater Management	2
	OP 28	Wastewater Management	1

Lo primero que se puede destacar es la importancia que se le da al área energética y de residuos, pues a cada una le corresponde 10 puntos, en comparación como otras áreas a la del transporte que le corresponde 7 puntos o la de innovación a la que le corresponde 4. A pesar de esto hay otros aspectos con mucha más importancia como lo es el de educación, el cual tiene la ponderación más alta con un total de 58 puntos [44]. Respecto a las áreas críticas halladas en la encuesta, lo aportes en cada área por parte de STARS de forma más específica son: Consumo de energía eléctrica en edificios (*Building Energy Consumption*), energías limpias y renovables (*Clean and Renewable Energy*), Minimización de residuos (*Waste Minization*), la desviación de residuos (*Waste*

Diversion) y el uso del agua (*Water Use*). El criterio para escogerlos fue la puntuación de cada uno dentro de los parámetros STARS.

Como se vio, la importancia que se le da al aspecto educativo es mucha como para no traerlo a colación, en la Tabla 2 se observa los lineamientos del manual de STARS en cuanto al área de educación[44].

Tabla 2. Parámetros de calificación STARS en el área académica

1. ACADEMICS			
Curriculum <i>40 points available</i>	AC 1	Academic Courses	14
	AC 2	Learning Outcomes*	8
	AC 3	Undergraduate Program*	3
	AC 4	Graduate Program*	3
	AC 5	Immersive Experience*	2
	AC 6	Sustainability Literacy Assessment	4
	AC 7	Incentives for Developing Courses	2
	AC 8	Campus as a Living Laboratory*	4
Research <i>18 points available</i>	AC 9	Academic Research*	12
	AC 10	Support for Research*	4
	AC 11	Access to Research*	2

De la tabla 2 se puede resaltar los dos aspectos con mayor puntuación: Cursos académicos (*Academic courses*) e investigación académica (*Academic Research*), con 14 y 12 puntos respectivamente.

La intención de hacer la revisión de los mecanismos internacionales de certificación, era profundizar en las áreas críticas identificadas en la encuesta, lo cual fue efectivo pues permitió llegar a casos más específicas valiéndose de la valoración de dichos casos dentro de los lineamientos de STARS, el cual se consideró el mecanismo más acorde a las necesidades de la UIS. Así se determinaron como áreas críticas a: El consumo de energía en edificios,

implementación de energías limpias y renovables, la minimización de residuos, la desviación de residuos y el uso del agua. Además esta revisión llevó a tomar la decisión de escoger otras áreas críticas en el área académica: Cursos académicos e investigación académica.

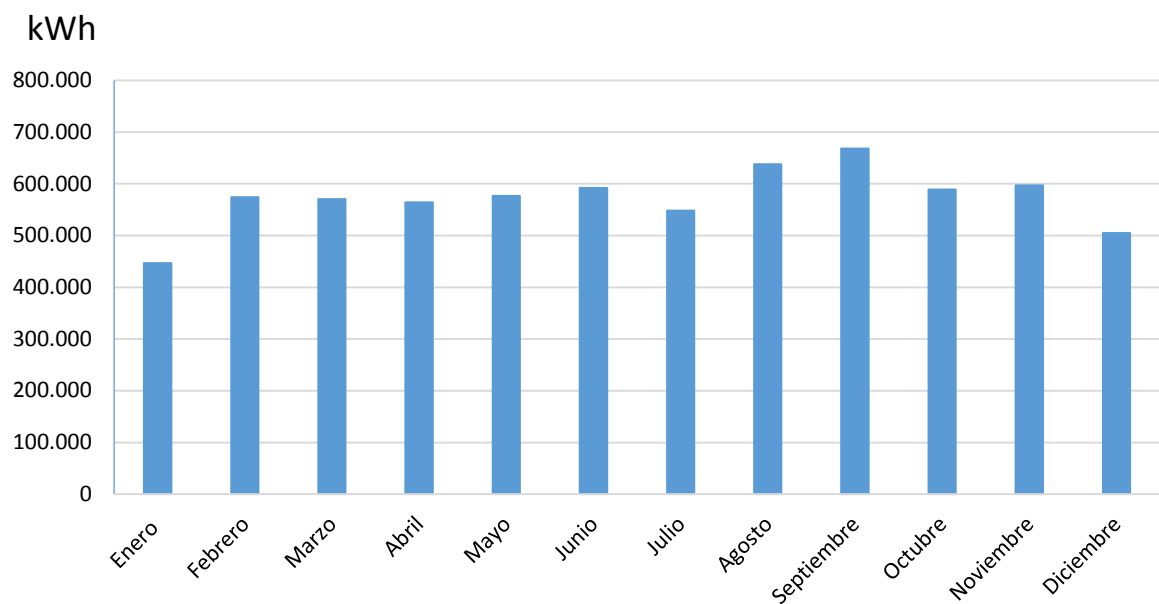
3.3 CONSUMO DE ENERGÍA

Para identificar y caracterizar las áreas críticas también se tuvieron en cuenta aspectos específicos como el consumo de energía, teniendo en cuenta el protagonismo de este aspecto en los dos métodos anteriores. A partir de esta apreciación se llevó a cabo un análisis de estos aspectos en la sede central de la UIS.

Para este fin se contó con dos series de datos: los datos suministrados por la División de Planta Física del consumo del campus central de la UIS en 2015, y los datos del Primer Informe Sostenible UIS realizado en 2013 [18]. El hecho de tener los datos de dos años distintos va a permitir comparar el comportamiento para dos épocas distintas y da la posibilidad de llegar a nuevas conclusiones. Para entender los datos hay que tener en cuenta que la medición se hace mensualmente en cuatro contadores principales dentro del campus principal, que son: Contador del edificio de Ciencias Humanas, el contador del coliseo, en contador del CENIVAM (Centro Nacional de Investigaciones para la Agroindustrialización de Especies Vegetales Aromáticas Medicinales Tropicales) y el contador principal que censa el resto de la energía consumida en la universidad. Además de esto hay ciertos edificios a los cuales se les hace un monitoreo especial, por lo tanto se conoce el consumo de estos edificios como lo son: Edificio de Ingeniería Industrial, CENTIC (Centro de Tecnologías de Información y Comunicación), edificio Camilo Torres, Biblioteca, edificio Álvaro Beltrán.

En la Gráfica 5 se observa el Consumo de energía mensual para el año 2015 en la sede central de la UIS, se observa que los meses con el registro más bajo son Enero, Julio y Diciembre. No sorprende puesto que coincide con la época de vacaciones establecidas el calendario académico de la UIS para el año 2015 según el acuerdo N° 291 de 2014 del consejo académico.

Gráfica 5. Consumo de la sede central de la UIS en el 2015



Para el año 2012 el consumo total de energía del campus fue de 7.04 GWh/año como se ve en la Tabla 4, toda esta potencia fue suministrada por la empresa electrificadora correspondiente (en este caso la ESSA), ya que dentro del campus no existía generación.

Tabla 3. Consumo dentro del campus por medidor en el año 2012

	CIENCIAS HUMANAS	COLISEO	CENIVAM	PRINCIPAL	TOTAL
Energía activa (kW-h)	397.108	186.784	267.277	6.192.221	7.043.390
Energía reactiva (kVAr-h)	50.186	35.700	87.105	1.931.124	2.104.115

Por otra parte, el consumo de energía del campus principal de la UIS se muestra en la Tabla 5.

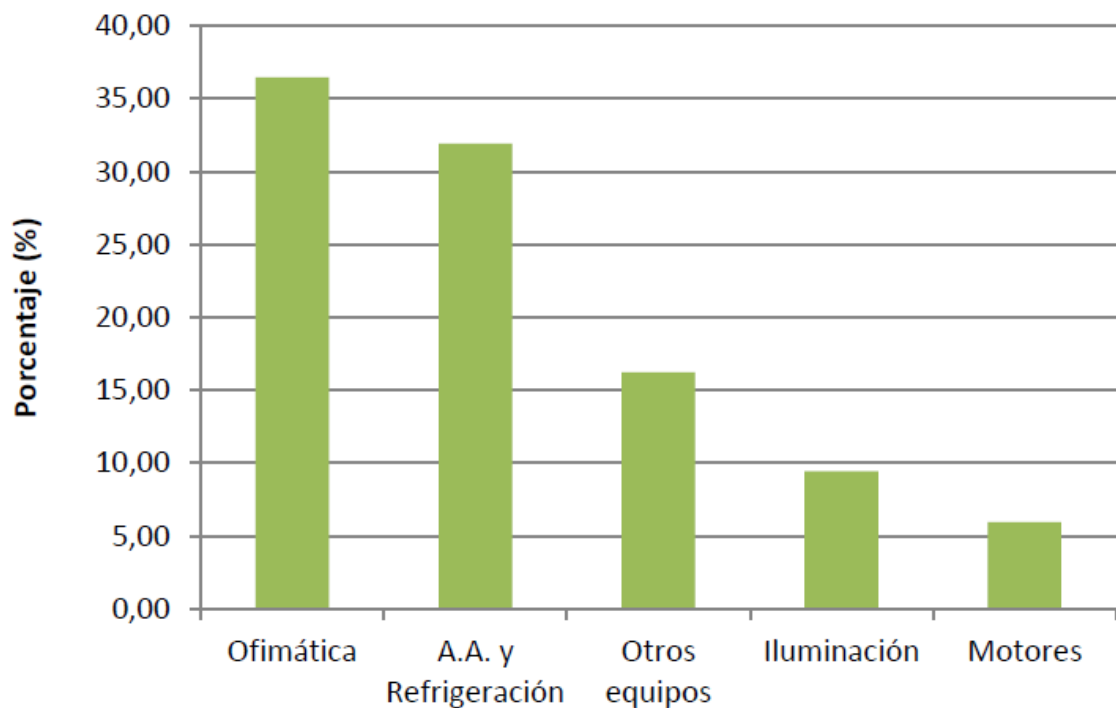
Tabla 4. Consumo dentro del campus por medidor en el año 2015

	CIENCIAS HUMANAS	COLISEO	CENIVAM	PRINCIPAL	TOTAL
Energía activa (kW-h)	453.331	220.749	315.450	5.879.336	6.868.866
Energía reactiva (kVAr-h)	212.136	32.193	51.944	2.025.979	2.322.252

De la comparación de la Tabla 3 y la Tabla 4 se llegan a tres conclusiones. Primero que el consumo de energía activa dentro de la universidad ha disminuido, paso de 7.04 [GWh/año] a 6.86 [GWh]/año], esto es debido a las estrategias que se han venido implementando dentro del campus y el hecho de que ya existe generación en la universidad, en el Edificio de Eléctrica existe una generación estimada anual de 4,80 [GWh] con 13 paneles Fotovoltaicos. Segundo, que el consumo de energía reactiva aumenta en 218.137 [kVAr-h], lo que amerita ser atendido o considerado área crítica. Tercero que a pesar de que el consumo total es menor, el único medidor que mostró disminución en el consumo fue el principal, esto puede indicar en ciertos edificios falta aplicar estrategias.

En el informe sostenible del 2013 se realizó un levantamiento de la carga instalada y se discriminó por tipo de carga. En la Gráfica 6 se observa el porcentaje de carga instalada por categoría. De acá se puede observar que cerca de un 70 % de la carga son equipos de ofimática y aires acondicionados.

Gráfica 6. Clasificación por tipo de carga.



Por último, los edificios que más consumen energía en aire acondicionado son el CENTIC y la biblioteca, que consumieron en 2015 1.07 [GWh] y 1.02 [GWh] respectivamente para este fin.

Después revisar la información acerca del consumo dentro del campus principal de la UIS se llegó a las siguientes consideraciones: El consumo de energía reactiva y el consumo de energía en edificios deben ser tratadas como áreas

críticas y las estrategias en el campo de la energía implementadas en la UIS están surtiendo.

3.4 CONCLUSIÓN ÁREAS CRITICAS

El proceso para identificar las áreas críticas constó de tres etapas. Inicialmente se planteó una encuesta donde se cuestionaba a los integrantes de la comunidad universitaria cuál era su opinión en cuanto al estado actual del campus en cuestión de la aplicación del concepto campus verde. Dicha encuesta contenía un breve test que permitía evaluar el conocimiento en el tema y de este forma ponderar los resultados de cada participante según la puntuación obtenida. Se preguntó por motivaciones, barreras y métodos para identificar las áreas críticas y sobre la aplicación de las estrategias para corregirlas. Se obtuvo como resultado, según el principio de Pareto, que las áreas críticas según la comunidad universitaria son: implementación de energías verdes, consumo de energía eléctrica, consumo y manejo de agua y manejo de residuos.

A pesar de los resultados que arrojó la encuesta, era necesario encontrar nuevos fundamentos para poder definir con seguridad cuáles eran las áreas críticas. Atendiendo esto se decidió revisar los estándares internacionales que hay en este campo, entre los diversos métodos de certificación internacionales que existen y los que se revisaron, se estableció que el más adecuado para este caso sería STARS, dado que está enfocado a claustros universitarios y son los que tienen más antecedentes en universidades en América. Lo que se encontró coincidía con los resultados de la encuesta, ya que esas áreas críticas previamente planteadas son las que tienen mayor peso dentro del estándar internacional escogido, especialmente el consumo de energía eléctrica. Además permitió identificar una nueva área crítica.

En los dos métodos ya analizados, un ítem destacado fue en ambos casos el consumo de energía eléctrica. Por eso se decidió hacer un apartado exclusivamente para analizar y caracterizar el consumo de energía dentro del campus. Después de evaluar todos los resultados se concluye que las áreas críticas para el campus central de la UIS son las mostradas en la Tabla 5.

Tabla 5. Áreas críticas identificadas

Área crítica	Puntos específicos	
Energía	Consumo de energía eléctrica	Consumo de energía reactiva
		Consumo de energía en edificios
	Implementación de energías renovables	
Agua	Consumo de agua	
Residuos	Minimización de residuos	
	Desviación de residuos	
Académica	Cursos académicos	
	Investigación académica	

Cabe aclarar que los conceptos de sostenibilidad y campus verde son amplios, de modo que se pueden abordar desde diferentes puntos de vista y metodologías, entendiendo esto es posible de distintos aspectos relacionados con el tema como lo es la biodiversidad no sean tenidos en cuenta para este caso de estudio, pues sólo se concentrará esfuerzos en atender las áreas críticas halladas por la metodología llevada a cabo en este trabajo.

3.5 PROGRAMAS EN LA ACTUALIDAD RELACIONADOS CON LAS ÁREAS CRÍTICAS DE LA UIS

Conociendo cuales son las áreas a intervenir, se hará un recuento de los programas que se estén realizando o se hayan realizado en la universidad que atiendan específicamente estas problemáticas.

3.5.1 Cursos relacionados con sostenibilidad. Entre los programas académicos de la universidad existen cursos relacionados a la sostenibilidad y la conservación, en la Tabla 6 se lista algunos.

Tabla 6. Cursos relacionados con sostenibilidad [18]

Programa académico	Curso
Ingeniería Eléctrica	Generación de Energía Eléctrica
	Mediciones Eléctricas
	Mediciones Eléctricas Avanzadas
Ingeniería Química	Gestión Ambiental en la Industria de Procesos Químicos
Diseño Industrial	Ergonomía Cognitiva y Ambiental
	Ecodiseño
Ingeniería Industrial	Tóp. Esp. de Gestión Ambiental
Química	Química Ambiental
Geología	Geología Ambiental
Biología	Geología Minero Ambiental
	Tópicos de Ecología I
Licenciatura en Educación Básica con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental	Educación Ambiental

3.5.2 Grupos de investigación relacionados con sostenibilidad. En la UIS existen también grupos de investigación que promueven la sostenibilidad, algunos de estos se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Grupos de investigación relacionados con sostenibilidad [18]

Grupo de investigación	Adscrito a
Grupo de Investigación en Sistemas de Energía Eléctrica, GISEL.	Ingeniería Eléctrica
Grupo de Investigación en Energía y Medio Ambiente, GIEMA.	Ingeniería Mecánica
Centro de Estudios e Investigaciones Ambientales, CEIAM.	Facultad de Ingenierías Físicoquímicas
Grupo de Investigación para el Desarrollo Sostenible en Industria y Energía.	Ingeniería Química
Grupo de Investigación en Tecnologías de Valorización de Residuos y Fuentes Agrícolas e Industriales para la Sustentabilidad Energética (INTERFASE)	
Centro de Investigación en Ciencia y Tecnología en Energías (CICT-Energías)	Facultad de Ingenierías Físicoquímicas-Físicomecánicas

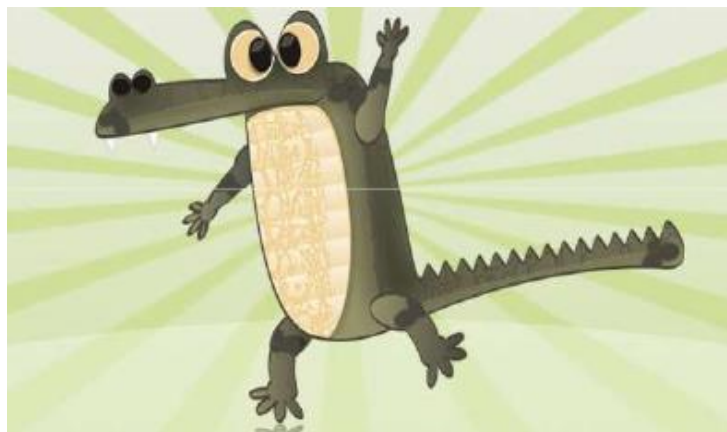
3.5.3 Sistema de gestión integral de residuos. Este es un plan que se adopta en la universidad en 2008 cuyos objetivos principales son: Garantizar la eficiencia y eficacia en la gestión interna de residuos, promover el aprovechamiento y la disposición final segura de los residuos y promover la cultura de la gestión segura de los residuos en la comunidad universitaria.

Durante este proceso se han implementado múltiples estrategias con el fin de cimentar un plan de gestión de basuras efectivo, entre estas actividades se encuentran: Mejora de los de almacenamiento de residuos, dotación de equipos de protección personal y señalización, establecimiento de código de colores y recipientes como muestra la Figura 1, jornadas de capacitación, material informativo y un concurso con el cual nació Babilio, la mascota del programa [17].

Figura 1. Recipientes con código de colores para clasificación de residuos [17]



Figura 2. Babilio, la mascota del programa de gestión integral de residuos [17]



3.5.4 Programa de uso racional del agua. El Programa de Uso Racional del Agua (URA), es un programa adelantado por la coordinación del Sistema de Gestión Ambiental de la UIS.

Este se propone desarrollar e implementar alternativas para el uso racional del agua en la universidad. Identifica y aplica tecnologías que permiten el ahorro del agua sin afectar el normal desempeño de las actividades.

Desde su creación a ejecutado diferentes actividades en el área del consumo del agua tales como: Diagnostico del consumo del agua, revisión y mantenimiento de las redes hidráulica, medición y seguimiento del consumo del agua y campañas de sensibilización sobre ahorro de agua[20].

3.5.5 Aplicaciones sostenibles en el Edificio de Eléctrica. Desde su reciente remodelación, el Edificio de Eléctrica de la sede central de la UIS ha sido ejemplo en programas sostenibles. En el edificio han sido pioneros en muchas tecnologías dentro del campus. Tiene proyectos en captación y tratamiento de aguas lluvias, grises y negras con el fin de disminuir el consumo de agua dentro del edificio. También posee cubiertas verdes para el aislamiento térmico[18], posee tubos solares para disminuir el uso de energía en iluminación y cuenta con ventilación forzada. Todas estas aplicaciones le han permitido mejorar su rendimiento ambiental, en un edificio con un consumo estimado 55 [GWh], y una generación estimada anual de es 4,80 [GWh] con 13 paneles Fotovoltaicos.

4. PROPUESTA DE ESTRATEGIAS

Tras la definición de las áreas críticas, se procede a consultar acerca de metodologías que han dado resultado del mundo para resolver dichos retos. A continuación se presentarán las estrategias.

4.1 MEDICIÓN INTEGRAL INTELIGENTE DE ENERGÍA Y AGUA EN LOS EDIFICIOS DENTRO DEL CAMPUS

Aunque es cierto que en División de Planta Física afirman que hay medición y monitoreo en algunos edificios como lo son: El Laboratorio de Livianos, La Biblioteca, el Edificio Álvaro Beltrán, Edificio de Ingeniería Industrial, CENIVAM, Coliseo y el Edificio de Ciencias Humanas. Según los registros de consumo de energía, se ve que el aumento del consumo es en ciertos edificios, por lo que se propone que se implementen sistema de medición inteligente en la mayor cantidad posible de edificios. Esta debe ser la prioridad en el área de desarrollo energético de la universidad, ya que la implementación de medición inteligente permite monitorear el consumo, identifica y analizar anomalías y abre la puerta a la posibilidad de implementar aplicaciones inteligentes dentro de la universidad ya que provee una infraestructura adecuada para estas a largo plazo[48], además permite monitorear el consumo de energía reactiva. La UIS cuenta con recursos humanos y académicos para este fin ya que tiene dos cursos de mediciones eléctricas y cuenta con grupos de investigación en sistema de energía y tecnologías energéticas. Además se propone que el sistema de medición sea integral, incluyendo sistemas inteligentes de medida de consumo del agua que permita monitorear también su comportamiento y tomar determinaciones según esto.

Al momento de iniciar la implementación hay que escoger los puntos óptimos para la visualización del comportamiento del sistema. Esto se ve es un estudio realizado en la universidad Nacional de Colombia, donde se presentan métodos para definir la ubicación de los equipos de medida. También propone métodos para escoger el equipo y la forma de presentar los datos[49]. Finalmente, una vez instalados los equipos de medición se debe hacer mantenimiento e inspección visual de los equipos de manera frecuente.

4.2 IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE ENERGÍA

Un sistema de gestión de energía (SGE) automáticamente monitorea y controla los servicios de un edificio como aire acondicionado, ventilación, calefacción, iluminación entre otros, que dependen de la energía eléctrica para funcionar, lo cual permite adquisición y análisis de datos, se ve altamente favorecido por la implementación de sistemas de medición[48]. La propuesta es implementar SGE en los edificios del campus. El objetivo central de esto es desarrollar Herramientas y desarrollar iniciativas de conservación energética. También promueve la investigación en nuevas tecnologías [50].

En la literatura se encuentran muchos ejemplos de SGE, como en la Universidad de King Abdulaziz [51] en Arabia Saudita donde se instaló un SGE en ciertos edificios, dado a la necesidad de estudiar ciertos edificios específicamente, y se estudió el comportamiento demanda. El sistema consta de sensores de presencia, sensores de temperatura en los ductos de ventilación y sensores de calidad de aire en salones y oficinas, además de sistemas SCADA de adquisición de datos. En la investigación afirman haber reducido el consumo en un 14.31% después de la implementación. Otros ejemplos relevantes de experiencias similares se vieron en universidades como: Universidad Estatal de Nuevo México [52], Northern

Arizona University en USA [52], Universidad Tecnológica de Lappeenranta en Finlandia [50] y la Universidad Tecnológica del Sur de China[33], entre otras.

Al considerar un sistema como este a la UIS, no se puede obviar que este requiere de una gran cantidad de recursos tanto económicos como tecnológicos para implementarlo a nivel de campus. En cambio se propone hacer la instalación de estos sistemas a nivel de edificios, como ya se encuentra por ejemplo en el Edificio de Administración I [53] dentro del campus. Esto facilitará posteriormente la instalación de tecnologías de generación y *Smart Grids*.

4.3 ESTANDARIZACIÓN DEL ESTUDIO DE VIABILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN HÍBRIDO

Hoy en día la generación de energía eléctrica es una de las preocupaciones más importantes para el mundo entero. La dependencia de los combustibles fósiles para este fin y sus impactos sobre el medio ambiente, han llevado a la humanidad a buscar nuevas alternativas de generación. Los esfuerzos de investigación y desarrollo para dar solución a esta situación se concentran en gran medida en la búsqueda de fuentes de energía renovables. Cuando se considera la implementación de dichas fuentes, es necesario evaluar previamente su viabilidad. En esta estrategia se propone un proceso de estandarización del estudio de viabilidad de un sistema híbrido para alimentar la demanda energética parcial de los edificios dentro del campus.

En la Universidad de Klirklareli (Turquía) [54] por ejemplo, se desarrolló un sistema con el que se espera aprovechar la energía del sol y del viento. Para medir la factibilidad de la implementación de un sistema que aproveche estos tipos de energías, diseñaron un estudio donde se mide la radiación solar y la velocidad el

viento, entre otras variables, para estimar el potencial energético en el sitio de implementación dependiendo de la caracterización de la carga. Hay una gran cantidad de experiencias similares a esta, como se encontró en: La Universidad de Londres[55], Universidad de Thammasat en Tailandia [56], Universidad Tecnológica de Malasia [57] y la Universidad de Southampton [58], entre otras.

En la sede central de la UIS se han desarrollado numerosos proyectos para medir el potencial energético de los recursos disponibles. En cuanto a la energía eólica, en la UIS [59] ya se llevó a cabo un proyecto en el que se diseñó e implementó un sistema de bajo costo para evaluar el potencial de energía eólica en el campus, calculando que con una turbina Redriven de 10 kW se podrían producir anualmente 23.010,97 kW/h, también en [23] se hace un estudio partiendo de mediciones realizadas dentro del campus que concluye que la energía eólica anual disponible es de 34,9 [kWh/m²]. Respecto a la medición de energía solar en la UIS existen numerosos proyecto de investigación como: [60] Donde se propone medir el potencial energético con los datos históricos proporcionados por entes educativos o gubernamentales y en [23] se determina el comportamiento del recurso a lo largo de una año, también para estos dos casos se propone una configuración de la red y el sistema en general .Como antecedente en el edificio de eléctrica II ya existe un sistema de generación fotovoltaico-eólica, con una generación anual de 4,80 [MWh].

4.4 ADAPTACIÓN DE EDIFICIOS PARA IMPLEMENTAR EL DISEÑO EFICIENTE

En la Universidad de Arizona [61] se identificó que los edificios del campus universitario contribuye en gran medida al consumo de energía, debido a esto se decidió llevar a una serie de estrategias para liderar en las comunidades formas

de minimizar el consumo de los edificio. En este orden de ideas, se acogió al programa “*House Energy Doctor*” el cual promueve diseños arquitectónicos verdes a través de servicios de aprendizaje de conservación de energía. Es un proceso implementado en 3 etapas: identificación, caracterización e implementación. Después de poner en ejecución este sistema en la Universidad de Arizona se ahorró un 12.1% de energía al año, lo que representa 2915 toneladas métricas de emisiones de dióxido de carbono.

En la literatura se han encontrado ejemplos de aplicaciones en su mayoría sencillas, de estrategias dirigidas a reducir el consumo dentro de los edificios. También se encontraron ejemplos de esto en investigaciones adelantadas en la UIS, además de varias que ya están en vigencia en el Edificio de Eléctrica del campus. En este orden de ideas se propone compilar y adaptar una serie de estrategias para implementar dentro de los edificios del campus central, estas se centran fundamentalmente en la reducción del consumo de agua y energía.

A continuación se hará un resumen de estrategias de este tipo:

- **Actualización de los equipos de iluminación:** En el Edificio de Eléctrica ya se han utilizado tecnologías de bombillos LED. Es cierto que existen complicaciones técnicas y económicas al momento de aplicar estas tecnologías, pero también existen otros métodos como el que se presenta en la Universidad Bharati Vidyapeeth de Deemed, donde redujeron el consumo de energía de las lámparas fluorescentes en un 40% únicamente variando la configuración de conexión del balasto[62].
- **Tubos solares:** El objetivo principal de estos, es reducir el consumo de energía eléctrica en iluminación durante el día aprovechando la luz solar. El principio del que aprovecha es el de la reflexión especular, lo cual hace posible la transmisión de luz solar a espacios interiores. En la UIS existe un diseño de

iluminación basado en este principio que lleva ya está[26] en funcionamiento con resultados satisfactorios.

- **Persianas:** Están compuesta por una serie de láminas de forma curva, variando el tipo de material según las necesidades térmicas y de iluminación del lugar de estudio. Se diseñan para que incidencia de la luz sea favorable para la iluminación del edificio y las cargas térmicas sean menores, lo que genera un ambiente más fresco. En el Edificio de Eléctrica existen ya persianas instaladas como se ve en la Figura 3.

Figura 3. Fachada Edificio Eléctrica (Tomado de la página web de la universidad)



- **Diseño de ventanas:** Esta estrategia va dirigida principalmente para edificios nuevos en proceso de diseño o construcción, aunque no se descarta la idea de que se pueda aplicar en edificaciones ya construidas. En [61], aseguran que las

ventanas amplias de un solo panel favorece la iluminación y la frescura del edificio. En la Figura 3 se observa que el diseño de las ventanas del Edificio de Eléctrica sigue este parámetro.

- **Cubiertas verdes:** La implementación de techos verdes y jardines ha tomado con el tiempo relevancia al momento de construir ya que provee muchos beneficios sociales, ambientales y económicos, tales como la mitigación del efecto de isla de calor urbano, atenuación de las tormentas, incremento de la filtración del agua en la tierra, reducción de contaminación auditiva y del aire [63]. Esta es una estrategia que sirve como alternativa al uso de aires acondicionados, ya que ayuda a mitigar el calor reflejando parte de la radiación, en el Edificio de Eléctrica hay instalados más de 500 m^2 de cubierta verde[23] que además incluye un sistema de recolección de aguas lluvias, que en teoría reduciría el consumo de agua del edificio en un 70% [18].

Figura 4. Tubos solares y cubiertas verdes Edificio Eléctrica [18]



Esta estrategia tiene como fin estandarizar las estrategias que se deben considerar al momento de diseñar un nuevo edificio o al de intervenir uno ya construido, mientras lo permitan las condiciones técnicas, claro está. La idea es que la lista se vaya ampliando constantemente a medida que se investiga en nuevas tecnologías o se consulta en la literatura.

4.5 CREACIÓN DE BASE DE DATOS DE CONTINUA ACTUALIZACIÓN: CAMPUS VERDE UIS

Durante el desarrollo de este trabajo se consultaron una gran cantidad de artículos, tesis y proyectos de grado. Muchos de estos fueron de investigaciones desarrolladas en la UIS enfocadas a áreas de desarrollo sostenible y de conservación, una de las complicaciones que se encontró es que hay muchos programas en estos campos que no cuentan con la visibilidad o el apoyo necesario para generar un impacto positivo relevante en el ecosistema. Prueba de ello es que los estudiantes opinaron en la encuesta que la falta de recursos era una barrera mientras los profesores opinaban lo contrario. A esto se suma la necesidad de actos protocolarios y burocráticos al momento de solicitar datos e información a las dependencias de la universidad. Por ultimo existen trabajos de investigación en campus verde que pasan desapercibidos debido a la falta de clasificación de estos. Para dar solución a esto, se propone la creación de una base de datos en la cual se almacene los documentos relacionados al campus verde en la UIS: Investigaciones, trabajos de grado, tesis, programas y mediciones. Es cierto que ha habido trabajos en los cuales se han compilado parte de estos [18][23][25], pero debido a la velocidad con que avanzan estas tecnologías es necesaria una actualización constante. La divulgación y recopilación se puede hacer a través del Sistema de Información de la biblioteca de la universidad.

4.6 CAMPAÑA DE DIVULGACIÓN DE INFORMACIÓN

Esta estrategia consiste en consolidar medios para llegar a la comunidad universitaria con el fin de exponer los resultados de las estrategias para alcanzar un campus verde y también para realizar campañas educativas. Uno de los programas más exitosos y visibles dentro del campus es el Programa de Gestión Integral de Residuos. Este ha realizado anteriormente campañas de este tipo en el cual reparten material informativo y realizan actividades didácticas atraer la atención de las personas.

En la Universidad de Humboldt [64], en California existe el programa *Waste.Reduction & Resources Awareness Program (WRRAP)*, este se pone como reto alentar perspectivas alternativas de consumo basado en programas de información y participación. De este modo ofrece una variedad de ambientes de aprendizaje para los alumnos que los ayuda a tomar responsabilidad en el flujo de los residuos del campus y calidad del medio ambiente. A través de sus programas la universidad ofrece diferentes alternativas de participación como:

- El departamento de compostaje ofrece un sitio web con demostraciones acerca del compostaje y talleres educativos, además de la recolección y procesos del compostaje del campus.
- El departamento educativo diseña talleres y eventos para aumentar el nivel de conciencia en la comunidad educativa y promover la participación de los estudiantes.

- ROSE (*resusable office supply exchange*), provee un espacio para donar elementos reusables en el campus, y hace un seguimiento de los materiales que son reutilizados y entregados sin ningún costo en cambio de ser dispuestos en un relleno.
- *Take back the tap* promueve la eliminación de agua embotellada dentro de campus ofreciendo botellas de agua reutilizables y estación de hidratación.
- El departamento *zero-waste* asiste a la universidad para que lo eventos generen el mínimo de residuos a través de guías educativas y elementos como platos y vasos reutilizables.

En la Universidad Teknologi Malasya [65] realizaron la implementación de una serie de estrategias para reducir el consumo de energía eléctrica. Estas se basaban en medios para llegar a estudiantes y directivos desde del campus. Se reumen en cinco prmisas principalmente:

- **Obtener el compromiso de parte de la administración.** La propuesta para incluir a la administración dentro del proceso consiste en establecer políticas organizacionales para monitorear todo el proceso, también dejar por escrito los deberes y responsabilidades de la administración en la conservación de energía.
- **Crear conciencia ecológica.** La segunda estrategia plantea crear conciencia ecológica dentro de la comunidad universitaria La conciencia se adquiere después de que algún individuo obtiene conocimiento acerca de algo luego de conocer su existencia o estar bien informado del desarrollo actual de una actividad. En este contexto crear conciencia se entiende como el proceso de crear actitudes positivas y creencias hacia la conservación.

- **Educación.** Generalmente el conocimiento de la comunidad universitaria en estos temas es muy. Por medio de clases y charlas informativas es posible aumentar el conocimiento de la comunidad en el tema lo cual es positivo al momento de implementar el concepto campus verde.
- **Desarrollar un comportamiento de conservación.** El comportamiento humano es un aspecto importante en las actividades de conservación. Con campañas
- **Desarrollo de un estándar de políticas y procedimientos.** Contiene típicamente políticas, objetivos, estrategias y planes de acción. En conclusión, es una síntesis de todos los procedimientos y protocolos del proyecto, de modo que quedé claro funciones deberes y el plan a seguir.

Como se ve hay diferentes ejemplos de cómo abordar estos temas dentro del campus. Se propone que en el diseño de campañas de divulgación se aprovechen los recursos tecnológicos de información.

4.7 CONVIRTIENDO LOS RESIDUOS DEL CAMPUS EN ENERGÍA RENOVABLE

En la UIS existen programas de separación de basuras y de reciclaje que funcionen adecuadamente [17]. Este proyecto se propone implementar sistemas para aprovechar los residuos orgánicos por medio de procesos industriales. Aunque este tipo de proyectos tiene un costo de inversión inicial elevado, hay tecnologías de este tipo con tiempo de recuperación de inversión de 16 meses, un tiempo relativamente corto[66]. Hay dos razones principales por la cual este proyecto sería efectivo: Primero porque la UIS tiene servicio de comedores

estudiantiles, por lo tanto se espera tener residuos de aceite de cocina y de comida en cantidades considerables. Segundo porque la UIS tiene un sistema de separación de residuos ya implementado, por lo tanto hay fácil acceso a papel usado y de nuevo a residuos de comida. Por último cabe resaltar que en el campus se cuenta con escuelas como la de Química e Ingeniería Química, cuyos conocimientos e instalaciones serán útiles para impulsar este tipo de proyectos.

En la Universidad de Cincinnati [66] se diseñó e implementó un proyecto para convertir los residuos del campus en energía a través de varios procesos. Se proponen tres procesos distintos: convertir aceite de cocina usado en biodiesel, convertir el papel desechado en pastillas de combustible y convertir las sobras de la comida en biogás.

- **Aceite de cocina a biodiesel**

El proceso de producción consiste en los siguientes pasos: precalentamiento del aceite en el tanque de reacción principal, mezclar NaOH y metano en el tanque de mezclado, añadir la mezcla de NaOH con metanol al tanque de reacción principal, mantener la reacción durante dos horas y media, recuperar el metanol por medio de destilación, separar el biodiesel de la glicerina decantándola luego de 24 horas de reposo y finalmente lavar con agua para limpiar el biodiesel.

Se estima que por cada litro de aceite se produce 1,0082 litros de biodiesel y 0,072 litros de glicerina como residuo. Hay que tener en cuenta que se le añade metanol en una tasa de 1:6 respecto a la cantidad de aceite usado. La capacidad energética del biodiesel es aproximadamente 15% menos a la del diésel petroquímico. En la Tabla 6 se muestran los materiales necesarios y el producto para producir 100 litros de aceite.

Tabla 8. Insumos y productos del proceso de aceite a biodiesel.

	Cantidad	Unidad
Insumos		
Aceite	100	L
Metanol	24.4	L
NaOH	0.345	Kg
Electricidad	1.8	kWh
Agua	63.4	L
Producto		
Biodiesel	100.81	L
Glicerina	7.3	L
Metanol recuperado	0.97	L
Agua	63.4	L

- **Papel a pastillas de combustible**

Este proceso consta principalmente de 3 pasos: secado, molido y peletización. Inicialmente la biomasa es secada hasta un 10% de humedad en una secadora, luego pasa por un molino de martillo y un molino de pastillas para reducir su tamaño. Las pastillas densificadas pasan por una etapa de adecuación donde se le añaden agentes estabilizadores para aumentar la estabilidad de las pastillas, este paso no siempre es necesario. Finalmente las pastillas se enfrían a temperatura ambiente para ser almacenadas. El papel contiene en promedio 16,442 kJ/kg de energía.

Similar al caso anterior, en la Tabla 7 se muestra aproximadamente los insumos y los productos para 100 toneladas de papel[66].

Tabla 9. Insumos y productos del proceso de pastillas de combustible

	Cantidad	Unidad
Insumos		
Papel	100	Toneladas
Plásticos	15.56	Toneladas
Electricidad	57.32	kWh
Producto		
pastillas de combustible	103.5	Toneladas

- **Comida a biogás**

La digestión anaeróbica es ampliamente utilizada a nivel mundial, su tasa de generación de energía es aproximadamente de 1060 kWh por cada tonelada de comida. Hay tres etapas principales en el proceso: adecuación de los residuos orgánicos tales como moler, triturar y mezclar, luego se procede a la digestión en el reactor, finalmente se colecta el biogás para su respectivo almacenamiento y utilización.

En promedio se producen 130 metros cúbicos de biogás por tonelada de desperdicios y el biogás típicamente contiene 65% de metano y 35% de dióxido de carbono.

Como se hizo para los casos anteriores, en la Tabla 8 se muestra los insumos y productos de este proceso para 100 toneladas de desperdicios de comida [66].

Tabla 10. Insumos y productos del proceso de digestión anaeróbica

	Cantidad	Unidad
Insumos		
Desperdicios de comida	100	Toneladas
Electricidad	4024	kWh
Producto		
Metano	6	toneladas
Dióxido de carbono	8,62	toneladas

Al implementar el sistema se encontró que se puede reemplazar anualmente 834 galones de diésel petroquímico, 121 toneladas de carbón y 12,767 metros cúbicos de gas natural en la Universidad de Cincinnati. Además de reducir la emisión de gases de invernadero en 282 toneladas anuales. Este es un ejemplo del programa que se propone. El estudio de viabilidad para cada proceso debe realizarse antes de la implementación para determinar si es factible realizarlo o si es necesario buscar nuevas alternativas.

4.8 PROYECTO PARA INCORPORAR LA SOSTENIBILIDAD EN LOS CURSOS ACADÉMICOS

En la UIS existen varios cursos relacionados a la sostenibilidad (ver Tabla 6). Aunque es un factor positivo, no se puede descartar la creación de nuevos cursos o la modificación de cursos ya existentes para incluir la sostenibilidad de forma interdisciplinaria. Para esto se propone usar como guía el estudio realizado en la Universidad de Lund [67]. En este desarrollan una evaluación organizacional que permite identificar y realizar recomendaciones para superar las barreras que impide la incorporación de la sostenibilidad en los cursos de educación superior.

Este método presenta algunos consejos que dicen funcionar a pesar del sitio de estudio entre ellos esta.

Evaluar los paradigmas actuales, estos se pueden clasificar en 4 paradigmas universales.

- El conocimiento debe ser transmitido por expertos.
- El conocimiento evoluciona con la crítica.
- Una universidad es una institución de racionalidad.
- La profundidad en la educación e más importante que la cantidad.

Evaluar cuál es el enfoque o necesidad del curso. Existen 4 funciones principales en la educación de una universidad, hay que evaluar en cual de esta se acomoda mejor el curso que se desea aplicar.

- Replicar la sociedad y cultura y promover la ciudadanía.
- Entrenar a la gente para labores futuras.
- Ayudar a la gente a desarrollar su potencial
- Promover el cambio hacia una sociedad más justa y un mundo mejor.

También hay que evaluar la capacidad del sistema para agregar, cambiar, evolucionar u organizar la estructura, esto se hace preguntándose cómo, dónde y qué puede ofrecerse el sistema a él mismo, como por ejemplo estudios previos o grupos de investigación.

Finalmente propone la creación de indicadores para evaluar la efectividad de los cursos y lista 6 principios que se deben usar para reemplazar el funcionamiento actual de la educación moderna.

- Toda la educación es educación ambiental.

- El objetivo de la educación no es hacer al estudiante experto en el tema, sino promover el desarrollo del ser.
- El conocimiento carga con la responsabilidad de la aplicación correcta de este.
- No se puede decir que se entiende algo hasta entender los efectos de ese algo en las personas y comunidades.
- Se debe predicar con el ejemplo
- La metodología de enseñanza es tan importante como el contenido del curso.

4.9 CONSIDERACIONES CAPÍTULO 4

En este capítulo se proponen las estrategias para implementar el concepto campus verde, atacando las áreas críticas identificadas. En este proceso se descubrió que algunas áreas críticas ya estaban siendo atendidas dentro de la universidad de manera efectiva con estrategias como el sistema de gestión e basuras o la implementación de tecnologías sostenibles en el Edificio de Eléctrica.

5. INDICADORES

Un criterio para implementar un campus verde, es el manejo de información para la toma de decisiones. Por esto se debe definir una serie de indicadores que midan parámetros relacionados a las estrategias propuestas, para facilitar el seguimiento de los programas y el análisis de los datos. Estos indicadores se caracterizan por ser: Medibles, claros y de fácil comprensión [68]. En la Tabla 11 se presentan los indicadores y una descripción individual de cada uno.

Tabla 11. Propuesta de indicadores

Indicador	Abreviación	Medición	Unidad	Descripción	frecuencia de medición
Consumo de Energía	CdE	Medición sistemas de gestión de energía	kWh	Hace seguimiento al consumo de energía eléctrica para verificar efectividad de las medidas y para tomar decisiones.	Mensual
Energía Generada	EG	Medición sistema gestión de energía	kWh	Cuantifica la cantidad de energía eléctrica producida por los sistemas de generación alternativos en el campus.	Mensual
Proporción de Utilización de Energías Renovables	PUER	$PUER=100*(EG/Cde)$	%	Muestra la proporción de energía consumida dentro del campus que es generada en él.	Mensual
Consumo de Agua	CdA	Medición contadores de agua	m^3	Hace seguimiento al consumo de agua para verificar efectividad de las medidas y para tomar decisiones.	Mensual
Consumo de Energía por Edificio	CdEE	Medición sistemas de gestión de energía	kWh	Hace seguimiento al consumo de energía eléctrica por edificio para verificar efectividad de las medidas y para tomar decisiones.	Mensual

Tabla 11. (Continuación)

Indicador	Abreviación	Medición	Unidad	Descripción	frecuencia de medición
Precio de Energía Eléctrica	PEE	Dato proporcionado por la empresa de energía	COP/kWh	Indica el precio del kWh.	Mensual
Precio del Agua	PA	Dato proporcionado por la empresa de agua	COP/ m^3	Indica el precio del m^3 de agua.	Mensual
Costo de Energía Eléctrica	CEE	$CEE=CdE*PEE$	COP	Dinero gastado en energía.	Anual/Mensual
Costo del Agua	CA	$CA=Cda*PA$	COP	Dinero gastado en agua.	Anual/Mensual
Cantidad de Residuos Generados	CRG	Medición	kg	Indica la cantidad de residuos generados dentro del campus, permite hacer seguimiento y análisis.	Semanal
Cantidad de Cursos Relacionados al Campus Verde	CCRCV	Dato proporcionado por la universidad	Cantidad	Revisar que nuevos cursos existen relacionados al campus verde.	Semestral
Reducción de Gases de Efecto Invernadero	RGEF	Reducción en CdE multiplicado por su equivalente en producción de gases invernadero	$CO_2 - eq$	Estudio de reducción de gases de efecto invernadero por el método de huella de carbono	Semestral

Cada indicador constituye un objetivo. Esto quiere decir que para cada indicador se debe plantear una meta a alcanzar, de modo que se puede calificar las magnitudes medidas o calculadas en cada indicador en grados de satisfacción. La meta de los indicadores se debe concretar teniendo en cuenta las condiciones específicas al momento de implementar las estrategias, puesto que el ambiente y sus necesidades evolucionan continuamente [69]. De cualquier forma si se puede establecer cuál debe ser la tendencia ideal para cada indicador, como se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12. Tendencia establecida para los indicadores

Indicador	Objetivo
CdE	Minimizar
EG	Aumentar
PUER	Aumentar
CdA	Minimizar
CdEE	Minimizar
PEE	NA
PA	NA
CEE	Minimizar
CA	Minimizar
CRG	Minimizar
CCRCV	Aumentar
RGEF	Minimizar

Indicadores como PEE y PA están fuera del alcance de las estrategias pues dependen del comportamiento del Mercado de Energía.

6. CONCLUSIONES

Desde que se empezó a escribir este documento, se advertía de manera repetitiva cómo las universidades y la sociedad en general debía afianzar su compromiso con el ecosistema, como se debía asumir la responsabilidad de adoptar políticas y costumbres más amigables con el medio ambiente, debido al deterioro acelerado que está sufriendo hoy nuestro planeta. Después de ejecutar este proyecto, que requirió de una vasta revisión bibliográfica, se encontró que esto sí está sucediendo. Se identificaron cientos de ejemplos de experiencias de universidades en todo el mundo que demuestra que los conceptos expuestos se está atendiendo, y que si da resultado de gran impacto en términos de desarrollo sostenible. No sólo eso, también se descubrió que la UIS hace un gran aporte para el desarrollo de la sostenibilidad y la conservación. Este es un panorama alentador, ver que de manera progresiva crece la conciencia ambiental dentro del mundo académico, es una motivación para continuar los proyectos e investigaciones en este campo.

Dentro de la revisión bibliográfica se encontraron patrones de funcionamiento dentro de las universidades que deseaban aplicar el concepto campus verde. Para destacar, el más importante, es la estandarización de procesos y políticas, ya que esto da como resultado que los procesos de gestión y evaluación de las estrategias sea más sencillos.

¿La UIS qué rol debe tener en este proceso? Por su carácter público y social, y atendiendo lo que dice en su misión: “...y la *participación activa liderando procesos de cambio por el progreso y mejor calidad de vida de la comunidad*”. La UIS debe ser líder regional en proyectos de investigación y extensión que comprendan la aplicación y promoción de la sostenibilidad. A pesar de que en la encuesta realizada, se halló que según la percepción de los estudiantes debería

haber más iniciativas verdes dentro del campus, luego se concluyó en que el problema radica en que a los estudiantes no les llega la información de manera efectiva, por lo tanto no conocen de los programas que se adelantan en la universidad. Un ejemplo de esto es haya reducción en el consumo de energía en los últimos años y que los estudiantes opinen que el área crítica más importante dentro del campus central de la UIS es la de la energía.

Un término nuevo que se definió en este trabajo es el de las áreas críticas, que se define de manera concreta como los puntos a intervenir de modo que sean los que tengan mayor peso al momento de implementar al concepto campus verde. En este trabajo se usaron tres métodos para identificarlos: la encuesta, la revisión de estándares internacionales y el análisis de consumo de recursos. Esta no es la única forma de identificarlas, se debe ajustar el estudio según sea conveniente. Para darle soluciones a estas problemáticas se consultaron experiencias en la UIS y otras universidades que dieron solución a situaciones similares. Después de hacer una revisión de estas experiencias se adaptaron las que se consideraron pertinentes y se propusieron las estrategias que darán solución a las áreas críticas de la UIS. Finalmente se propusieron los indicadores que evaluarían la eficacia de las estrategias propuestas.

A consideración del autor, la situación actual de la UIS respecto al campus verde es buena. Se ha percibido la disposición de la comunidad y la administración para fomentar el desarrollo sostenible y adelantar iniciativas e investigaciones que lo promuevan. Aunque se reitera el déficit en la divulgación de información hacia la comunidad y la importancia de esta para la construcción del campus verde.

Este trabajo sigue la tendencia académica global de concentrar esfuerzos en encontrar soluciones a las problemáticas ecológicas y de desarrollo, que han nacido del manejo irresponsable que le ha dado la humanidad a los recursos

naturales, y alienta a que se continúe el desarrollo y la investigación para la construcción de un campus verde.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Aurelio Suárez Montoya, *La minería colonial del siglo XXI. No todo lo que brilla es oro*. 2013.
- [2] L. Cole, “Campus Sustainability Assessment Framework (CSAF),” 2003.
- [3] F. R. Figueredo and Y. Tsarenko, “Is ‘ being green ’ a determinant of participation in university sustainability initiatives ?,” 2014.
- [4] L. Velazquez, N. Munguia, A. Platt, and J. Taddei, “Sustainable university: what can be the matter?,” *J. Clean. Prod.*, vol. 14, pp. 810–819, 2006.
- [5] R. J. Koester, J. Eflin, and J. Vann, “Greening of the campus: a whole-systems approach,” *J. Clean. Prod.*, vol. 14, no. 9–11, pp. 769–779, Jan. 2006.
- [6] L. Too and B. Bajracharya, “Sustainable campus: engaging the community in sustainability,” *Int. J. Sustain. High. Educ.*, vol. 16, no. 1, pp. 57–71, Jan. 2015.
- [7] O. de 2005. Equipo de Rectores – Talloires, Francia, “Declaración de talloires,” 2005.
- [8] L. Too and B. Bajracharya, “International Journal of Sustainability in Higher Education Article information :,” 2015.
- [9] World Commission on Environment and Development, “Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future (The Brundtland Report),” 1987.
- [10] F. A. Goni, S. Sahran, M. Mukhtar, S. A. Shukor, and A. G. Chofreh, “Aligning an information system strategy with sustainability strategy towards sustainable campus,” *2013 Int. Conf. Res. Innov. Inf. Syst.*, vol. 2013, pp. 245–250, Nov. 2013.
- [11] L. Cole, “A SSESSING S USTAINABILITY ON C ANADIAN U NIVERSITY C AMPUSES : D EVELOPMENT OF A C AMPUS By,” 2003.
- [12] L. Newman, “Uncertainty , innovation , and dynamic sustainable

- development,” vol. 1, no. 2, 2005.
- [13] H. M. Alshuwaikhat and I. Abubakar, “An integrated approach to achieving campus sustainability: assessment of the current campus environmental management practices,” *J. Clean. Prod.*, vol. 16, pp. 1777–1785, 2008.
- [14] I. I. Issa, D. C. A. Pigosso, T. C. McAlloone, and H. Rozenfeld, “Leading product-related environmental performance indicators: A selection guide and database,” *J. Clean. Prod.*, vol. 108, pp. 321–330, 2014.
- [15] G. Ordóñez, G. Osma, P. Vergara, and J. Rey, “Wind and Solar Energy Potential Assessment for Development of Renewables Energies Applications in Bucaramanga, Colombia,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 59, p. 012004, Jun. 2014.
- [16] Planeación UIS, “UIS en cifras 2013,” Bucaramanga, 2014.
- [17] C. Ambiental, “Implementación del Plan de Gestión Integral de Residuos en la Universidad Industrial de Santander COMITÉ TÉCNICO AMBIENTAL Y SANITARIO.”
- [18] G. Ordoñez, M. Maradei, P. Vergara, M. Acevedo, J. Rey, and O. Benavides, “Resumen ejecutivo, primer informe sostenible UIS,” 2013.
- [19] S. De Gestión Ambiental, “Programa Uso Racional De La Energía (Ure),” *Proceso Gestión Ambient.*, pp. 1–4, 2011.
- [20] Departamento de Gestión Ambiental, “Uso Racional de Agua (URA),” pp. 1–5, 2011.
- [21] Departamento de Gestión Ambiental, “Programa conservación y manejo de la flora y fauna,” pp. 1–5, 2011.
- [22] F. Cala and C. Rodruguez, “DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON TECNOLOGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA,” 2010.
- [23] G. Osma, “USO RACIONAL DE LA ENERGÍA A PARTIR DEL DISEÑO DE APLICACIONES SOSTENIBLES EN EL EDIFICIO ELÉCTRICA II DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER,” 2011.
- [24] D. Castro, “ELEMENTO PARA ILUMINACION QUE REDUZCA EL

CONSUMO ENERGETICO GENERADO EN LAS VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL (VIS) DISEÑO Y CONSTRUCCION,” 2014.

- [25] N. Jaimes and S. Rivero, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN COLECTOR SOLAR DE TUBOS AL VACÍO,” 2012.
- [26] D. Rincón, “DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN BASADO EN TUBOS REFLECTANTES PARA EL ÚLTIMO NIVEL DE LA REFORMA DEL EDIFICIO E3T,” 2012.
- [27] J. Flórez and C. Núñez, “GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DE LA UTILIZACIÓN DE BICICLETAS ESTÁTICAS,” 2011.
- [28] C. Arías, M. Ordúz, and F. Prieto, “AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE UN SISTEMA DE VENTILACIÓN FORZADA PARA EL EDIFICIO ELÉCTRICA 2 A PARTIR DE TUBOS ENTERRADOS,” 2011.
- [29] W. García and M. Valencia, “SISTEMA PARA DISMINUIR EL CONSUMO DE AGUA EN LOS APARATOS SANITARIOS,” 2005.
- [30] L. Ballesteros and M. Camargo, “ESTUDIO DEL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS CELULOSICOS DE LA BASURA DE LA UIS,” 1985.
- [31] L. Velazquez, N. Munguia, and M. Ojeda, “Optimizing water use in the University of Sonora, Mexico,” *J. Clean. Prod.*, vol. 46, pp. 83–88, 2013.
- [32] G. A. Kristanto, C. Priadi, M. Orientilize, A. Udhiarto, and E. Bahsan, “Towards Green and Sustainable Society : A Case of Engineering Faculty , Universitas Indonesia,” no. March, pp. 19–21, 2014.
- [33] Y. Su and J. W. Yan, “Methodology of Measurement and Calculation of Building Energy Management System in University Campus,” *Appl. Mech. Mater.*, vol. 368–370, pp. 454–459, 2013.
- [34] G. Rybarczyk and L. Gallagher, “Measuring the potential for bicycling and walking at a metropolitan commuter university,” *J. Transp. Geogr.*, vol. 39, pp. 1–10, 2014.
- [35] D. M. . N. E., “Overcoming barriers to campus greening,” *Int. J. Sustain. High. Educ.*, vol. 2, no. 2, pp. 139–160, 2001.
- [36] R. E. J. N. Adams, “College students ’ perceptions of campus sustainability,”

2011.

- [37] M. Z. Abd-razak, N. K. F. Mustafa, A. I. Che-ani, and N. A. G. Abdullah, “Procedia Engineering Campus Sustainability: Student ’ s Perception on Campus Physical Development Planning in Malaysia,” *Procedia Eng.*, vol. 20, pp. 230–237, 2011.
- [38] Mendenhall, Beaver, and Beaver, *Introducción a la probabilidad y estadística*, 13° ed. .
- [39] R. Ankunda, “The Application of the Pareto Principle in Software Engineering,” pp. 1–12, 2011.
- [40] “Global Reporting Initiative.” [Online]. Available: <https://www.globalreporting.org/Pages/default.aspx>.
- [41] R. Angarita, C. Cordero, J. Reales, and G. Vera, “CAMPUS VERDES: REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE,” 2014.
- [42] “Frequently Asked Questions-EMAS.” [Online]. Available: http://ec.europa.eu/environment/emas/tools/faq_en.htm#Section1Question1.
- [43] D. Oficial, D. E. L. P. Europeo, D. E. L. Consejo, C. Europea, S. Europeo, L. Comunicaci, L. Decisi, and P. Europeo, “Diario Oficial de la Unión Europea L 342/1,” 2009.
- [44] Aashe, “STARS Technical Manual version 2.0,” no. january, pp. 1–350, 2014.
- [45] Global University Leaders Forum, “Implementation Guidelines to the ISCN-GULF Sustainable Campus Charter - Suggested reporting contents and format,” pp. 1–19, 2010.
- [46] C. T. I. 207, “NORMA INTERNACIONAL ISO 14001 Traducción certificada,” vol. 2004, 2004.
- [47] C. I. 207 Técnico, “NORMA INTERNACIONAL ISO 14031. GESTIÓN AMBIENTAL-EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO AMBIENTAL-DIRECTRICES. TRADUCCIÓN OFICIAL.,” 1999.
- [48] K. Buchanan, N. Banks, I. Preston, and R. Russo, “The British public’s perception of the UK smart metering initiative: Threats and opportunities,”

Elsevier Ltd, 2016.

- [49] D. Alvarez, J. Reyes, W. Montaña, and E. Parra, "Sistema de Gestión de Energía en Tiempo Real del Campus de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá."
- [50] H. Makkonen, "22 nd International Conference on Electricity Distribution Paper 1137 GREEN CAMPUS – ENERGY MANAGEMENT SYSTEM 22 nd International Conference on Electricity Distribution," 2013.
- [51] I. M. Jomoah, A. U. M. Al-Abdulaziz, and S. R. Kumar, "Energy Management in the Buildings of a University Campus in Saudi Arabia – A Case Study," *4th Int. Conf. Power Eng. Energy Electr. Drives, Istanbul, Turkey, 13-17 May 2013.*, no. May, pp. 13–17, 2013.
- [52] B. N. Bero, E. Doerry, R. Middleton, and C. Meinhardt, "Challenges in the development of environmental management systems on the modern university campus," *Int. J. Sustain. High. Educ.*, vol. 13, no. 2, pp. 133–149, 2012.
- [53] R. Suarez and D. Díaz, "SISTEMA DE GESTION INTEGRAL DE LA ENERGIA EN EL EDIFICIO DE ADMINISTRACION I DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER."
- [54] B. Kekezoglu, O. Arikan, a Erduman, S. Member, E. Isen, a Durusu, and a Bozkurt, "Reliability Analysis of Hybrid Energy Systems: Case Study of Davutpasa Campus," no. July, pp. 1141–1144, 2013.
- [55] M. Sithan and L. L. Lai, "Application of green technologies in developing countries - Reduced carbon emission and conservation of energy," *IEEE Power Energy Soc. Gen. Meet.*, pp. 1–7, 2011.
- [56] S. Saengsuwan, P. Bhasaputra, W. Pattaraprakorn, W. Sriamonkitkul, R. Intarachinda, and B. Hongpeechar, "The potential of sustainable energy in Thammasat University Rangsit campus," *Energy Sustain. Dev. Issues Strateg. (ESD), 2010 Proc. Int. Conf.*, 2010.
- [57] S. N. Mohammad, R. Zakaria, W. Omar, M. Zaimi, A. Majid, A. L. Saleh, M. Mustafar, R. M. Zin, and N. A. Jainuddin, "Potential of Solar Farm

- Development at UTM Campus for Generating Green Energy,” vol. 480, pp. 553–558, 2014.
- [58] N. Kalkan, K. Bercin, O. Cangul, M. G. Morales, M. Mohammed, K. Mohamed, I. Marji, A. Metaxa, and E. Tsigkogianni, “A renewable energy solution for Highfield Campus of University of Southampton,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 15, no. 6, pp. 2940–2959, 2011.
- [59] B. Nestor and J. Hernandez, “Development of a wind measurement system prototype, aimed to conduct wind energy resource assessments,” 2010.
- [60] Y. Lizarazú and L. Torres, “Diseño de Sistema de Generación Eléctrica Fotovoltaica y de una Red Eléctrica en Corriente Continua de Baja Tensión Para el Posible Nuevo Edificio Eñéctrica II de la Universidad Industrial de Santander,” 2010.
- [61] N. Chalfoun, “Greening University Campus Buildings to Reduce Consumption and Emission While Fostering Hands-on Inquiry-Based Education,” *Procedia Environ. Sci.*, vol. 20, pp. 288–297, 2014.
- [62] K. Y. Lim, R. Mohamed, A. Ariffin, and G. G. O. H. Guan, “ENERGY CONSERVATION IN AN INSTITUTIONAL CAMPUS,” vol. 11, no. 1, pp. 35–48, 2009.
- [63] M. D. F. M. e Silva, M. L. Calijuri, F. J. F. de Sales, M. H. B. de Souza, and L. S. Lopes, “Integration of technologies and alternative sources of water and energy to promote the sustainability of urban landscapes,” *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 91, pp. 71–81, 2014.
- [64] H. University, “Waste-Reduction & Resource Awareness Program (WRRAP).” [Online]. Available: <http://www2.humboldt.edu/wrrap/node/21>. [Accessed: 17-Jan-2016].
- [65] L. S. Ting, “Proposed implementation strategies for energy sustainability on a Malaysian university campus,” *Bus. Strateg. Ser.*, vol. 13, no. 5, pp. 208–214, 2012.
- [66] Q. Tu, C. Zhu, and D. C. McAvoy, “Converting campus waste into renewable energy – A case study for the University of Cincinnati,” *Waste Manag.*, vol.

39, pp. 258–265, 2015.

- [67] A. Lidgren, H. Rodhe, and D. Huisingsh, “A systemic approach to incorporate sustainability into university courses and curricula,” *J. Clean. Prod.*, vol. 14, no. 9–11, pp. 797–809, 2006.
- [68] G. D. Gutiérrez, “Cómo realizar una medición inteligente basada en indicadores de gestión How to make a smart metering based on,” 2013.
- [69] S. Huysman, S. Sala, L. Mancini, F. Ardente, R. A. F. Alvarenga, S. De Meester, F. Mathieux, and J. Dewulf, “Toward a systematized framework for resource efficiency indicators,” *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 95, pp. 68–76, 2015.

BIBLIOGRAFÍA

- Aashe, "STARS Technical Manual version 2.0," no. January, pp. 1–350, 2014
- Abd-razak, M. Z. Mustafa, N. K. F. Che-ani, A. I. and Abdullah, N. A. G. "Procedia Engineering Campus Sustainability: Student 's Perception on Campus Physical Development Planning in Malaysia," *Procedia Eng.*, vol. 20, pp. 230–237, 2011
- Adams, R. E. J. N. "College students ' perceptions of campus sustainability," 2011
- Alshuwaikhat H. M. and Abubakar, I. "An integrated approach to achieving campus sustainability: assessment of the current campus environmental management practices," *J. Clean. Prod.*, vol. 16, pp. 1777–1785, 2008
- Alvarez, D. Reyes, J. Montaña, W. and Parra, E. "Sistema de Gestión de Energía en Tiempo Real del Campus de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá."
- Angarita, R. Cordero, C. Reales, J. and Vera, G. "Campus verdes: revisión del estado del arte," 2014
- Ankunda, R. "The Application of the Pareto Principle in Software Engineering," pp. 1–12, 2011
- Arias, C. Ordúz, M. and Prieto, F. "Automatización y control de un sistema de ventilación forzada para el edificio eléctrica 2 a partir de tubos enterrados," 2011
- Ballesteros L. and Camargo, M. "Estudio del aprovechamiento de los residuos celulosicos de la basura de la UIS," 1985

Bero, B. N. Doerry, E. Middleton, R. and Meinhardt, C. “Challenges in the development of environmental management systems on the modern university campus,” *Int. J. Sustain. High. Educ.*, vol. 13, no. 2, pp. 133–149, 2012

Buchanan, K. Banks, N. Preston, I. and Russo, R. “The British public’s perception of the UK smart metering initiative: Threats and opportunities,” *Elsevier Ltd*, 2016

C. Ambiental, “Implementación del Plan de Gestión Integral de Residuos en la Universidad Industrial de Santander COMITÉ TÉCNICO AMBIENTAL Y SANITARIO.”

C. I. 207 Técnico, “Norma Internacional Iso 14031. Gestión ambiental-evaluación de desempeño ambiental-directrices. traducción oficial.,” 1999

C. T. I. 207, “Norma Internacional ISO 14001 Traducción certificada,” vol. 2004, 2004

Cala, F. and Rodruguez, C. “DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON TECNOLOGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA,” 2010

Castro, D. “Elemento para iluminacion que reduzca el consumo energetico generado en las viviendas de interes social (VIS) Diseno y Construccion,” 2014

Chalfoun, N. “Greening University Campus Buildings to Reduce Consumption and Emission While Fostering Hands-on Inquiry-Based Education,” *Procedia Environ. Sci.*, vol. 20, pp. 288–297, 2014

Cole, L. “A SSESSING S USTAINABILITY ON C ANADIAN U NIVERSITY C AMPUSES : D EVELOPMENT OF A C AMPUS By,” 2003

Cole, L. “Campus Sustainability Assessment Framework (CSAF),” 2003

D. M. N. E., "Overcoming barriers to campus greening," *Int. J. Sustain. High. Educ.*, vol. 2, no. 2, pp. 139–160, 2001

D. Oficial, D. E. L. P. Europeo, D. E. L. Consejo, C. Europea, S. Europeo, L. Comunicaci, L. Decisi, and P. Europeo, "Diario Oficial de la Unión Europea L 342/1," 2009

Departamento de Gestión Ambiental, "Programa conservación y manejo de la flora y fauna," pp. 1–5, 2011

Departamento de Gestión Ambiental, "Uso Racional de Agua (URA)," pp. 1–5, 2011

Figueredo, F. R. and Tsarenko, Y. "Is ' being green ' a determinant of participation in university sustainability initiatives ?," 2014

Flórez J. and Núñez, C. "Generación de energía eléctrica a partir de la utilización de bicicletas estáticas," 2011

Frequently Asked Questions-EMAS." [Online]. Available: http://ec.europa.eu/environment/emas/tools/faq_en.htm#Section1Question1

García W. and Valencia, M. "Sistema para disminuir el consumo de agua en los aparatos sanitarios," 2005

Global Reporting Initiative." [Online]. Available: <https://www.globalreporting.org/Pages/default.aspx>

Global University Leaders Forum, "Implementation Guidelines to the ISCN-GULF Sustainable Campus Charter - Suggested reporting contents and format," pp. 1–19, 2010

Goni, F. A. Sahran, S. Mukhtar, M. Shukor, S. A. and Chofreh, A. G. "Aligning an information system strategy with sustainability strategy towards sustainable campus," *2013 Int. Conf. Res. Innov. Inf. Syst.*, vol. 2013, pp. 245–250, Nov. 2013

Gutiérrez, G. D. "Cómo realizar una medición inteligente basada en indicadores de gestión How to make a smart metering based on," 2013

H. University, "Waste-Reduction & Resource Awareness Program (WRRAP)." [Online]. Available: <http://www2.humboldt.edu/wrrap/node/21>. [Accessed: 17-Jan-2016]

Huysman, S. Sala, S. Mancini, L. Ardente, F. Alvarenga, R. A. F. De Meester, S. Mathieux, F. and Dewulf, J. "Toward a systematized framework for resource efficiency indicators," *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 95, pp. 68–76, 2015

Issa, I. I. Pigosso, D. C. A. McAlloone, T. C. and Rozenfeld, H. "Leading product-related environmental performance indicators: A selection guide and database," *J. Clean. Prod.*, vol. 108, pp. 321–330, 2014

Jaimes N. and Rivero, S. "Diseño y construcción de un colector solar de tubos al vacío," 2012

Jomoah, I. M. Al-Abdulaziz, A. U. M. and Kumar, S. R. "Energy Management in the Buildings of a University Campus in Saudi Arabia – A Case Study," *4th Int. Conf. Power Eng. Energy Electr. Drives, Istanbul, Turkey, 13-17 May 2013.*, no. May, pp. 13–17, 2013

Kalkan, N. Bercin, K. Cangul, O. Morales, M. G. Mohammed, M. Mohamed, K. Marji, I. Metaxa, A. and Tsigkogianni, E. "A renewable energy solution for Highfield Campus of University of Southampton," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 15, no. 6, pp. 2940–2959, 2011

Kekezoglu, B. Arikan, O. Erduman, A. Member, S. Isen, E. a Durusu, and a Bozkurt, "Reliability Analysis of Hybrid Energy Systems : Case Study of Davutpasa Campus," no. July, pp. 1141–1144, 2013

Koester, R. J. Eflin, J. and Vann, J. "Greening of the campus: a whole-systems approach," *J. Clean. Prod.*, vol. 14, no. 9–11, pp. 769–779, Jan. 2006

Kristanto, G. A. Priadi, C. Orientilize, M. Udhiarto, A. and Bahsan, E. "Towards Green and Sustainable Society : A Case of Engineering Faculty , Universitas Indonesia," no. March, pp. 19–21, 2014

Lidgren, A. Rodhe, H. and Huisingh, D. "A systemic approach to incorporate sustainability into university courses and curricula," *J. Clean. Prod.*, vol. 14, no. 9–11, pp. 797–809, 2006

Lim, K. Y. Mohamed, R. Ariffin, A. and Guan, G. G. O. H. "ENERGY CONSERVATION IN AN INSTITUTIONAL CAMPUS," vol. 11, no. 1, pp. 35–48, 2009

Lizarazú, Y. and Torres, L. "Diseño de Sistema de Generación Eléctrica Fotovoltáica y de una Red Eléctrica en Corriente Continua de Baja Tensión Para el Posible Nuevo Edificio Eñéctrica II de la Universidad Industrial de Santander," 2010

Makkonen, H. "22 nd International Conference on Electricity Distribution Paper 1137 GREEN CAMPUS – ENERGY MANAGEMENT SYSTEM 22 nd International Conference on Electricity Distribution," 2013

Mendenhall, Beaver, and Beaver, *Introducción a la probabilidad y estadística*, 13° ed.

Mohammad, S. N. Zakaria, R. Omar, W. Zaimi, M. Majid, A. Saleh, L. Mustafar, M. Zin, R. M. and Jainuddin, N. A. "Potential of Solar Farm Development at UTM Campus for Generating Green Energy," vol. 480, pp. 553–558, 2014

Nestor, B. and Hernandez, J. "Development of a wind measurement system prototype, aimed to conduct wind energy resource assessments," 2010

Newman, L. "Uncertainty , innovation , and dynamic sustainable development," vol. 1, no. 2, 2005

O. de 2005. Equipo de Rectores – Talloires, Francia, "Declaración de talloires," 2005

Ordoñez, G. Maradei, M. Vergara, P. Acevedo, M. Rey, J. and Benavides, O. "Resumen ejecutivo, primer informe sostenible UIS," 2013

Ordóñez, G. Osma, G. Vergara, P. and Rey, J. "Wind and Solar Energy Potential Assessment for Development of Renewables Energies Applications in Bucaramanga, Colombia," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 59, p. 012004, Jun. 2014

Osma, G. "Uso racional de la energía a partir del diseño de aplicaciones sostenibles en el edificio eléctrica II de la Universidad Industrial de Santander," 2011

Planeación UIS, "UIS en cifras 2013," Bucaramanga, 2014

Rincón, D. "Diseño del sistema de iluminación basado en tubos reflectantes para el último nivel de la reforma del edificio E3T," 2012

Rybarczyk, G. and Gallagher, L. "Measuring the potential for bicycling and walking at a metropolitan commuter university," *J. Transp. Geogr.*, vol. 39, pp. 1–10, 2014

S. De Gestión Ambiental, "Programa Uso Racional De La Energía (Ure)," *Proceso Gestión Ambient.*, pp. 1–4, 2011

Saengsuwan, S. Bhasaputra, P. Pattaraprakorn, W. Sriamonkitkul, W. Intarachinda, R. and Hongpeechar, B. "The potential of sustainable energy in Thammasat University Rangsit campus," *Energy Sustain. Dev. Issues Strateg. (ESD), 2010 Proc. Int. Conf.*, 2010

Silva, M. D. F. M. e Calijuri, M. L. De Sales, F. J. F. De Souza, M. H. B. and Lopes, L. S. "Integration of technologies and alternative sources of water and energy to promote the sustainability of urban landscapes," *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 91, pp. 71–81, 2014

Sithan M. and Lai, L. L. "Application of green technologies in developing countries - Reduced carbon emission and conservation of energy," *IEEE Power Energy Soc. Gen. Meet.*, pp. 1–7, 2011

Su, Y. and Yan, J. W. "Methodology of Measurement and Calculation of Building Energy Management System in University Campus," *Appl. Mech. Mater.*, vol. 368–370, pp. 454–459, 2013

Suárez Montoya, Aurelio. *La minería colonial del siglo XXI. No todo lo que brilla es oro.* 2013

Suarez R. and Díaz, D. "Sistema de gestión integral de la energía en el edificio de Administración I de la Universidad Industrial de Santander."

Ting, L. S. "Proposed implementation strategies for energy sustainability on a Malaysian university campus," *Bus. Strateg. Ser.*, vol. 13, no. 5, pp. 208–214, 2012

Too L. and Bajracharya, B. "Sustainable campus: engaging the community in sustainability," *Int. J. Sustain. High. Educ.*, vol. 16, no. 1, pp. 57–71, Jan. 2015

Too, L. and Bajracharya, B. "International Journal of Sustainability in Higher Education Article information :," 2015

Tu, Q. Zhu, C. and McAvoy, D. C. "Converting campus waste into renewable energy – A case study for the University of Cincinnati," *Waste Manag.*, vol. 39, pp. 258–265, 2015

Velazquez, L. Munguia, N. Platt, A. and Taddei, J. "Sustainable university: what can be the matter?," *J. Clean. Prod.*, vol. 14, pp. 810–819, 2006

Velazquez, L. Munguia, N. and Ojeda, M. "Optimizing water use in the University of Sonora, Mexico," *J. Clean. Prod.*, vol. 46, pp. 83–88, 2013

World Commission on Environment and Development, "Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future (The Brundtland Report)," 1987

ANEXOS

ANEXO A. Test

¿Cuál de los siguientes términos asocia con sostenibilidad?

- Eficiencia energética
- Polución
- Producción de energía
- Pesticidas
- Residuos

¿Cuál de los siguientes términos NO asocia con sostenibilidad?

- Reciclaje
- Edificios verdes
- Gestión
- Utilidades
- Administración

¿Cuál de los siguientes enunciados considera más adecuada para definir sostenibilidad?

- Es el desarrollo que logra alcanzar las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad de generaciones futuras de alcanzar las suyas
- Es aquel desarrollo donde entran en equilibrio dos dimensiones de trabajo: ecosistema y sociedad. Disminuyendo así los impactos ambientales.
- Procesos donde se trabaje de modo que los desperdicios sean mínimos. Además que el rendimiento sea óptimo en cuanto a la utilización de recursos.
- Hace referencia al uso responsable de los recursos y a una explotación de las materias primas disponibles de una manera adecuada.

ANEXO B. Encuesta

Con el fin de acercar cada vez más a la Universidad Industrial de Santander al concepto campus verde, y entendiendo la importancia de la participación de la comunidad universitaria en la construcción de este, se plantea una breve encuesta, que tiene como objetivo identificar cuáles son, según la comunidad UIS, las áreas que requieren de una intervención prioritaria, de modo, que al intervenirlas, se genere el mayor impacto al momento de ejecutar estrategias sostenibles en la sede central de la UIS.

¿Cuál es su rol en la universidad?

Estudiante

Profesor

Trabajador

Otro

Para las siguientes preguntas marque una o más respuestas según lo crea conveniente

¿Cuál debe ser el área de enfoque para alcanzar un campus verde en la sede central de la UIS?

Consumo energía eléctrica

Consumo y manejo de agua

Manejo de residuos

Transporte (transporte dentro de la universidad, uso de vehículos por parte de las dependencias de la universidad, medios de transporte de los estudiantes)

Gestión y administración de recursos de recursos

Implementación de energías verdes

Académica (cursos sobre el tema, conferencias, jornadas informativas)

Otra: _____

¿Cuáles son las principales barreras para alcanzar un campus verde en la sede central de la UIS?

Falta de interés por medio de la administración

Falta de interés por medio de estudiantes y profesores

Falta de recursos

Otra: _____

¿Qué debería motivar a la universidad para implementar el concepto campus verde?

Ahorro de dinero

Reducción en el consumo de energía

Reducción en la huella de carbono

Mayor visibilidad de estas temáticas a nivel regional y nacional

Cumplir con estándares internacionales

Mejorar la reputación de la universidad

Otra: _____