



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA  
EN TELEINFORMÁTICA**

**ÁREA  
TECNOLOGÍA DE LAS TELECOMUNICACIONES**

**TEMA  
“ESTUDIO DE UN SISTEMA DE CONTROL AMBIENTAL  
INTELIGENTE PARA UN CAMPUS INTELIGENTE”**

**AUTORA  
BAJAÑA EGAS JENNIFER GABRIELA**

**DIRECTOR DEL TRABAJO  
ING. VEINTIMILLA ANDRADE JAIRO GEOVANNY**

**GUAYAQUIL, JULIO 2020**



## ANEXO XI.- FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN



### FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA

<b>REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>			
<b>FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN</b>			
<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>			
Estudio de un sistema de control ambiental inteligente para un campus inteligente			
<b>AUTOR(ES)</b> (apellidos/nombres):		Bajaña Egas Jennifer Gabriela	
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b> (apellidos/nombres):		Ing. Trujillo Borja Ximena Fabiola / Ing. Veintimilla Andrade Jairo Geovanny	
<b>INSTITUCIÓN:</b>		Universidad de Guayaquil	
<b>UNIDAD/FACULTAD:</b>		Facultad de Ingeniería Industrial	
<b>MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:</b>			
<b>GRADO OBTENIDO:</b>		Ingeniería en Teleinformática	
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>		26 octubre 2020	<b>No. DE PÁGINAS:</b> 115
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>		Tecnología de las telecomunicaciones	
<b>PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:</b>		Universidades, contaminación ambiental, visión sustentable, sistema de control ambiental, smart campus.	
<p><b>RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):</b> Las universidades diariamente realizan gestiones o actividades, las cuales deben ser analizadas para verificar las afectaciones ambientales que estas generan. Debido a la problemática presente llamada contaminación ambiental, se tiene la necesidad de transformar la visión sustentable de la comunidad universitaria considerando el aspecto social, ambiental y económico. Se establece una propuesta tecnológica para un sistema de control ambiental inteligente enfocado para un smart campus, se identifican aspectos a considerar, indicadores ambientales y soluciones complementadas con tecnologías como WSN y IoT desde un análisis bibliográfico para mitigar la contaminación y contribuir a un ambiente más limpio para la comunidad universitaria. Se realiza un estudio de campo en el cual se compara los estándares o normativas relacionadas con gestión ambiental y los sistemas con enfoques ambientales implementados en universidades internacionales para establecer las características generales y requerimientos que debe tener un sistema de control ambiental para un campus inteligente.</p>			
<b>ADJUNTO PDF:</b>		SI (X)	NO
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>		Teléfono: +593992049750	E-mail: Jennifer.bajanae@ug.edu.ec
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:</b>		Nombre: Ing. Ramón Maquilón Nicola, MG.	
		Teléfono: 593-2658128	
		E-mail: <a href="mailto:direcciónTi@ug.edu.ec">direcciónTi@ug.edu.ec</a>	



**ANEXO XII.- DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y DE  
AUTORIZACIÓN DE LICENCIA GRATUITA  
INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO NO COMERCIAL DE LA OBRA  
CON FINES NO ACADÉMICOS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**

---

LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO COMERCIAL DE LA OBRA CON  
FINES NO ACADÉMICOS

Yo, **BAJAÑA EGAS JENNIFER GABRIELA**, con C.C. No. **0932037146**, certifico que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es “**ESTUDIO DE UN SISTEMA DE CONTROL AMBIENTAL INTELIGENTE PARA UN CAMPUS INTELIGENTE**” son de mi absoluta propiedad y responsabilidad, en conformidad al Artículo 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN\*, autorizo la utilización de una licencia gratuita intransferible, para el uso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.

---

JENNIFER GABRIELA BAJAÑA EGAS  
C.C.No. 0932037146

## ANEXO VII. - CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD


**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**


Habiendo sido nombrado ING. VEINTIMILLA ANDRADE JAIRO GEOVANNY, tutor del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por BAJAÑA EGAS JENNIFER GABRIELA, C.C.: 0932037146, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de INGENIERA EN TELEINFORMÁTICA.

Se informa que el trabajo de titulación: **“ESTUDIO DE UN SISTEMA DE CONTROL AMBIENTAL INTELIGENTE PARA UN CAMPUS INTELIGENTE”**, ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa Antiplagio (URKUND) quedando el 3 % de coincidencia.

<https://secure.arkund.com/old/view/77037663-813268-593154#DcQxDoAgEATAv1y9MccicPIVQ2GIGgppKI1/lynmlWdl3hUObjYnCI8VEQmGrUBGu3u7Wj16PSXrotQUaOqdjySN4fsB>

URKUND

Documento

Presentado

Presentado por

Recibido

Mensaje

BAJANA JENNIFER URKUND.docx (D80523375)

2020-10-02 07:52 (-05:00)

Jairo Veintimilla Andrade (jairo.veintimillaa@ug.edu.ec)

jairo.veintimillaa.ug@analysis.arkund.com

URKUND BAJANA JENNIFER [Mostrar el mensaje completo](#)

3% de estas 49 páginas, se componen de texto presente en 6 fuentes.

Lista de fuentes

Bloques

⊕	Categoría	Enlace/nombre de archivo	
⊕		<a href="https://www.uv.mx/gestion/files/2013/01/LORENA-MENDEZ-ORTIZ.pdf">https://www.uv.mx/gestion/files/2013/01/LORENA-MENDEZ-ORTIZ.pdf</a>	
⊕		<a href="https://docplayer.es/13252138-Las-nuevas-tecnologias-y-las-smart-cities-en-espana-comparacion-y-sostenibilidad-de-las-ciudades.html">https://docplayer.es/13252138-Las-nuevas-tecnologias-y-las-smart-cities-en-espana-comparacion-y-sostenibilidad-de-las-ciudades.html</a>	
⊕		<a href="https://campussostenible.org/campus-sostenible-uao/componentes/">https://campussostenible.org/campus-sostenible-uao/componentes/</a>	
⊕		<a href="#">TESIS EDITADA - J CEPEDA.docx</a>	
⊕	>	<a href="https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/98485/Smart%20City.%20Diagnostico%20de%20la%20ciudad%20de%20Guayaquil%20%28Ecuador%29...">https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/98485/Smart%20City.%20Diagnostico%20de%20la%20ciudad%20de%20Guayaquil%20%28Ecuador%29...</a>	
⊕		<a href="https://smartcitiescouncil.com/article/dissecting-iso-37120-why-new-smart-city-standard-good-news-cities">https://smartcitiescouncil.com/article/dissecting-iso-37120-why-new-smart-city-standard-good-news-cities</a>	

**ING JAIRO VEINTIMILLA ANDRADE , MG.  
C.C 0922668025  
FECHA: 09 DE OCTUBRE DE 2020**

**ANEXO VI. - CERTIFICADO DEL DOCENTE-TUTOR DEL  
TRABAJO DE TITULACIÓN**



**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



Guayaquil, 9 de octubre de 2020.

Sr (a).

**Ing. Annabelle Lizaraburu Mora, MG.**

Director (a) de Carrera Ingeniería en Teleinformática / Telemática

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**

Ciudad. -

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Titulación **“ESTUDIO DE UN SISTEMA DE CONTROL AMBIENTAL INTELIGENTE PARA UN CAMPUS INTELIGENTE”** de la estudiante **BAJAÑA EGAS JENNIFER GABRIELA**, indicando que ha (cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- La estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del trabajo de titulación con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de titulación, **CERTIFICO**, para los fines pertinentes, que el (los) estudiante (s) está (n) apto (s) para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,

**Ing. Jairo Veintimilla Andrade, MG.**

C.C. 0922668025

FECHA: 9 de octubre de 2020



**ANEXO VIII.- INFORME DEL DOCENTE REVISOR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



Guayaquil, 19 de octubre de 2020

Sr (a).

**Ing. Annabelle Lizarzaburu Mora, MG.**

Director (a) de Carrera Ingeniería en Teleinformática / Telemática

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**  
 Ciudad. -

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el informe correspondiente a la REVISIÓN FINAL del Trabajo de Titulación ESTUDIO DE UN SISTEMA DE CONTROL AMBIENTAL INTELIGENTE PARA UN CAMPUS INTELIGENTE de la estudiante BAJAÑA EGAS JENNIFER GABRIELA. Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimiento de los siguientes aspectos:

Cumplimiento de requisitos de forma:

El título tiene un máximo de 12 palabras.

La memoria escrita se ajusta a la estructura establecida.

El documento se ajusta a las normas de escritura científica seleccionadas por la Facultad.

La investigación es pertinente con la línea y sublíneas de investigación de la carrera.

Los soportes teóricos son de máximo 8 años.

La propuesta presentada es pertinente.

Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:

El trabajo es el resultado de una investigación.

El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.

El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.

El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se indica que fue revisado, el certificado de porcentaje de similitud, la valoración del tutor, así como de las páginas preliminares solicitadas, lo cual indica el que el trabajo de investigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que el estudiante está apto para continuar el proceso de titulación. Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,

Ing. Ximena Trujillo Borja  
 DOCENTE TUTOR REVISOR  
 C.C: 0603375395

## **DEDICATORIA**

A mis padres, por enseñarme a superar cada reto, guiarme con sus consejos para conseguir este objetivo y su apoyo incondicional en diferentes etapas de mi vida convirtiéndome en la persona que soy. A mi hijo y hermanos, por ser mi motivo para seguir adelante sin mirar obstáculos ni medir niveles de dificultad y ser mi total fortaleza para cumplir cada meta que me he propuesto. A mi familia, por estar presente en cada paso de mi vida estudiantil y brindarme palabras de aliento para seguir adelante sin decaer.

### **AGRADECIMIENTO**

Agradezco profundamente a Dios, por brindarme salud, sabiduría y conocimiento día a día para realizar este estudio. A la Universidad de Guayaquil y a los docentes que han participado durante toda mi vida estudiantil aportando sus conocimientos, aporte invaluable y experiencias para formar la profesional que soy. En especial, a mi tutor en este proceso Ing. Jairo Veintimilla por guiarme y estar presente en el desarrollo exitoso de este estudio.



## Índice general del contenido

N°	Descripción	Pág.
	Introducción	1
<b>Capítulo I</b>		
<b>El problema</b>		
N°	Descripción	Pág.
1.1	Planteamiento del Problema	2
1.2	Formulación del Problema	3
1.3	Sistematización del Problema	3
1.4	Alcance de la Investigación	4
1.5	Objetivos de la Investigación	4
1.5.1	Objetivo General	4
1.5.2	Objetivos Específicos	4
1.6	Justificación e importancia	5
1.7	Delimitación del Problema	7
<b>Capítulo II</b>		
<b>Marco teórico</b>		
N°	Descripción	Pág.
2.1	Antecedentes del estudio	8
2.2	Concepto Smart City	10
2.2.1	Smart Economy (Economía)	11
2.2.2	Smart Environment (Medio Ambiente)	11
2.2.3	Smart People (Habitantes)	12
2.2.4	Smart Mobility (Transporte)	12
2.2.5	Smart Living (Calidad de vida)	12
2.2.6	Smart Governance (Administración)	12
2.3	Ciudades inteligentes en Ecuador	13
2.3.1	Caso de estudio: Guayaquil	14
2.3.2	Caso de estudio: Quito	15
2.3.3	Caso de estudio: Cuenca	16
2.4	Aplicación de Smart City en Campus inteligente	17
2.5	Métodos de evaluación de una ciudad inteligente	19
2.6	Aplicabilidad de método de evaluación en ciudades	26
2.7	Contaminación ambiental	26

2.8	Gases tóxicos producidos por contaminación ambiental	27
2.9	Contaminación ambiental en Ecuador	28
2.10	Sistemas inteligentes	30
2.11	Contaminación y tecnología	31
2.12	Sistema de gestión ambiental	31
2.12.1	Componentes de un sistema de gestión ambiental	33
2.12.2	Normativa para sistema de gestión ambiental	33
2.12.3	Normativa ISO 14000	33
2.12.4	Normativa ISO 14001	37
2.12.5	Normativa EMAS	38
2.13	Redes inalámbricas	40
2.14	Wireless Sensor Network (WSN)	41
2.14.1	Clasificación de la tecnología WSN	42
2.14.2	Topología de la Tecnología WSN	43
2.14.3	Arquitectura de la Tecnología WSN	45
2.15	Estándar IEEE 802.15.4	45
2.16	Internet of Things	46
2.17	Inmótica	46
2.18	Sensores	47
2.18.1	Sensores ultrasónicos	48
2.18.2	Sensores para CO <sub>2</sub>	49
2.19	Paneles solares	49
2.20	Fundamentación Legal	50

### Capítulo III

#### Metodología de la investigación y propuesta

N°	Descripción	Pág.
3.1	Tipo de investigación	53
3.1.1	Descriptiva	53
3.1.2	Correlacional	53
3.2	Modalidad de la investigación	54
3.2.1	Investigación bibliográfica	54
3.2.2	Investigación analítica	54
3.2.3	Investigación de campo	54

3.3	Técnicas de la investigación	54
3.3.1	Entrevista	55
3.3.2	Entrevista semiestructurada	55
3.3.3	Instrumentos para recolección de datos	55
3.3.4	Cuestionario para entrevista	55
3.3.5	Resultados de entrevista	56
3.4	Análisis comparativo de normativas sobre sistemas de gestión ambiental	59
3.5	Análisis comparativos de SGA aplicados en universidades	61
3.5.1	Universidad autónoma de Occidente (Cali, Colombia)	62
3.5.2	Universidad Harvard (Cambridge, Massachusetts)	64
3.5.3	Universidad de Brown (Providence, Rhode Island)	66
3.5.4	Universidad autónoma de Madrid (Madrid, España)	68
3.5.5	Universidad peruana de ciencias aplicadas (Lima, Perú)	69
3.6	UI GreenMetric World University Ranking	71
3.7	Análisis comparativo de tecnologías	75
3.8	Análisis de microcontroladores para redes inalámbricas sensoriales	75
3.9	Análisis comparativo de sensores	76
3.10	Sistema de gestión ambiental para un campus inteligente	77
3.11	Características de un SGA para un campus inteligente	80
3.12	Indicadores de un SGA para un campus inteligente	81
3.13	Objetivos por indicadores de un SGA para un campus inteligente	82
3.14	Propuesta para evaluar la calidad del aire	83
3.14.1	Estructura general para una red inalámbrica sensorial	84
3.15	Propuesta para la gestión de energía	84
3.15.1	Estructura general de un sistema fotovoltaico solar	85
3.16	Propuesta para la gestión y consumo del agua	86
3.16.1	Estructura general de sistema de recolección aguas lluvias	87
3.17	Propuesta para la gestión de residuos	88
3.17.1	Estructura general de contenedores inteligentes de basura	89
3.18	Propuesta para la investigación académica	91
3.18.1	Estructura general de un sitio web	92
3.19	Propuesta para infraestructura	94
3.19.1	Estructura general sobre Smart Building	94

3.20	Propuesta para transporte y movilidad	96
3.20.1	Estructura general de aplicación para compartir vehículo	97
3.21	Análisis de sistema de control ambiental para un campus inteligente	98
3.22	Matriz sobre el modelo de gestión y/o control ambiental	99
3.23	Administración del sistema de control ambiental	104
3.24	Sistemas de información	105
3.25	Control operacional	106
3.26	Conclusiones	107
3.27	Recomendaciones	107
	Anexos	108
	Bibliografía	112

---

## Índice de figuras

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
1	Innovación digital para combatir el impacto ambiental	3
2	Aspectos de una Smart City	5
3	Ámbitos de una ciudad inteligentes	11
4	Redes que componen la ciudad o SmartGrids	13
5	Características de una ciudad inteligente	14
6	Uso de tecnologías en la ciudad de Guayaquil	15
7	Uso de tecnologías en la ciudad de Quito	16
8	Uso de tecnologías en la ciudad de Cuenca	17
9	Consecuencia de la contaminación ambiental	27
10	Porcentaje de calidad del aire dentro de ciudades en el Ecuador	28
11	Prácticas de ahorro de energía dentro de ciudades en el Ecuador	29
12	Prácticas de ahorro de agua dentro de ciudades en el Ecuador	29
13	Cantidad de vehículos matriculados desde 2008 hasta 2018 en el Ecuador	30
14	Componentes de un sistema de gestión ambiental	33
15	Conexiones inalámbricas de dispositivos	41
16	Componentes de una Wireless Sensor Network	42
17	Clasificación de la tecnología Wireless Sensor Network	42
18	Topología punto a punto	43
19	Topología árbol	43
20	Topología en estrella	44
21	Topología en malla	44
22	Arquitectura de tecnología WSN	45
23	Niveles de modelo de red sobre el estándar IEEE 802.15.4	46
24	Funcionamiento de sensores	47
25	Paneles solares	50
26	Plan de proceso sistemático y cíclico PDA (Plan/Do/Check/Adjust)	59
27	Paneles solares en estacionamiento de la UAO	64
28	Consumo del recurso hídrico en Universidad de Harvard	64
29	Auditorías internas para verificar el consumo de energía en Harvard	65
30	Emisiones de carbono de la universidad de Brown	66
31	Proyecto de eficiencia térmica de la universidad de Brown	67

32	Interfaz de aplicación Rutas UAM 50	69
33	Programa de reciclaje de Universidad peruana de ciencias aplicadas	70
34	Países participantes en UI GreenMetric World University Ranking	71
35	Cantidad de participantes en UI GreenMetric World University Ranking	72
36	Pirámide de la gestión ambiental	78
37	Estructura básica del sistema gestión ambiental	80
38	Indicadores de un sistema de control ambiental	81
39	Esquema de red inalámbrica sensorial para detección de CO <sub>2</sub>	84
40	Esquema de un sistema fotovoltaico solar	86
41	Proceso establecido para recolección de aguas lluvias	87
42	Etapas del proceso de aguas lluvias	88
43	Clasificación de desechos mediante contenedores	89
44	Esquema de un contenedor inteligente	90
45	Funcionamiento del sensor ultrasónico HC-sr04	91
46	Interfaz de página sobre sostenibilidad ambiental de Harvard	92
47	Diagrama de navegabilidad de la página web	93
48	Interfaz de página web sobre sostenibilidad ambiental de Brown	93
49	Estructura general sobre Smart Building.	95
50	Aspectos de un Smart building.	96
51	Interfaz de app móvil para compartir vehículo	97
52	Administración de un sistema de control ambiental	104
53	Informes considerados en un sistema de control ambiental	106

## Índice de tablas

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
1	Indicadores de Evaluación en un Smart City	20
2	Normativa ISO 14000	35
3	Normativa EMAS	39
4	Análisis comparativo de normativa	60
5	Componentes del SGA de la universidad autónoma del Occidente	63
6	Componentes del SGA de la universidad de Harvard	66
7	Componentes del SGA de la universidad de Brown	67
8	Componentes del SGA de la universidad autónoma de Madrid	68
9	Componentes del SGA de la universidad peruana de ciencias aplicadas	70
10	Criterios para ingresar a UI GREEN METRIC	72
11	Indicadores para ingresar a UI GREEN METRIC	73
12	Análisis comparativo de tecnologías inalámbricas	75
13	Análisis comparativo de microcontroladores para redes inalámbricas	76
14	Análisis comparativo de sensores para detección de CO <sub>2</sub>	77
15	Etapa del sistema de gestión ambiental	79
16	Objetivos de un sistema de control ambiental	82
17	Matriz sobre el modelo de gestión y/o control ambiental	99

**Índice de anexos**

<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
1	Datasheet parte 1 sobre sensor MG811	109
2	Datasheet parte 2 sobre sensor MG811	110
3	Datasheet sobre sensor HC-SR04	111





## ANEXO XIII.- RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (ESPAÑOL)



### FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA

---

#### “ESTUDIO DE UN SISTEMA DE CONTROL AMBIENTAL INTELIGENTE PARA UN CAMPUS INTELIGENTE”

**Autora:** Bajaan Ega Jennifer Gabriela

**Tutor:** Veintimilla Andrade Jairo Geovanny

#### Resumen

Las universidades diariamente realizan gestiones o actividades, las cuales deben ser analizadas para verificar las afectaciones ambientales que estas generan. Debido a la problemática presente llamada contaminación ambiental, se tiene la necesidad de transformar la visión sustentable de la comunidad universitaria considerando el aspecto social, ambiental y económico. Se establece una propuesta tecnológica para un sistema de control ambiental inteligente enfocado para un smart campus, se identifican aspectos a considerar, indicadores ambientales y soluciones complementadas con tecnologías como WSN y IoT desde un análisis bibliográfico para mitigar la contaminación y contribuir a un ambiente más limpio para la comunidad universitaria. Se realiza un estudio de campo en el cual se compara los estándares o normativas relacionadas con gestión ambiental y los sistemas con enfoques ambientales implementados en universidades internacionales para establecer las características generales y requerimientos que debe tener un sistema de control ambiental para un campus inteligente.

**Palabras Claves:** Universidades, contaminación ambiental, visión sustentable, sistema de control ambiental, smart campus.



**ANEXO XIV.- RESUMEN DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN (INGLÉS)**



**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**

---

**"STUDY OF AN INTELLIGENT ENVIRONMENTAL CONTROL SYSTEM FOR A  
SMART CAMPUS"**

**Author:** Bajaña Egas Jennifer Gabriela

**Advisor:** Veintimilla Andrade Jairo Geovanny

**Abstract**

Universities carry out daily arrangements or activities, which must be analyzed to verify the environmental effects that they generate. Due to the present problem called environmental pollution, there is the need to transform the sustainable vision of the university community considering the social, environmental and economic aspects. A technological proposal is established for an intelligent environmental control system has been established, focused on a smart campus, identifying aspects to be considered, environmental indicators and solutions complemented with technologies such as WSN and IoT from a bibliographic analysis to mitigate pollution and contribute to a cleaner environment for the university community. A field study is carried out in which the standards or regulations related to environmental management and the systems with environmental approaches implemented in international universities are compared to establish the general characteristics and requirements that an environmental control system must have for a smart campus.

**Keywords:** Universities, environmental pollution, sustainable vision, environmental control system, smart campus.

## **Introducción**

Es importante conocer el funcionamiento de un sistema de gestión ambiental dentro de un campus universitario, el cual promueva la conciencia ambiental de sus usuarios tal como los estudiantes, docentes, personal administrativo y de servicio; ya que al considerar una Smart campus como una ciudad inteligente a escala se mantiene la necesidad de cumplir ciertos parámetros para efectuar el concepto de universidad sostenible ambientalmente.

Dentro de este estudio se verifica el impacto negativo ambiental que generan diariamente las gestiones universitarias, llegando a interferir en el bienestar de los estudiantes, docentes, personal administrativo y de servicio de un campus universitario sin saberlo, ya que este problema puede ser silencioso.

Esto afecta de manera negativa uno de los ámbitos que construye el concepto de Smart City. El cual tendrá un enfoque puntual como lo es un “Campus ecológico inteligente”. Por lo tanto, se establece una propuesta tecnológica donde se plantea una referencia a seguir sobre un sistema de control ambiental, se identifican aspectos a considerar y soluciones tecnológicas para los pilares que conforman un SGA de un campus universitario.

En el capítulo 1, se define la problemática de este estudio. Se establecen objetivos a alcanzar dentro del análisis para la propuesta tecnológica y se justifica la importancia de la idea propuesta.

En el capítulo 2, se procede a justificar teóricamente la propuesta tecnológica. Donde se realiza una búsqueda exhaustiva de información para una correcta comprensión del funcionamiento de un sistema gestión ambiental.

En el capítulo 3, se define la modalidad de la investigación que se emplea para construir la propuesta de este estudio. Para definir las mejores opciones comprendidas para futuras implementaciones de un sistema de gestión y/o control ambiental, se realiza comparativas de normativas, tecnologías y elementos para una eficiente posterior ejecución, se presenta los elementos, consideraciones generales y características necesarias a cumplir en un sistema de gestión y/o control ambiental basándose en la fundamentación teórica presentada y propuesta tecnológica para aspectos identificados.

## **Capítulo I**

### **El Problema**

#### **1.1 Planteamiento del Problema**

La visión de calidad en la Universidades a nivel mundial se enfoca normalmente en los programas educativos que brindan, pero actualmente existe un punto adicional que toma fuerza como las condiciones ambientales que pueden ofrecer. Dando diferentes impulsos de conciencia ecológica y manteniéndolos como prioridad para un futuro sostenible en estas instituciones de enseñanza superior. Las entidades educativas de tercer nivel influyen directamente en la concienciación ambiental sobre la contaminación que se mantiene en diferentes países del mundo, ya que se realizan hincapié en medidas para solventar este problema y concientizar a los ciudadanos sobre la gravedad del asunto.

Analizar el concepto de manera puntual es necesario dentro de este estudio, donde se explica que un Campus ecológico inteligente conlleva el concepto a escala de Smart City. El concepto de Smart City es un nuevo reto para cada empresa o universidad de este país debido a que la transformación comienza en enfocarse en varios aspectos o ámbitos considerados indispensables dentro de un campus universitario inteligente.

Los ámbitos que se consideran más importantes al implementar este concepto son movilidad, economía, gobierno, ambiental, habitantes, empresarial y educación. Todas estas se enfocan en optimizar sistemas y la gestión de datos de una manera segura al igual que accesible. De todos los ámbitos mencionados, el ambiental tiene un gran peso e importancia para la sostenibilidad de la idea.

Al mantener una concentración de personas dentro de un campus universitario, se verifica que los niveles de contaminación se pueden extender y afectar la calidad social y ambiental de la entidad educativa. Ciertos aspectos como la contaminación del aire, el mal uso del agua, la generación de desechos sin el debido tratamiento son particulares diarios que se mantienen en las ciudades desarrolladas. Un campus universitario puede ser comparado como una pequeña ciudad debido a la cantidad de personas que se mantienen dentro de las instalaciones realizando gestiones diarias para promover el desarrollo de una universidad.

En este estudio se verifica las afectaciones directas a la comunidad universitaria producida por la contaminación de diferentes fuentes, llegando a interferir en el bienestar de los estudiantes, docentes, personal administrativo y de servicio de un campus universitario sin saberlo, ya que este problema puede ser silencioso

En varios estudios, se ha demostrado que la contaminación ambiental puede provocar en la humanidad varias enfermedades las cuales pueden surgir a corto o largo plazo afectando diferentes órganos y pueden producir desde afectaciones respiratorias hasta enfermedades cardiovasculares.

Para analizar la gestión ambiental en una universidad se debe identificar las fuentes de contaminación que se pueden producir en gestiones o tareas diarias por la comunidad universitaria, las cuales interfieran con el bienestar de sus usuarios o la calidad de vida ambiental y social dentro de las instalaciones del mismo.



**Figura N° 1.** Innovación digital para combatir el impacto ambiental. Información tomada de <https://haycanal.com/noticias/14580/innovacion-digital-para-combatir-el-impacto-ambiental>. Elaborado por: Sitio Web Canal.com

## 1.2 Formulación del Problema

¿Qué características se deben implementar para que las universidades mantengan un eficiente sistema de gestión ambiental y a su vez adopten el concepto de “Campus ecológico inteligente”?

## 1.3 Sistematización del Problema

- ¿De qué manera se da la contaminación en un campus universitario?
- ¿Cuáles son las fuentes de contaminación dentro de un campus universitario?
- ¿Cómo contribuye un sistema de control ambiental en la sostenibilidad de una universidad?

- ¿Cuáles son los aspectos a considerar dentro de un sistema de gestión ambiental?
- ¿Cuáles son los objetivos ambientales para el desarrollo ambiental de una universidad?
- ¿Como se pueden medir los avances ambientales para una entidad respetuosa con el medio ambiente?
- ¿De qué manera esta propuesta incide en la visión de crecimiento tecnológico de un campus universitario?
- ¿Cuáles son los elementos más apropiados para una efectiva implementación de un sistema de control ambiental?

#### **1.4 Alcance de la Investigación**

Un análisis de las características, elementos y funcionamiento de un sistema de gestión y/o control ambiental en un campus inteligente.

#### **1.5 Objetivos de la Investigación**

##### ***1.5.1 Objetivo General***

Estudiar las características de un sistema de control ambiental inteligente para un campus inteligente.

##### ***1.5.2 Objetivos Específicos***

- Realizar un estudio bibliográfico sobre las características de un sistema de control ambiental inteligente.
- Definir los aspectos ambientales a considerar para un sistema de control ambiental completo.
- Formular los objetivos ambientales de un sistema de control ambiental para un campus inteligente.
- Establecer una referencia para guiar un sistema de control ambiental en un campus inteligente.

## 1.6 Justificación e importancia

La gestión ambiental es de vital importancia dentro de un espacio definido o de una ciudad completa ya que evalúa y considera los impactos negativos de las actividades que se realizan dentro del lugar al medio ambiente con el fin de desarrollar programas o tareas para mantener un lugar sostenible ambientalmente.

La carencia de gestión ambiental dentro de una universidad puede contribuir a que persista la contaminación dentro de las instalaciones. Al implementar un SGA (sistema de gestión ambiental) se promueve el desarrollo de propuestas o ideas tecnológicas para contribuir con el monitoreo de actividades y la conexión de la comunidad universitaria con el compromiso a la gestión del modelo.



**Figura N° 2.** Aspectos de una Smart City. Información tomada de <https://www.blog.andaluciaedigital.es/>. Elaborado por: Revista Andalucía Digital.

Las universidades del Ecuador son campus viables para la ejecución del concepto “Campus ecológico inteligente”, por lo tanto, se detalla una propuesta tecnológica donde se analiza la funcionabilidad de un sistema de control ambiental considerando los aspectos y objetivos a cumplir para un desarrollo sostenible de la universidad.

La tecnología evoluciona la calidad de vida de sus usuarios cambiando así el mundo, para la sociedad la tecnología ahora es indispensable para ofrecer nuevos servicios. TI no específicamente se refiere a computadores, sensores, teléfonos, redes de computadoras, sino que abarcan nuevos significados y ejemplares socio tecnológicos. (Valencia, 2017)

Un campus ecológico inteligente debe mantener un modelo estipulado para la gestión ambiental relacionada con la tecnología, la cual puede ser implementada dentro de propuestas para estimar el impacto negativo de actividades universitarias y así promover el desarrollo de procesos inteligentes. La tecnología influye en diferentes aspectos, no solo se enfoca en la informática; varios ámbitos aplican nuevas tecnologías en sus

procesos con la finalidad de optimizar y mejorar su eficiencia. La educación estimula innovación sobre la tecnología, con el pasar de los años, estudiantes implementan mejoras en ideas, reduciendo recursos para la ejecución de las mismas.

En la actualidad, los países más desarrollados tienen una visión tecnológica donde el concepto de “Smart City” toma fuerza, teniendo como objetivo el uso de tecnologías que aseguren la calidad de vida en los ciudadanos para un futuro más sostenible.

De aquí parte el concepto de un “Campus Inteligente” que simplemente es una aplicación puntual que crea conexión entre los sistemas y las personas, usando varios elementos interconectados para compartir información. La implementación de esta idea puede ayudar en la toma de decisiones y complementar a soluciones de problemáticas.

Un campus universitario inteligente tiene como finalidad mejorar las condiciones como la comodidad y bienestar de estudiantes, docentes y personal administrativo que se establece en el campus. Este estudio se involucra directamente con la salud de las personas y aportaciones positivas al medio ambiente. Ayudando a controlar y regularizar valores de contaminación que pueden afectar la salud de los usuarios del campus.

Con ayuda de tecnologías como WSN (Wireless Sensor Network) y IoT (Internet of Things), se desea analizar la factibilidad de monitorear la contaminación producida por diferentes fuentes mediante estrategias tecnológicas considerando los aspectos ambientales de una universidad.

WSN (Wireless Sensor Network) es una tecnología inalámbrica que consta de sensores o dispositivos donde se recolecta o comparte información de diferentes entornos como lo designe el usuario. Las tecnologías inteligentes se van innovando con el pasar el tiempo y su campo de aplicación se amplía. La tecnología WSN es una de ellas. Actualmente se mantiene la necesidad de tener conocimiento de lo que sucede en el exterior con cifras reales y mayor precisión.

IoT (Internet of Things) es la agrupación e interconexión de elementos, unidos mediante redes privadas o Internet con la finalidad de interactuar entre ellos para el procesamiento de datos y optimizar procesos.

Uno de los campos de aplicación de esta tecnología es el medio ambiente, donde se puede monitorear recopilando diferentes tipos de datos, los cuales serán reflejados al receptor de la información. Considerando la topología que se defina en base a necesidades y la conectividad precisa que se mantenga para emitir y receptar información.



### **1.7 Delimitación del Problema**

- Campo: Estudio
- Área: Tecnologías de las telecomunicaciones
- Aspecto: Estudiar las características de un sistema de control ambiental inteligente para un campus inteligente.

## **Capítulo II**

### **Marco teórico**

En esta sección de la investigación, se procede a justificar teóricamente la idea planteada en el capítulo anterior. Donde se realiza una búsqueda exhaustiva de información para una correcta comprensión del funcionamiento de un sistema de monitoreo ambiental.

Se recopila información teórica y legal necesaria para coordinarlas a las necesidades de esta investigación. Y a su vez igualar a los lineamientos considerados.

#### **2.1 Antecedentes del estudio**

En estos últimos años, los índices de contaminación permanecen en un estado constante de aumento debido a que las ciudades implementan nuevas ideas o nuevos procesos para ayudar a mejorar la calidad de vida de sus habitantes. Ciertas ciudades toman el rumbo de actualizarse tecnológicamente y habilitar el concepto de “Smart City” basados en el uso de tecnologías.

Al igual que el término Smart City es utilizado para referirse a una ciudad capaz de utilizar la comunicación y las tecnologías de la información para la creación de una mejor infraestructura para los ciudadanos. El de Smart University al igual que las Smart City, debe partir de lo que hoy se denominan Smart campus que no solo usan las TI para beneficio propio, sino también a favor del medioambiente y la eficiencia energética fomentando la mejora continua de implementaciones tecnológicas en beneficio a estudiantes. (Valencia, 2017)

Smart University es el futuro de las universidades de tercer nivel las cuales buscan brindar las mejores ofertas académicas a sus estudiantes, pero también mantener su bienestar y mejorar su calidad de vida dentro de las instalaciones. El objetivo de este concepto se basa en mantener todo interconectado y así crear un ambiente de comunicación entre usuarios y sistemas con ayuda de tecnologías inalámbricas mejorando la eficiencia de estos y sus tiempos de respuesta ante peticiones.

Las instituciones de educación superior enfrentan muchos problemas ambientales, y entre los más relevantes, el manejo de los recursos hídricos, el uso eficiente de la energía, el manejo adecuado de los residuos sólidos y su disposición en destacar el manejo de materiales peligrosos. (Camacho, 2015). Cabe destacar que se han llevado a cabo iniciativas para tratar de promover esta sensibilidad entre los estudiantes de los centros

de sostenibilidad ambiental, y cuyo principal objetivo es concienciar sobre la necesidad de proteger y respetar la naturaleza para garantizar un futuro mejor en corto, mediano y largo plazo. La tarea no es fácil por el gran esfuerzo económico y la conciencia social que implica el paso de la educación de la modernidad a la posmodernidad. (UNAI, 2016)

En 10 años, muchas universidades han asumido la responsabilidad de administrar sus recursos para garantizar un medio ambiente saludable. Este efecto fue particularmente pronunciado en Europa, Estados Unidos, Canadá, Australia, Asia y algunos países de América del Sur y África. Algunos hablan de campus verdes; otros se refieren a edificios ecológicos, ecouniversidades. (Camacho, 2015)

Estas universidades incluyen la Universidad de Harvard, que, a través de su misión primaria de investigación, educación y divulgación, ha logrado avances significativos en muchas áreas, incluyendo ciencia, economía, políticas públicas, diseño, medicina y salud pública.

Leith Sharp, asesora de programas de Harvard, afirma que las universidades deben definir claramente los objetivos de este tipo de centros ambientales, analizar los problemas y sus causas, investigar alternativas de solución, seleccionarlas e implementarlas, y monitorearlas o controlarlas. (Sharp, 2015)

Stanford University que, a través de la iniciativa “Stanford on Environment and Sustainability”, tiene el desafío de asegurar que las generaciones actuales y futuras puedan vivir bien en el planeta, afirmando que, con las diversas fortalezas de sus departamentos académicos y escuelas, y con la fuerza integradora del Instituto Woods, tendrás la oportunidad de influir en el futuro de la Tierra.

La Universidad de Buffalo, que, a través del proyecto UB Verde, se encarga de crear programas ambientales que generen cambios positivos y duraderos en el campus y en la comunidad.

La iniciativa Brown is Green ha sido promovida por la universidad de Brown del país Estados Unidos donde realiza la correcta gestión de varias fuentes de contaminación y la planeación de estrategias para mantener la sustentabilidad ambiental que la caracteriza, sus gestiones van desde el tratamiento de desechos sólidos hasta la reducción de consumo de recursos. (Brown University, 2015)

La universidad autónoma de Madrid ubicada en la ciudad Madrid, España mantiene un sistema de gestión ambiental eficiente, el cual comprende varios aspectos y la planeación estratégica de objetivos para cumplir. El proyecto Ecocampus es promueve la participación de su comunidad universitaria y la conciencia ambiental de sus usuarios

para considerarla como una entidad respetuosa con el medio ambiente. (Universidad Autónoma de Madrid, s.f.)

Con respecto a América del Sur, varias universidades han adoptado el concepto de sustentable ambientalmente, claros ejemplos son la Universidad autónoma del occidente ubicada en Cali, Colombia el cual mantiene un plan ambiental propuesto hasta el 2030, donde comprende varios aspectos ambientales a considerar y programas establecidos para el cumplimiento de objetivos. (Universidad autónoma del Occidente, 2015)

La universidad autónoma del occidente implemento un sistema fotovoltaico para ayudar la gestión de energía dentro del campus. Este sistema mantuvo dos fases, la primera fase produjo 150 Kw y la segunda fase gestionó 450 Kw, esta cantidad puede promover la energía de 250 viviendas. (Universidad autónoma del Occidente, 2015)

La universidad peruana de ciencias aplicadas logro su certificación ambiental bajo la normativa ISO 14001 mediante un programa de gestión ambiental, donde se consideraron los logros obtenidos y la calidad de proyectos implementados para mantener sostenibilidad ambiental. (Universidad peruana de ciencias aplicadas, 2018)

Durante el año 2016, se presentó un estudio sobre una red de monitoreo de calidad del aire de la ciudad de Cuenca, Ecuador presentado por el grupo de investigación de biotecnología ambiental INBIAM de la Universidad Politécnica Salesiana donde se establece la estructura y componentes de la red que comprendía 20 puntos entre estos se median los niveles de SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>. Los puntos enviaban información recopilada a un punto de determinación donde era verificada y luego procesada para establecer los niveles de estos contaminantes. Los puntos fueron ubicados en puntos estratégicos de la ciudad. (Jerves & Armijos, 2016).

## **2.2 Concepto Smart City**

El avance de las tecnologías para las Smart City se basa en la aplicación y desarrollo de la Inteligencia Artificial, Internet de las cosas y las Tecnologías de la comunicación y la comunicación.

Los avances que se obtienen mediante la innovación tecnológica es lo que debe tener una ciudad inteligente de manera indispensable, en donde las probabilidades de emprender y su concepción mantienen una correlación, ya que mediante un proceso de experimentación y progreso tecnológico en el cual los emprendedores benefician a las

ciudades y permiten un mejoramiento contiguo de las ciudades inteligentes. (Motta Ramirez, 2019).

Se menciona que la base de una ciudad inteligente es que su comunidad entienda la importancia de las tecnologías de la información y comunicación (TIC's) dentro de los procesos de diferentes índoles (administrativos, comercio, gubernamental, entre otros) y así transformar la vida y trabajo dentro de estos territorios agilitando de manera significativa el procesamiento de datos. Los elementos que influyen en estos cambios son las infraestructuras, los puntos de acceso y las aplicaciones.

Los ámbitos que se abordan en este tema son varios, debido a una ciudad desarrollada mantiene diferentes funciones a optimizar y una ciudadanía dedicada a diferentes servicios. Entre los ámbitos más importantes, se mantienen:



**Figura N° 3.** Ámbitos de una ciudad inteligentes. Información tomada desde investigación teórica. Elaborado por Bajaña Egas Jennifer

### 2.2.1 *Smart Economy (Economía)*

En las ciudades basándose en el beneficio, prerrogativa y asociación de los elementos de rendimiento con base del conocimiento, ambiente de innovación e invención y también la flexibilidad del mercado de trabajo, en función para lograr una mejora en productividad; la importancia de las resoluciones innovadoras y de conocer las oportunidades de manera pertinente a las diferentes circunstancias. Esto abarca tanto a las industrias inteligentes como a los parques de negocio y tecnológico. (Rozga Luter, 2017).

### 2.2.2 *Smart Environment (Medio Ambiente)*

Uno de los puntos claves para el funcionamiento de una ciudad inteligente es el eficiente uso de las fuentes de energías renovables; encontrar métodos para disminuir la emisión de contaminantes al medio ambiente y los recursos económicos que se emplean

en un desarrollo ecuánime; la educación ambiental es una de las razones o motivos por los cuales se tiene en consideración y busca mejorar el impacto al medio ambiente que tiene las industrias. (Rozga Luter, 2017).

### **2.2.3 *Smart People (Habitantes)***

Los habitantes de una sociedad que promueve mejoras tecnologías continuamente deberían tener indicadores de los cambios, de los cuales con la implementación de un sistema de prevención se pueda monitorizar el uso excesivo de energía, calidad de vida y contaminación del medio ambiente. (Rozga Luter, 2017).

### **2.2.4 *Smart Mobility (Transporte)***

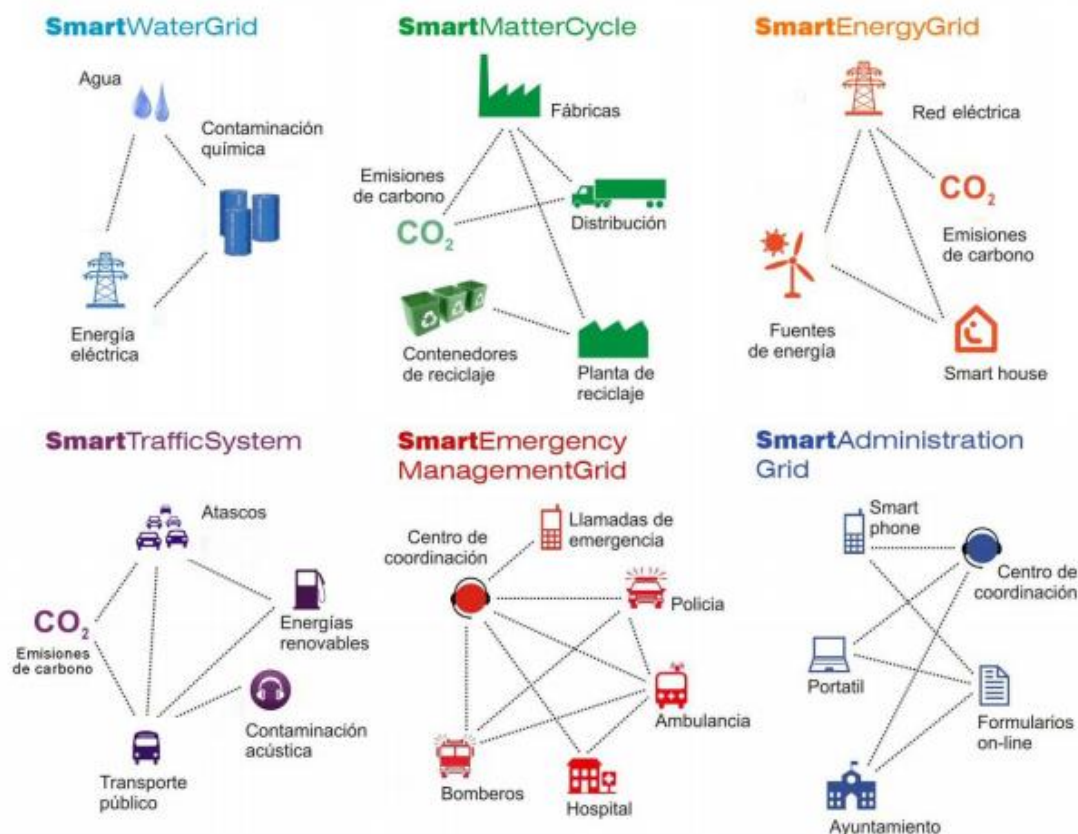
La congestión de calles urbanas por autos promueve la movilidad inteligente de una ciudad con ayuda de tecnologías para promover soluciones que ayudan en la calidad de vida perteneciente a los habitantes, optimizando recursos y produciendo la movilidad de un lugar a otro sin problemas ni interrupciones. (Rozga Luter, 2017).

### **2.2.5 *Smart Living (Calidad de vida)***

Enfocado a un buen ambiente, contando indispensablemente con los servicios básicos públicos, infraestructura tecnológica, social y segura. Adicionalmente con áreas verdes, cuidado del ambiente y servicios culturales y de entretenimiento. (Rozga Luter, 2017).

### **2.2.6 *Smart Governance (Administración)***

El progreso que debe tener un sistema de administración de una ciudad debe ser considerablemente exigente, la producción en concordancia de las autoridades locales con los diferentes usuarios de la ciudad, adicional de las tecnologías empleadas para un funcionamiento de la ciudad inteligente; también se tiene en cuenta la administración pública inteligente con lo que abarca. (Rozga Luter, 2017).



**Figura N° 4.** Redes que componen la ciudad o SmartGrids. Información tomada de <http://www.seminariospc.edu.co/sites/default/files/35.-Smart-City.-Hacia-un-nuevo-paradigma-en-el-modelo-de-ciudad.pdf>.

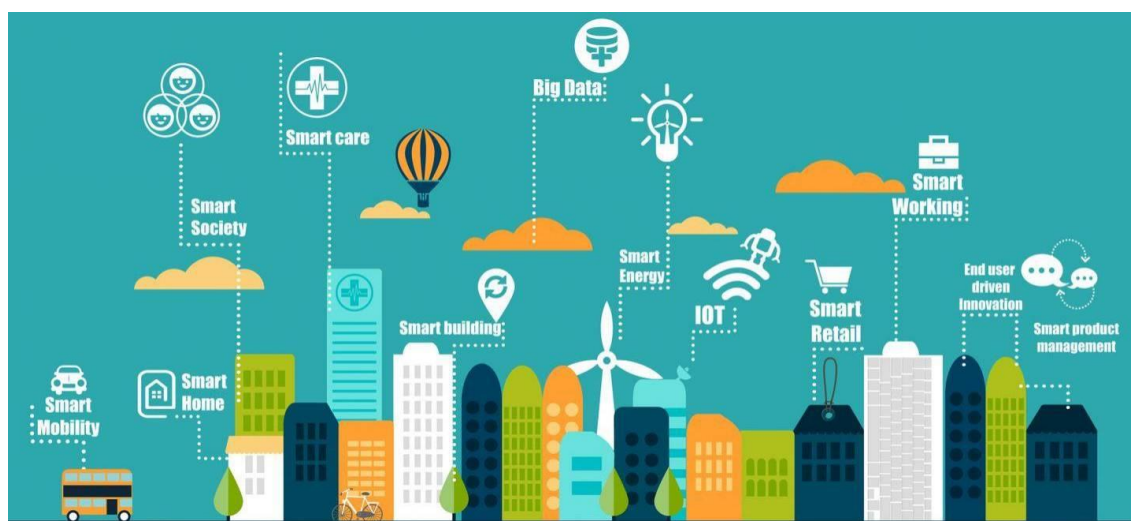
### 2.3 Ciudades inteligentes en Ecuador

Las ciudades inteligentes se definen en aquellas que implementan tecnologías de conexión o comunicación para el progreso efectivo de los ámbitos que contribuyen estratégicamente al desarrollo de los aspectos de estos pequeños territorios como son: salud, educación, movilidad, seguridad, ambiental y comercio. Promoviendo un desarrollo sostenible, se fundamentan todas estas implementaciones en un solo concepto.

En el Ecuador, se han realizado pasos grandes sobre la actualización en tecnología dando diferentes cambios en procesos que anteriormente no eran eficientes y consumían recursos innecesarios, varias ciudades se suman a una actualización tecnológica en el país, incentivando el uso de tecnologías de la información y comunicación en gestiones propias de estas ciudades.

Las ciudades que más sobresalen referente a implementar el concepto de “Smart City” en Ecuador son Guayaquil, Quito y Cuenca. Debido a que sus municipios han presentado varias propuestas para transformar estas ciudades en territorios digitales realizando

hincapié en el uso de las TIC'S. Estas ciudades se han tomado como las primeras en el Ecuador para transformarse en ciudades inteligentes, debido a que el primordial recurso es la infraestructura que se mantiene y la cantidad de sus habitantes. A causa que son ciudades desarrolladas y capitales de diferentes índoles (comercio, gobierno, etc.) es importante mejorar la gestión de los servicios prestados. Por ende, se han implementado varios proyectos tecnológicos aplicados en ámbitos sociales, económicos o educativos.



**Figura N° 5.** Características de una ciudad inteligente. Información tomada de <https://www.tynmagazine.com/como-crear-una-ciudad-inteligente-a-traves-de-asociaciones/>

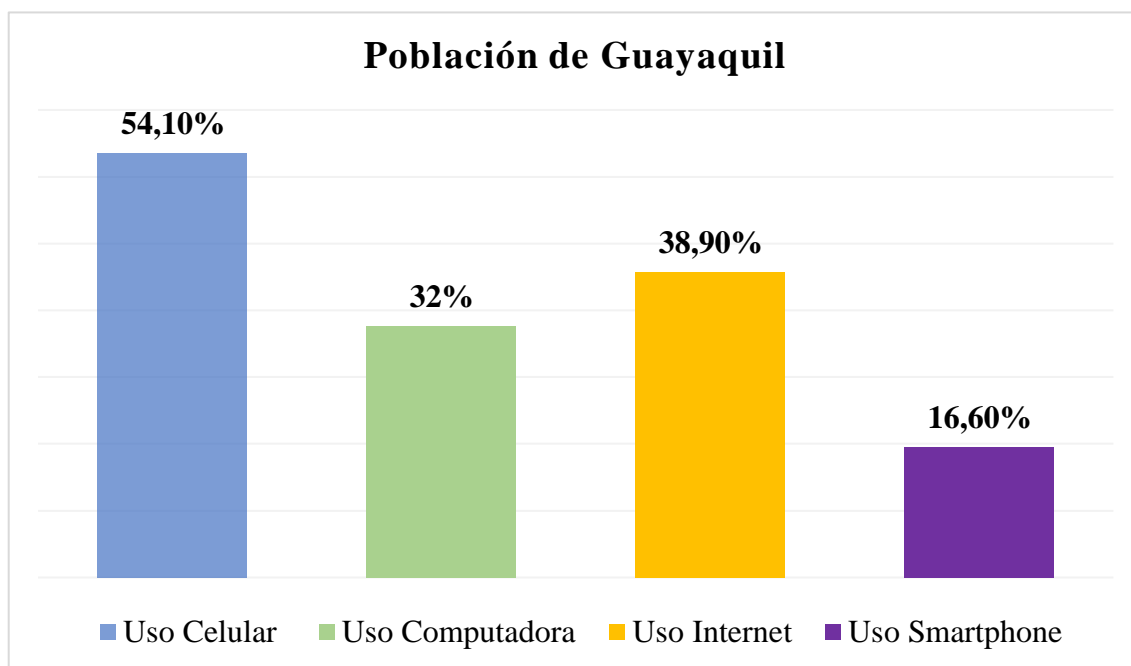
### 2.3.1 Caso de estudio: Guayaquil

Guayaquil es una de las ciudades más importantes del Ecuador debido a que se posiciona fuertemente como potencia de comercio en el país, con 2'350.915 habitantes es uno de los territorios más poblados en Ecuador. En el 2006, se implementó el transporte urbano masivo de Guayaquil "Sistema Metrovía" que actualmente comprende 3 troncales y 16 rutas alimentadoras con el objetivo de mejorar el transporte urbano. En los últimos años, se aplicó los semáforos inteligentes en las principales avenidas de la ciudad con respaldo de energía para enfrentar cortes u apagones de energía eléctrica. También se implementó el proyecto Buses Eléctricos el cual comenzó con 20 buses en la ciudad. El 92.70% de la población mantiene energía eléctrica y el 85.40% de la población mantiene agua potable en sus hogares en Guayaquil.

La tecnología es aplicada en diferentes procesos brindados a la ciudadanía, se optimizan procesos administrativos, gubernamentales, educativos mediante aplicaciones o plataformas digitales omitiendo utilizar recursos humanos o materiales innecesarios e



incentivando manejar documentos de manera digital. A continuación, se detalla el uso de ciertas tecnologías en la ciudad:



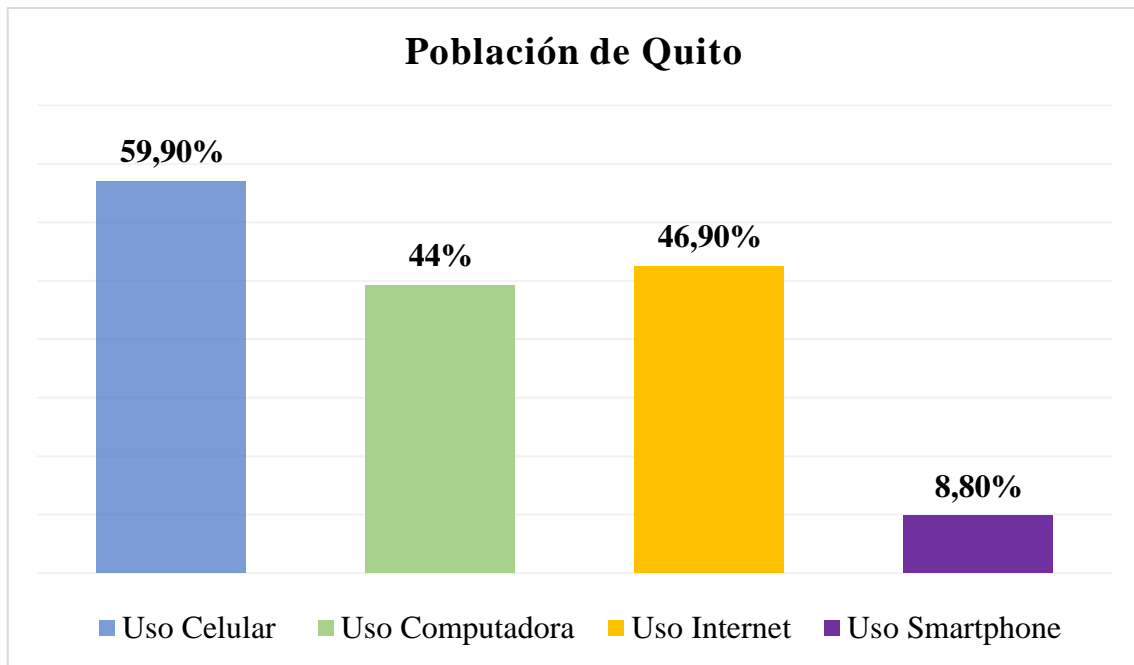
**Figura N° 6.** *Uso de tecnologías en la ciudad de Guayaquil. Información tomada de página web del Instituto nacional de estadísticas y censos (INEC). Elaborado por Bajaña Egas Jennifer.*

### 2.3.2 Caso de estudio: Quito

La ciudad de Quito siendo la capital del país mantiene 2'239.191 habitantes también se suma a la actualización digital integrándola en procesos de gestión ya que actualmente varios tramites se realizan en línea. Para promover la movilidad reduciendo el impacto ambiental, se aplicó la propuesta de BiciQ que consta en el alquiler de bicicletas eléctricas para movilizarse por rutas cortas dentro de la ciudad.

En la actualidad se está trabajando en el proyecto “Metro de Quito” en cual se planea inaugurar a inicio de 2021 con la finalidad optimizar la movilización ciudadana. La semaforización inteligente también es una realidad en esta ciudad ya que mantiene 425 intersecciones con estos dispositivos.

Quito implemento estos proyectos con objetivo de reducir el tráfico en la ciudad ya que esta es una problemática que afecta ambientalmente.

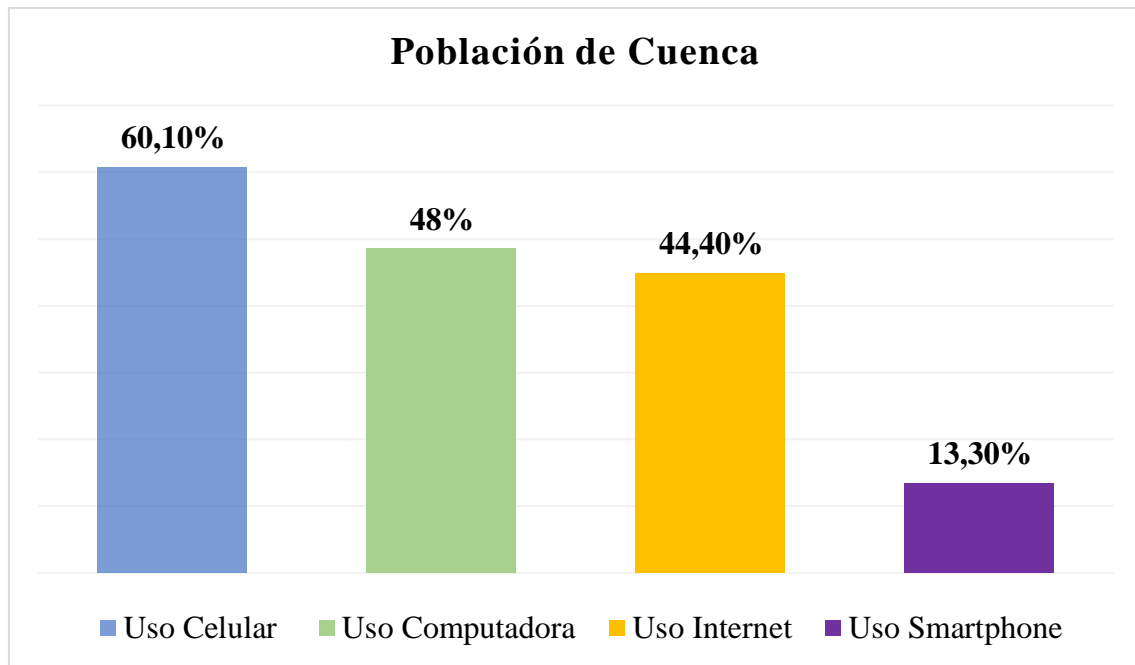


**Figura N° 7.** *Uso de tecnologías en la ciudad de Quito. Información tomada de página web del Instituto nacional de estadísticas y censos (INEC). Elaborado por Bajaña Egas Jennifer.*

### 2.3.3 Caso de estudio: Cuenca

Cuenca mantiene 505.585 habitantes dentro de su territorio geográfico. Es una de las ciudades más desarrolladas en infraestructura y una de las más óptimas para acoplarse al concepto de Smart City. Como ayuda para mejorar el tráfico, se implementó en 128 intersecciones los semáforos inteligentes y ampliar las rutas del sistema integrado de transporte (SIT).

Dentro de la ciudad también mantiene varios puntos de conexión a internet libre y gratuita para mantener a su ciudadanía conectado. Para reducir el impacto negativo hacia el medio ambiente, se acoplaron rutas de ciclovías al espaldón de carreteras. Y adicionalmente también desarrolla sus procesos de gestiones en base a la tecnología para incentivar a la ciudadanía en el uso de las TIC's.



**Figura N° 8.** *Uso de tecnologías en la ciudad de Cuenca. Información tomada de página web del Instituto nacional de estadísticas y censos (INEC). Elaborado por Bajaña Egas Jennifer.*

## 2.4 Aplicación de Smart City en Campus inteligente

La reseña de campus universitario inteligente se basa en ser una herramienta reclamada para construcciones a gran escala ya que sobrellevan múltiples tareas administrativas. estas modalidades son el estado de partida para estructurar entornos sustentables y adaptables que respalden la agilidad, la gestión de recursos, la inspección de riesgos, el monitoreo de la infraestructura y, de carácter más sistémico, la gestión integral de las actividades que en aquel lugar se desenvuelven. (Siabato, Alonso Zárate , Cárdenas Quiroga, Leal Pérez , & Penna Salcedo , 2012).

Un campus universitario tiene la comparación a escala de una ciudad debido a que esta se mantiene compuesta por un conjunto de infraestructuras y en su interior varios usuarios realizando gestiones u obligaciones para una correcta eficiencia en su función. Los usuarios de estos campus se basan en estudiantes universitarios, docentes y personal administrativo, los cuales aportan a la gestión universitaria. La gestión realizada está enfocada sobre la información que se genera en estas entidades de educación en tercer nivel, ya que la información procesada como en cualquier otra empresa en un recurso esencial y vital para sus operaciones diarias. Por ende, la creación de sistemas para compartir, receptar o enviar información entre áreas funcionales o usuarios es realmente importante, ya que mantener información del área exterior es necesario en estos tiempos.

Al departir una innovación tecnológica y participación entre agentes económicos y sociales como propulsores del cambio de la sociedad, se compensa tener en cuenta que:

- La subestructura tecnológica: impulso de las TI, redes de información como herramienta de comunicación, plataformas inteligentes, infraestructuras. y coeficientes.
- Gestión energética: uso eficiente de energías renovables, medios de acopio y uso de energía.
- Administración energética: uso eficiente de energías renovables, sistemas de almacenamiento y uso de energía.
- La asistencia de servicios: desarrollo de distintos tipos colaborativos que cedan la unificación de la concurrencia y lo particular, la interoperabilidad de procesos y servicios.
- El gobierno: accesibilidad e interoperabilidad de los datos, lucidez en la gestión, aplicación verosímil de políticas.

La sostenibilidad de un campus compromete la ayuda de sus usuarios y el desarrollo de nuevas tecnologías que permiten desarrollar funciones de la vida diaria. Dentro de las instalaciones de un campus, se encuentra una comunidad que hace uso de sus diferentes gestiones desarrolladas para varios procesos. Por lo tanto, analizar el enfoque ambiental es de gran peso para categorizar un Smart Campus.

Identificar la importancia y necesidad de establecer los pilares que justifican la gestión ambiental de un campus universitario, de tal condición que alcance a adjudicarse una delantera competitiva frente a las demás instituciones del sector y acreditar la sostenibilidad en el ámbito social, ambiental y financiero.

Un campus universitario inteligente implementa en sus varios procesos la ayuda o complementación de tecnologías para optimizar procesos y así, reducir los tiempos de respuestas ante peticiones. Primero, es irremisible indagar el término making smart, que se centraliza en dos aspectos:

- Cognición profunda de un área.
- La nominación de medidas y estrategias que se evalúan sobre la base de este conocimiento.

Este concepto ocupa la apariencia de una técnica inteligente que domina características minuciosas y una apreciación e inteligencia recónditas. Apoyado en el concepto anterior y el método inteligente, la organización de un sistema inteligente se elige como un conjunto compuesto que reúne procedimientos de automatización para aportar un monitoreo y registro sofisticado de las funciones de los componentes mediante equipos electrónicos. Por ejemplo, un sistema de hogar inteligente puede controlar el clima, luces, multimedia, seguridad y otras funciones.

Los campus académicos ostentan ser considerados sistemas complejos combinables por diversos elementos, tales como: procesos, edificaciones y subestructuras, entre otros, continuamente influenciados entre sí, los sistemas Smart campus, prometen varios servicios a sus secciones de interés, para amparar la aportación entre alumnos y maestros a través de dispositivos puntuales de su contexto ambiental. De este modo, Smart campus faculta una infraestructura física y tecnológica que permite controlar y adaptar automáticamente dispositivos y sistemas según el contexto, las dimensiones básicas de un Smart campus son: instrucción y conocimiento, intercambio, transporte y gobernanza. Hincado en este trasfondo conceptual, un campus inteligente abastece conectividad entre los educandos y sus entornos adyacentes, integrando a las personas con los recursos físicos.

El triunfo de un Smart campus reside en su genio para relacionar comunidades, a partir de los nexos sociales entre sus miembros. En este sentido, derivado de las dimensiones de las localidades inteligentes, se expone un modelo de campus inteligente como un surtido multidimensional totalizado por:

- Individuos y hábitat
- Finanzas
- Energía
- Medio ambiente
- Movilidad

## **2.5 Métodos de evaluación de una ciudad inteligente**

Para el desarrollo de esta herramienta de investigación se trabajará con el contenido de la norma ISO 37120: 2014 donde se define el desarrollo sostenible de comunidades -

indicadores de servicios urbanos e índice de calidad de vida, con el índice IESE Cities in Motion y con la "Smart Cities Wheel", en la Rueda Española de Smart Cities.

Se definen diecisiete áreas para la ISO en las que evaluar: economía, educación, energía, medio ambiente, finanzas, fuego y reactividad, gobernanza, salud, recreación, seguridad, protección, residuos sólidos, telecomunicaciones e innovación, transporte, planificación urbana, Sewage and Water and Sewage (Organización Internacional de Normalización, 2014). Este estándar de normalización explica más de un centenar de indicadores a medir y cómo hacerlo, 46 de los cuales son imprescindibles y 54 solo recomendados. (Kayannaris, 2014) .

Los indicadores que permiten evaluar de manera correcta a una ciudad inteligente se detallan a continuación:

**Tabla N° 1. Indicadores de Evaluación en un Smart City**

Dimensión	Categoría	Indicador
<b>Medio ambiente inteligente</b>	Infraestructuras	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Edificios en la ciudad de con certificación de sustentabilidad LFFD</li> <li>• Porcentaje de viviendas con contadores inteligentes</li> </ul>
	Energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje de uso de energías limpias (hidroeléctrica, nuclear, geotérmica, solar y otras) sobre el total de uso de energías</li> <li>• Legislación para mejorar la eficiencia energética</li> <li>• Consumo de energía eléctrica (Kwh) por habitantes por año</li> </ul>
	Huella de carbono	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emisión de CO<sub>2</sub> por per cápita en Tn/año (total de emisiones)</li> </ul>
	Calidad del aire	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Media de concentración diaria de NO<sub>2</sub> (ug/m3)</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentración de partículas finas (ug/m3)</li> </ul>
	Generación de desperdicios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Volumen total de desechos generados por la ciudad, en kg por persona por año</li> <li>• Porcentaje de desperdicios sólidos reciclados</li> </ul>
	Consumo de agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Total, de consumo de agua per cápita (litros/días)</li> </ul>
	Planeamiento urbano	<ul style="list-style-type: none"> <li>• m<sup>2</sup> de espacios verde útil (urbano) por habitante (excluye zonas rurales)</li> <li>• cantidad de árboles en espacios urbanos</li> <li>• existencia de planes de adaptación al cambio climático</li> </ul>
	Participación ciudadana	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Participación electoral</li> <li>• Numero de organizaciones del tercer sector registradas</li> </ul>
	Accesibilidad universal a internet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje de los hogares que tienen acceso a internet</li> <li>• Puntos wifi gratuitos</li> <li>• Porcentaje de población activa en redes sociales</li> <li>• Porcentaje de población con teléfonos inteligentes</li> </ul>
<b>Ciudad inteligente</b>	Educación y cultura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cantidad de universidades</li> <li>• Porcentaje de población con educación superior</li> <li>• Cantidad de museos y galerías de arte</li> </ul>

<b>Movilidad inteligente</b>	Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cantidad de accidentes de tránsito por cada 1000 habitantes</li> </ul>
	Eficiencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cantidad de kilómetros de vías para bicicleta, por cada 100000</li> <li>• Cantidad de estaciones de carga de vehículos eléctricos</li> </ul>
	Transporte publico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje de viajes en transporte publico/total de viajes</li> <li>• Integración tarifaria del sistema de transporte publico</li> <li>• Densidad de la red de transporte público (m/km<sup>2</sup>)</li> <li>• Cantidad de estaciones de metro por cada 100.000 habitantes</li> </ul>
	Tácticas a tiempo real	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definición de precios en función de la demanda</li> <li>• Información en tiempo real, por puntos del 1 al 5 en las siguientes categorías: bus, trenes metropolitanos, metro, rapid transit systems y sharings mode (bike, car, etc.)</li> </ul>
	Institucionalidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Encuestas</li> </ul>
<b>Gobierno inteligente</b>	Servicios en línea	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comunicación bidireccional por redes sociales</li> <li>• Existencia de diferentes canales de intercambio de</li> </ul>



	<p>información administración-ciudadano</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trámites realizados online/tramites totales</li> </ul>
Recolección y procesamiento de información	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diversidad de los sensores instalados para monitorizar las siguientes categorías, por puntos del 1 al 5: contaminación (aire, sonido, agua), desechos, transito, emergencias y parking</li> <li>• Centralización de recolección y procesamiento de la información</li> </ul>
Datos abiertos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cantidad de bases de datos abiertas reutilizables (excluye normas, leyes, etc.) con información de los últimos 3 años</li> </ul>
Privacidad y seguridad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Legislación de los ciudadanos por parte de la administración y terceros</li> </ul>
Atención de emergencias	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cantidad de ambulancias por cada 100.000 habitantes</li> <li>• Cantidad de bomberos por cada 100000 habitantes</li> <li>• Tiempo medio de respuesta ante emergencias médicas desde la comunicación de las mismas (minutos)</li> <li>• Cantidad de políticas por cada 100.000 habitantes</li> </ul>

<b>Economía inteligente</b>	Productividad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cantidad de nuevas patentes por año por cada 100.000 habitantes</li> <li>• PIB per cápita (miles de dólares)</li> </ul>
	Empleo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cantidad de habitantes</li> <li>• Tasa de empleo</li> </ul>
	Internacionalización	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje de población nacida en el extranjero/población</li> <li>• Cantidad de aeropuertos</li> <li>• Cantidad de habitantes de hotel (miles)</li> <li>• Cantidad de turistas que visitan la ciudad (millones de habitantes)</li> <li>• Cantidad de eventos (congresos y ferias) internacionales al año.</li> </ul>
		Validamos por el ICCA
<b>Calidad de vida inteligente</b>	Accesibilidad universidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planos de alto relieve para invidentes en infraestructuras dependientes del gobierno</li> <li>• Los servicios públicos para personas con movilidad reducida (rampas, ascensores, escaleras mecánicas, aparcamientos reservados, etc.)</li> <li>• Comunicación por vía auditiva en los servicios públicos (avisadores acústicos en semáforos, etc.)</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje de personas con discapacidad con trabajo en edad laboral</li> <li>• Adecuación de vías peatonales para personas con discapacidad</li> </ul>
Sanidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esperanza de vida al nacer (años)</li> <li>• Porcentaje de nacimientos</li> <li>• Legislación del tabaco</li> <li>• Cantidad de hospitales</li> <li>• Integración online de servicios médicos (recetas electrónicas, historias medicas en la nube, etc.)</li> <li>• Cantidad de suicidios por cada 100.000 habitantes</li> </ul>
Cohesión social	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje de población en situación de pobreza</li> <li>• Cantidad de personas sin hogar por cada 1.000 habitantes</li> <li>• Coeficiente de desigualdad de Gini</li> </ul>

*Información adaptada de <https://smartcitiescouncil.com/article/dissecting-iso-37120-why-new-smart-city-standard-good-news-cities>. Elaborado por Bajaña Egas Jennifer.*

## 2.6 Aplicabilidad de método de evaluación en ciudades

La herramienta presentada ya ha sido utilizada con fines académicos y de investigación en las siguientes ciudades, lo que demuestra su aplicabilidad:

- Asia: Tokio (Japón) y Singapur (Singapur)
- Europa: Londres (Reino Unido) y Niza (Francia)
- España: Madrid y Barcelona
- Latinoamérica: Medellín (Colombia) y Rio de Janeiro (Brasil)
- Norte América: San Francisco (EUA) y Nueva York (EUA)

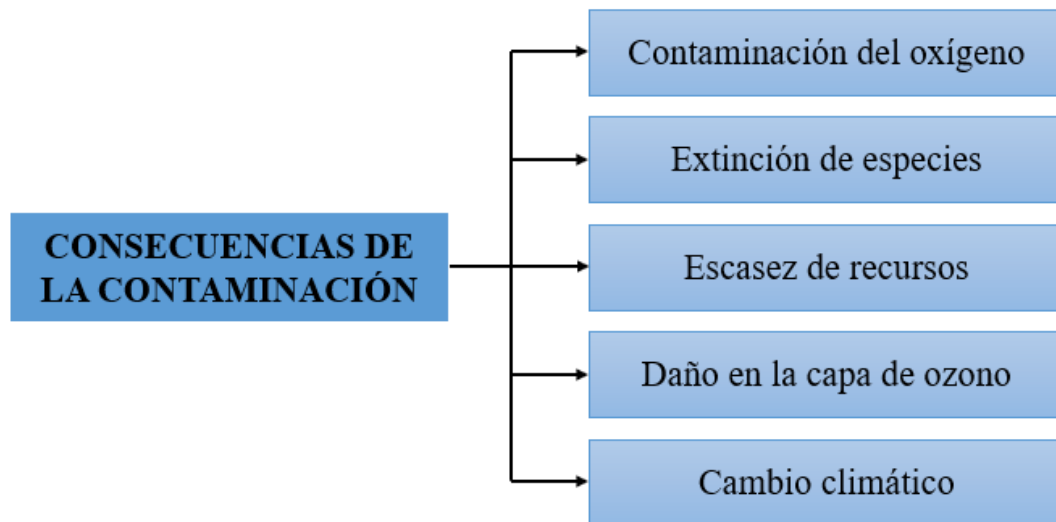
El criterio utilizado para determinar el decálogo de ciudades a evaluar ha sido: representatividad global, facilidad de acceso a la información y haber resaltado en algún ranking relacionado con Smart City.

## 2.7 Contaminación ambiental

La contaminación ambiental está calificada como un problema persistente en la tierra, debido a que la concentración de personas generando actividades diarias la producen, por tal razón se realizan varias campañas para promover la concientización ambiental en sus habitantes.

Los especialistas ambientales recomiendan los diagnósticos ambientales para disminuir la contaminación que se produce, ya que se pueden identificar los aspectos e impactos ambientales que producen gestiones diarias de personas. La planificación de programas para reducir el consumo de recursos como la energía, agua y el tratamiento de residuos sólidos pueden mitigar la contaminación del entorno. (Valdés, 2019)

La calidad del aire es una de las notables pegas de contaminación correspondido a cambios en sus propiedades físicas y/o químicas naturales, comprometida a emisiones industriales, transporte, desprecios sólidos decadentes, incendios forestales, uso de pesticidas y abonos, conflagración de desechos, tabaquismo, etc. Como ramificación de contaminantes que se presentan; organismos nocivos para la salud que ocasionan trastornos respiratorios, cáncer y anomalías del sistema inmunológico; el cambio climático ha perturbado la fotosíntesis de las plantas, la respiración de los animales y la ozonósfera. (Alcívar Trejo, Ortiz Chimbo, & Muñoz Erazo, 2015).



**Figura N° 9.** Consecuencia de la contaminación ambiental. Información tomada de <https://contaminacionambiental.org/>. Elaborado por Jennifer Bajaña

## 2.8 Gases tóxicos producidos por contaminación ambiental

El enorme desarrollo poblacional requiere una gran suma de construcciones de domicilios y puntos comerciales, atenuando la cantidad de bosques o áreas verdes y por lo tanto interrumpe el filtro natural el aire. La principal secuela es la emisión de gases nocivos al aire son los automotores, las deforestaciones y los animales de granja, son variables que aportan a este incremento. (Pinzón, Castillo , & González , 2018)

Los gases contaminantes en minoría se dan de manera natural como por ejemplo las emisiones volcánicas, pero en gran cantidad se da por procesos industriales causados por los habitantes del planeta. Esto procesa grandes riesgos para la humanidad debido a que genera problemas ambientales que afectan la salud y estabilidad de los usuarios. Entre los principales gases tóxicos para la atmosfera y que afectan la calidad del aire que respiramos tenemos los siguientes:

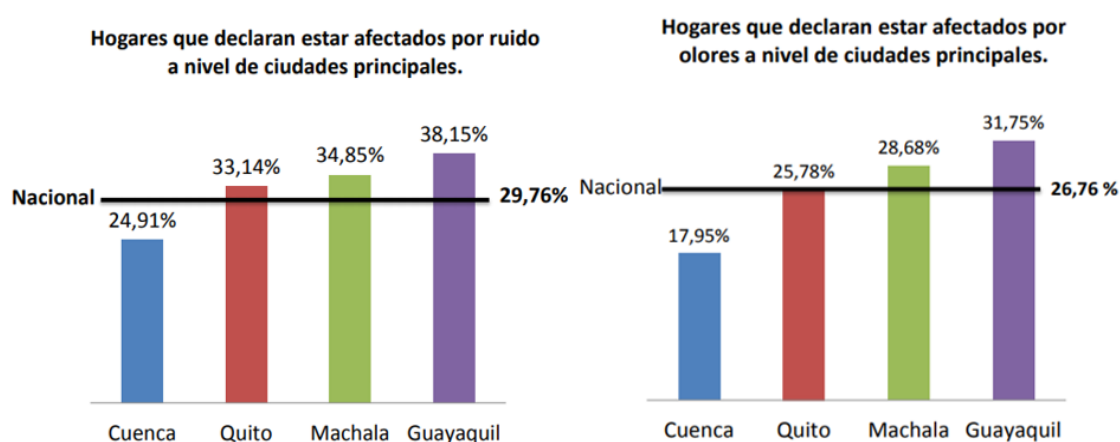
- Monóxido de Carbono (CO)
- Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)
- Óxidos de Nitrógenos (NO<sub>x</sub>)
- Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)
- Ozono (O<sub>3</sub>)
- Metano (CH<sub>4</sub>)

Los gases tóxicos nombrados son los principales que afectan en la calidad del aire que respira la humanidad. La agrupación de estas variables en grandes cantidades afecta directamente la salud respiratoria de los habitantes a tal punto de causar la muerte. CO<sub>2</sub> es uno de los principales gases causados por la humanidad debido a los humos industriales y la gran cantidad de autos y buses.

## 2.9 Contaminación ambiental en Ecuador

En Ecuador, la contaminación del aire es ocasionada por las irregularidades de varios aspectos conexos con la planificación territorial de las colonizaciones humanas, las industrias, el uso de tecnologías arcaicas en las acciones de creación y transporte, la decaída de calidad de los combustibles y las operaciones agrícolas a cielo directo, entre otros. (Ministerio del Ambiente, 2010)

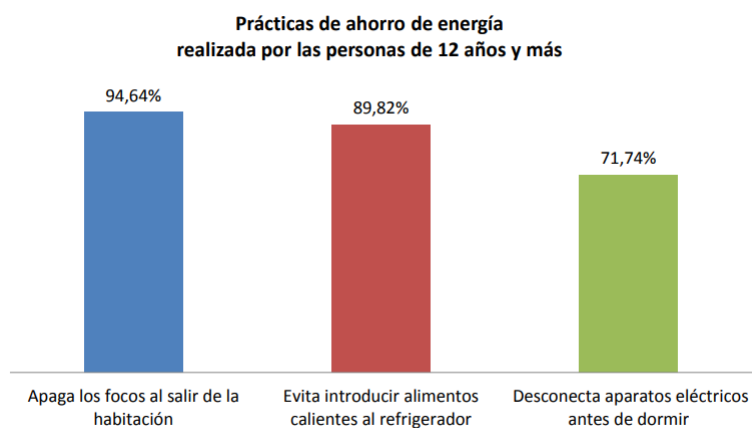
Según el Instituto nacional de encuestas y censos, gracias a la encuesta nacional de condiciones de vida, verifico que varias viviendas ubicadas en ciudades centrales del Ecuador mantenían ciertas afectaciones de olores y ruidos, la implementación de estrategias para el ahorro de recursos como agua y energía. La conciencia ambiental fue otro punto estudiado dentro de la encuesta en varias ciudades (INEC, 2015)



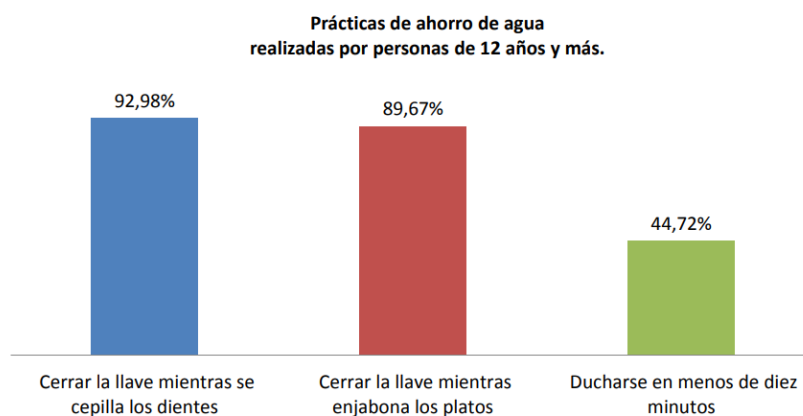
**Figura N° 10.** Porcentaje de calidad del aire dentro de ciudades en el Ecuador. Información tomada de página web del Instituto nacional de estadísticas y censos (INEC). Elaborado por Modulo de información ambiental en hogares - ECV2013-2015

La principal fuente de gases tóxicos en el país se debe a la gran magnitud de vehículos y buses en ciudades desarrolladas, estas generan mantas de humo que cubren las ciudades y en las “horas pico” del tráfico en el Ecuador son más notorias. Las estrategias para la reducción del consumo de recursos con respecto a agua y energía, se basan desde controlar el despilfarro del agua en hogares hasta el desconectar aparatos electrónicos

cuando no se usas los equipos. A continuación, se detalla los resultados de las encuestas con respecto al control del consumo de recursos en hogares ubicadas en ciudades del Ecuador:

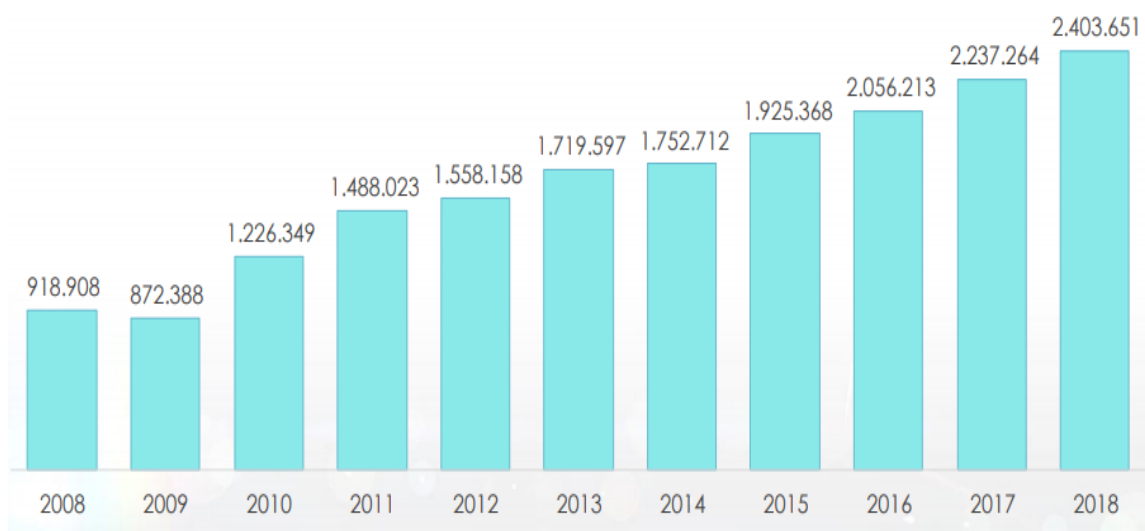


**Figura N° 11.** Prácticas de ahorro de energía dentro de ciudades en el Ecuador. Información tomada de página web del Instituto nacional de estadísticas y censos (INEC). Elaborado por Modulo de información ambiental en hogares - ECV2013-2015



**Figura N° 12.** Prácticas de ahorro de agua dentro de ciudades en el Ecuador. Información tomada de página web del Instituto nacional de estadísticas y censos (INEC). Elaborado por Modulo de información ambiental en hogares - ECV2013-2015

La cantidad de buses y vehículos ha aumentado considerablemente en los últimos años debido al crecimiento poblacional que atraviesa el país, por lo tanto, los municipios implementan proyecto para disminuir el impacto negativo ambiental y así colaborar con la calidad del aire que se mantiene en estas ciudades. A continuación, se detalla el crecimiento de vehículos desde 2008 hasta el 2018:



**Figura N° 13.** Cantidad de vehículos matriculados desde 2008 hasta 2018 en el Ecuador. Información tomada de página web del Instituto nacional de estadísticas y censos (INEC). Elaborado por Agencia Nacional de Tránsito.

## 2.10 Sistemas inteligentes

Se considera sistema inteligente a un conjunto de acciones implementadas informáticamente que reúne características y comportamientos con el objetivo de alcanzar metas propuestas por el creador y diseñador del sistema. Mantener inteligencia artificial donde el sistema pueda ser capaz de pensar como un humano y “sentidos” para detectar información la cual es guardada en la central del sistema, son las cualidades principales de un sistema inteligente.

Según (Lanzarini, et al., 2015) define que la implementación de sistemas inteligentes ha confirmado la efectividad de ejecución y ayuda en solución de problemáticas. Por ende, se considera como sistemas adaptables a cualquier situación brindando resultados en diferentes áreas como lo solicite el usuario.

Estos se complementan en equipos o dispositivos direccionados al tema hardware y aplicaciones y plataformas web desarrollados en el ámbito software, los cuales implementados e interconectados correctamente son capaces de alcanzar objetivos sobre ejecución de mecanismos necesarios para los usuarios.

Los sistemas inteligentes dan forma o forman parte de las ejecuciones de big data o Smart City debido a que detectar y procesar información para optimizar o reducir tiempos de respuesta ante un proceso son cualidades básicas en la implementación de estos conceptos. Para que un sistema puede ser caracterizado como inteligentes es necesario que cumpla con ciertos puntos como cualidades, los cuales se resumen en los siguientes:



- **Inteligencia:** Es la magnitud o nivel para considerar la correcta forma de cumplir metas u objetivos.
- **Objetivos:** Son las metas propuestas a alcanzar durante la ejecución del mismo. Estas son definidas por el creador considerando su entorno. Las mismas pueden dividirse en principales y específicos.
- **Memoria:** Para un sistema es sumamente importante la capacidad de almacenamiento de información procesada.
- **Capacidad sensorial:** Un sistema inteligente debe mantener conocimiento de su exterior y poder interactuar con él. Recopilar información mediante sensores o dispositivos en tiempo real para una información precisa y correcta es oportuno en la ejecución de un sistema inteligente.
- **Retroalimentación:** Para optimizar el tiempo de respuesta o el comportamiento del sistema es necesario aprender sobre la ejecución del procesamiento de información mediante sentidos, esta capacidad es vital para un sistema inteligente.
- **Conceptualización:** Mediante las metas que estén definidas para el sistema, todas estas forman una red interrelacionada para una idea global de un sistema inteligente.

## 2.11 Contaminación y tecnología

La tecnología tiene como principal finalidad cambiar el entorno humano considerando las necesidades de la humanidad, pero en la actualidad considerar el impacto ambiental es relativamente importante en la ejecución de cada proceso tecnológico.

Las tecnologías de la información y la comunicación son hoy una parte elemental en la batalla frente a el cambio climático y la sostenibilidad del planeta. La extensión de sus tecnologías influye y evoluciona la forma de elaborar la comunidad en general, las costumbres de trabajo, las comunicaciones generales y proporciona el descenso del consumo extremado de materias primas y energía. (Suarez, 2015)

## 2.12 Sistema de gestión ambiental

Un sistema de gestión ambiental se define como un grupo de mecanismos de valoración o estimación de elementos que afecten de manera negativa al medio ambiente

en un espacio determinado. Este puede valorar diferentes ámbitos como consumo de energía, calidad del aire, uso del agua y manejos de residuos, entre otros que se consideren. Estos ámbitos normalmente se reflejan en cualquier lugar donde se mantenga una población. Actualmente es necesario valorar estas aplicaciones ya que puede inducir en la supervivencia y desarrollo humano.

El desarrollo urbano de ciudades es una cualidad en la actualización tecnológica, pero esto conlleva el impacto ambiental que estas generan, aportando al deterioro de la calidad del aire. Donde se aumenta la cantidad de gases contaminantes y afecta en la elevación de índices de contaminación. Actualmente, el uso de la tecnología para reducir problemas o impactos negativos es una realidad, por ende, una forma de considerar este impacto es implementado una red de monitoreo de contaminantes. Esta idea ha sido implementada en varias ciudades para estimar la presencia de los principales contaminantes del aire con el objetivo de realizar un seguimiento y así mantener una solución a esta problemática actual. (Universidad Tecnológica Nacional , 2010).

A nivel empresarial, se desarrollan varias opciones para habilitar el concepto de “Sistemas de gestión ambiental” promoviendo el cuidado de recursos naturales y el uso de correcto de bienes para reducir afectaciones al medio ambiente. Un monitoreo ambiental es la solución para detectar la presencia o concentración de contaminantes en un lugar determinado. Controlar el efecto de una entidad hacia el medio ambiente debe convertirse en la visión de toda estructura empresarial.

Un sistema de gestión ambiental (SGA) es el conjunto de procedimientos o procesos para reducir el impacto negativo de operaciones de empresas al medio ambiente contribuyendo al uso adecuado de recursos, estimando niveles de contaminación y reduciendo residuos para cumplir con una normativa o modelo ambiental. Es necesario de cada entidad mantenga un modelo establecido a seguir para el cumplimiento de estrategias en mejoramiento del entorno. (Rivas Marín, 2015).

Establecer los elementos que debe tener en cuenta las entidades empresariales para protección ambiental durante el desarrollo de acciones o ejecuciones de procedimientos para el cumplimiento de objetivos es la principal cualidad de un sistema de gestión ambiental donde minimizar los efectos negativos a su entorno es primordial.

Las entidades de tercer nivel son consideradas como empresas debido a la cantidad de usuarios que mantiene y que ejecuta varias acciones donde se procesa información como procesos administrativos o educativos para la gestión estudiantil. Los campus universitarios sostenibles es la visión de las universidades en el mundo debido a que se

busca que su desarrollo no deteriore al medio ambiente y no contribuya a la contaminación ambiental. Proteger la salud y bienestar tanto de los usuarios como los ecosistemas es fundamental en un campus sostenible con ámbito ecológico. (Rivas Marín, 2015).

### **2.12.1 Componentes de un sistema de gestión ambiental**

Para definir un sistema de gestión ambiental es sumamente importante definir fases para el seguimiento del interés medio ambiental de la empresa o institución, las cuales se pueden reducir en los siguientes pasos:



**Figura N° 14.** Componentes de un sistema de gestión ambiental. Información tomada de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/25453>. Elaborado por Bajaña Egas Jennifer.

### **2.12.2 Normativa para sistema de gestión ambiental**

Para implementar un sistema de gestión ambiental es importante asegurar el lineamiento correcto en base a modelos establecidos por entidades autorizadas. Contribuyendo a esta idea, actualmente se han definido varios modelos o normativas basados en las necesidades y ejecución de acciones de la entidad empresarial que desee realizar una correcta implementación y operación de un sistema de gestión ambiental.

### **2.12.3 Normativa ISO 14000**

La organización internacional de la estandarización (ISO) es una entidad conformada por representantes de los organismos de normalización dedicada a la creación y producción de normativas o modelos industriales y comerciales con el objetivo de promover el comercio de manera correcta y contribuir en los estándares para las entidades dedicadas a la producción de recursos (físicos o informativos).

Esta organización actualmente mantiene varias series de normativas, pero en este estudio existe una en particular enfocada al medio ambiente desde el punto de vista empresarial la cual es ISO 14000. En esta serie se comprende las siguientes normativas:

- ISO 14001 Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso.
- ISO 14004 Sistemas de gestión ambiental. Directrices generales sobre principios, sistemas y técnicas de apoyo.
- ISO 14011 Guía para las auditorías de sistemas de gestión de calidad o ambiental.
- ISO 14020 Etiquetado y declaraciones ambientales - Principios Generales
- ISO 14021 Etiquetado y declaraciones ambientales - Autodeclaraciones
- ISO 14024 Etiquetado y declaraciones ambientales – Tipo I
- ISO/TR 14025 Etiquetado y declaraciones ambientales – Tipo III
- ISO 14031 Gestión ambiental. Evaluación del rendimiento ambiental. Directrices.
- ISO 14032 Gestión ambiental - Ejemplos de evaluación del rendimiento ambiental (ERA)
- ISO 14040 Gestión ambiental - Evaluación del ciclo de vida - Marco de referencia
- ISO 14041. Gestión ambiental - Análisis del ciclo de vida. Definición de la finalidad y el campo y análisis de inventarios.
- ISO 14042 Gestión ambiental - Análisis del ciclo de vida. Evaluación del impacto del ciclo de vida.
- ISO 14043 Gestión ambiental - Análisis del ciclo de vida. Interpretación del ciclo de vida.
- ISO/TR 14047 Gestión ambiental - Evaluación del impacto del ciclo de vida. Ejemplos de aplicación de ISO 14042.
- ISO/TS 14048 Gestión ambiental - Evaluación del ciclo de vida. Formato de documentación de datos.
- ISO/TR 14049 Gestión ambiental - Evaluación del ciclo de vida. Ejemplos de la aplicación de ISO 14041 a la definición de objetivo y alcance y análisis de inventario.

- ISO 14062 Gestión ambiental - Integración de los aspectos ambientales en el diseño y desarrollo de los productos.

En esta norma se establece una manera correcta para el equilibrio del mantenimiento de rentabilidad empresarial y el impacto medioambiental que estas produzcan. Por ende, mantiene la ventaja de poder asumir los dos objetivos. De manera global, se considera que esta norma aporta con el reconocimiento de la entidad sobre la implementación de un proceso limpio sin afectaciones al medio ambiente.

La norma ISO 14000 es un modelo internacional con concepto de protección ambiental para entidades independientemente de su tamaño, ubicación y dedicación; que comprueba los procedimientos realizados en el contexto de cuidado ambiental respetando ciertas políticas sin brindar afectaciones negativas externas.

Según (Ortiz, 2013) en su estudio titulado “Norma ISO 14000 como instrumento de gestión ambiental empresarial” realiza un análisis sobre las normativas que conforman el modelo ISO 14000 donde las divide en normativas enfocadas en sistema de gestión ambiental, auditoría ambiental, evaluación del desempeño ambiental, etiquetado medioambiental y evaluación del ciclo de vida. Las cuales se detallan a continuación:

**Tabla N° 2. Normativa ISO 14000**

<b>Normativa ISO 14000</b>	
<b>Sistema de gestión ambiental</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ISO 14001: Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso</li> <li>• ISO 14004: Sistemas de gestión ambiental. Directrices generales sobre principios, sistemas y técnicas de apoyo</li> </ul>
<b>Auditoría ambiental</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ISO 14010: Principios generales de auditoría ambiental</li> <li>• ISO 14011: Directrices y procedimientos para las auditorías</li> </ul>

### **Etiquetado medioambiental**

- ISO 14012: Guías de consulta para la protección ambiental. Criterios de calificación para los auditores ambientales
- ISO 14020: Etiquetas y declaraciones ambientales. Principios generales
- ISO 14021: Etiquetas y declaraciones ambientales. Autodeclaraciones ambientales (Etiquetado ambiental TIPO II)
- ISO 14024: Etiquetas y declaraciones ambientales. Etiquetado ambiental de Tipo I. Principios y procedimientos.

### **Evaluación del desempeño ambiental**

- ISO 14031: Gestión ambiental. Evaluación del desempeño ambiental. Directrices
- ISO 14040: Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Definición del objetivo y alcance y el análisis de inventario

### **Evaluación del ciclo de vida**

- ISO 14041: Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Definición del objetivo y alcance y el análisis de inventario.
- ISO 14042: Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Evaluación de impacto y ciclo de vida.

---

### Terminologías y definiciones

- ISO 14043: Gestión ambiental.  
Análisis del ciclo de vida.  
Evaluación de impacto de ciclo de vida.
  - ISO 14050: Gestión ambiental:  
Vocabulario
- 

*Información adaptada de <https://www.uv.mx/gestion/files/2013/01/LORENA-MENDEZ-ORTIZ.pdf>.  
Elaborado por Bajaña Egas Jennifer.*

#### 2.12.4 Normativa ISO 14001

Esta normativa es una de las más importantes y sobresalientes en este modelo de sistema de gestión ambiental ya que en su organización establece los requisitos para un SGA correcto.

ISO 14001 es una normativa universal que brinda los requerimientos y criterios para una implementación eficaz de un SGA ayudando a la entidad empresarial a cumplir objetivos sobre aspectos ambientales, contiene los parámetros para considerar una empresa certificada correctamente por su sistema de gestión ambiental. También se la relaciona con la normativa ISO 9001 ya que el enfoque de este modelo es parecido. (Ortiz, 2013).

La última versión de esta normativa es ISO 14001:2015 ya cual sustituyó a la ISO 14001:2004. Cualquier entidad que acoja a esta normativa bajo su implementación de un sistema de gestión ambiental mantendrá una certificación de protección al medio ambiente. Ya que el plan de manejo ambiental está alineado a los requerimientos y parámetros de la normativa. La implementación de esta normativa trae diferentes ventajas hacia la entidad que las acoge, entre estas se mantienen:

- El modelo ISO 14:001 también se encuentra alineado a otras normas, como disposición, calidad, firmeza y seguridad, que comprueban la eficiencia de un sistema de gestión ambiental.
- Aumenta la calidad de apariencia de la entidad empresarial sobre otras, ya que al mantener una certificación de protección medioambiental muestra más comprometida a la empresa con el medio ambiente.
- Efectividad de normas legales, la certificación de un SGA muestra la responsabilidad de la empresa con el medio ambiente y a su vez cumple con los requisitos legales.

### 2.12.5 Normativa EMAS

El modelo EMAS definido como el sistema comunitario de gestión y auditoría medioambiental (EcoManagement and Audit Scheme – EMAS) es un reglamento de la comunidad europea alineado al cuidado del medioambiente de carácter voluntario de 21 artículos y 5 anexos. El cual considera el comportamiento de la entidad mediante sus ejecuciones operacionales y el nivel de afectación al medio ambiente.

El programa europeo de ecogestión y ecoauditoría (EMAS) tiene como objetivo estipular políticas o lineamientos para la entidad o institución que implemente este modelo donde su principal área de control es el medio ambiente y las afectaciones negativas que pueden producir los procesos operacionales de la entidad empresarial hacia el entorno. (Organización Linea Verde, 2015).

Un sistema de gestión ambiental puede ser evaluado mediante este modelo, siempre y cuando la entidad este comprometida con los requerimientos del modelo. Se considera que se debe realizar el análisis de la política ambiental, los objetivos a cumplir, los programas a implementar, difusión de información precisa a los usuarios y estipular mejoras continuas de los procesos para que un sistema de gestión ambiental este implementado de forma efectiva. (Cardenas, 2015).

Toda organización que implemente el modelo EMAS y se acople a los lineamientos de esta normativa es reconocida y certificada por el modelo. Mantener un reconocimiento por organismos de esta categoría influye positivamente en la fiabilidad de la entidad empresarial.

Las entidades que se refugien en esta normativa deben mantener responsabilidad al momento de ejecutar sus procesos y así reducir el impacto ambiental, implementando la optimización de las gestiones de manera que no afecte al medio ambiente, por lo que deberían:

- Implementar tecnologías amigables al medio ambiente
- Reducir los índices de contaminación
- Alienar sus objetivos funcionales a esta área denominada Gestión ambiental
- Optimizar la correcta gestión de recursos

Esta normativa comprende 21 artículos los cuales están definidos como requisitos y políticas para la implementación y certificación de un sistema de gestión ambiental.



**Tabla N° 3. Normativa EMAS**

<b>Artículos</b>	<b>Descripción</b>
<b>Artículo 1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El esquema de eco-administración y auditoria y sus objetivos: Determina el objetivo del modelo y el vínculo con leyes ambientales</li> </ul>
<b>Artículo 2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definiciones: Conceptualiza los 15 términos usados en las fases del modelo</li> </ul>
<b>Artículo 3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Participación en el esquema: Indica los parámetros necesarios físicos para implementar la normativa</li> </ul>
<b>Artículo 4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auditoria y validación: Determina la frecuencia de las auditorías ambientales y el ejecutor de las mismas</li> </ul>
<b>Artículo 5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Declaración ambiental: Determina los puntos validos requeridos para una declaración ambiental</li> </ul>
<b>Artículo 6</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acreditación y supervisión de los verificadores ambientales: Determina los sistemas o índices de acreditación para validar los verificadores ambientales</li> </ul>
<b>Artículo 7</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lista de verificadores ambientales acreditados: Determina la frecuencia de publicación de lista sobre verificadores ambientales</li> </ul>
<b>Artículo 8</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro de sitios: Indica el registro y desregistro de la autoridad competente</li> </ul>
<b>Artículo 9</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Publicación de las listas de sitios registrados: Determina como deben ser publicadas la lista de sitios registrado en la comisión europea</li> </ul>
<b>Artículo 10</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Declaración de participación: Determina los sitios donde se puede implementar la normativa</li> </ul>
<b>Artículo 11</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costos e impuestos: Indica los cargos definidos</li> </ul>
<b>Artículo 12</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relación con los estándares nacionales, europeos e internacionales: Indica bajo que normas se aplica el esquema</li> </ul>
<b>Artículo 13</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promoción de la participación de las compañías, en particular de las pequeñas y medianas empresas</li> </ul>

---

<b>Artículo 14</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inclusión de otros sectores: Determina bajo qué condiciones pueden adoptar la normativa otros sectores</li> </ul>
<b>Artículo 15</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Información: Determina la forma en que se puede difundir la normativa y publicación del esquema</li> </ul>
<b>Artículo 16</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incumplimiento: Indica la forma de actuar al incumplimiento de la regulación definida</li> </ul>
<b>Artículo 17</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anexos: Indica que antes de la revisión de la regulación pueden ser adaptados los anexos si se requiere</li> </ul>
<b>Artículo 18</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entes competentes: Determina la neutralidad de las organizaciones competentes</li> </ul>
<b>Artículo 19</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comité: Indica la validez del voto del comité establecido</li> </ul>
<b>Artículo 20</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión: Indica el tiempo establecido para la revisión y verificación del comité hacia la entidad</li> </ul>
<b>Artículo 21</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrada en vigor: Determina las fechas en las que la regulación estará en vigor</li> </ul>

---

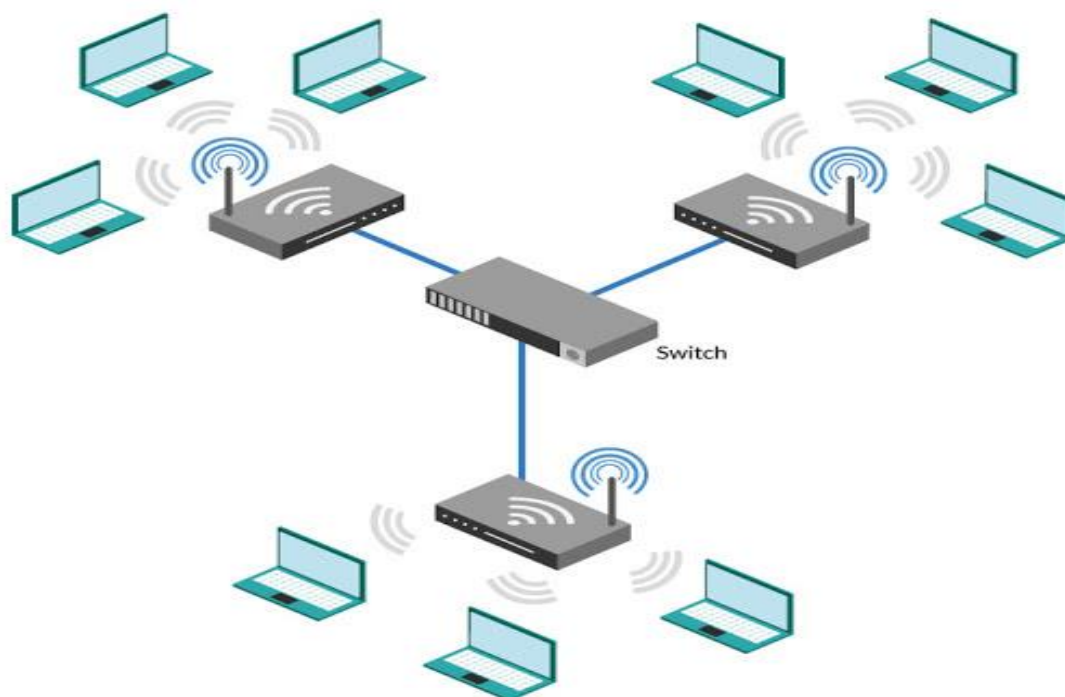
*Información tomada de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5137631>). Elaborado por Bajaña Egas Jennifer.*

### 2.13 Redes inalámbricas

Las redes inalámbricas son redes de comunicación basadas en la interconexión de elementos y dispositivos para compartir información sin la necesidad de un cable físico, se puede transmitir datos mediante ondas electromagnéticas. Esta tecnología está basada en medios no guiados para la interconexión de los elementos pertenecientes a esta red. Este tipo de redes son las más utilizadas en la actualidad, debido a las varias ventajas que mantienen como: accesibilidad, costos, básica configuración, escalabilidad. Por lo tanto, se asocia el término “Movilidad” con esta tecnología.

La implementación de las redes inalámbricas se puede acoplar fácilmente a infraestructuras de ciudades desarrolladas, debido a que la distancia entre los elementos dependiendo de la tecnología de compartición a utilizar no afecta la transmisión o recepción de datos.

Por lo tanto, las redes inalámbricas permiten establecer vínculos entre computadoras o dispositivos informáticos mediante ondas electromagnéticas evitando utilizar un cableado físico, brindando comodidad de instalación, accesibilidad desde cualquier punto y ahorro de dinero por la infraestructura.



**Figura N° 15.** Conexiones inalámbricas de dispositivos. Información tomada <http://contenidos.sucerman.com/nivel3/redes.html>

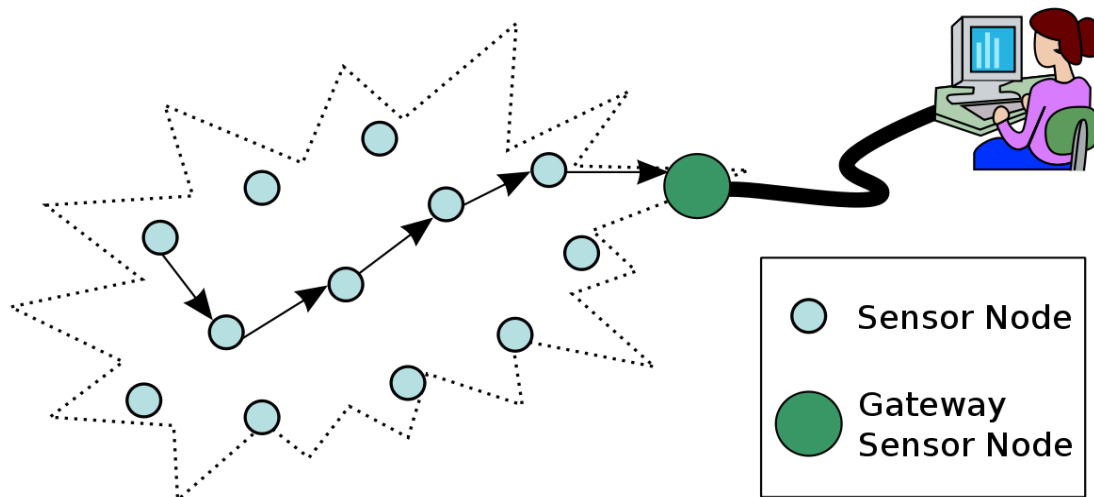
## 2.14 Wireless Sensor Network (WSN)

Las redes WSN son establecidas por un equipo de limitados dispositivos, los denominados nodos sensores, que yacen conectados de modo ad-hoc, un elemento Gateway para la transferencia de datos fuera de la red y una estación base en la que se recolectan los datos remitidos en la comunicación. (Gusqui Bejarano, 2017).

Los sensores están conectados mediante la topología que es definida por el usuario para una correcta compartición de datos, esta se puede dar mediante uno o varios canales de transmisión como se considere más adecuado, utilizando diferentes protocolos de conexión inalámbrica.

Este tipo de redes inalámbricas ayudan en las condiciones y estado de vida de los habitantes, debido a que pueden implementarse en diferentes situaciones o lugares para ayudar a optimizar la eficiencia. En la actualidad, no es extraño encontrar una red de

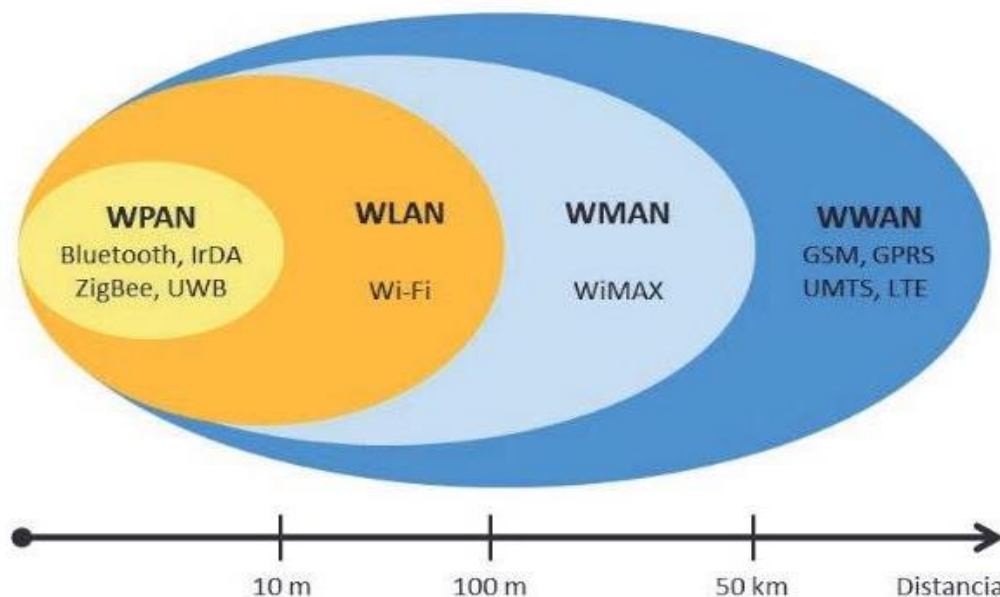
sensores en un hospital, en un aeropuerto o en un sistema de transporte. WSN ayuda en el desarrollo de nuevas soluciones para problemáticas de diferentes puntos.



**Figura 16.** Componentes de una Wireless Sensor Network. Información tomada de [https://www.researchgate.net/post/Wireless\\_sensor\\_network\\_WSN](https://www.researchgate.net/post/Wireless_sensor_network_WSN). Elaborado por Mohammed Mehid

#### 2.14.1 Clasificación de la tecnología WSN

La variable que permite identificar las clasificaciones de la tecnología Wireless Sensor Network es la cobertura inalámbrica que se brinda como conexión para la transmisión de información y la estabilidad de la conexión de equipos o dispositivos. Por lo tanto, se las mantienen divididas en Wireless Personal Area Network (WPAN), Wireless Local Area Network (WLAN), Wireless Metropolitan Area Network (WMAN) o Wireless Wide Area Network (WAN).



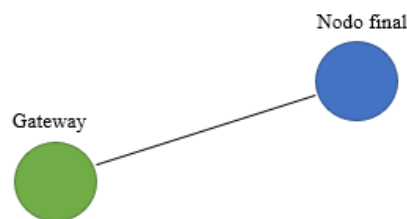
**Figura N° 17.** Clasificación de la tecnología Wireless Sensor Network. Información tomada desde [lizuamc.blogspot.com](http://lizuamc.blogspot.com)

### 2.14.2 Topología de la Tecnología WSN

La topología es la forma en cómo se define la conexión o la forma de establecer las rutas por donde viajara la información, basado en las necesidades del sistema y la eficiencia esperada, se mantiene las diferentes topologías establecidas como se detallan a continuación:

- **Topología punto a punto**

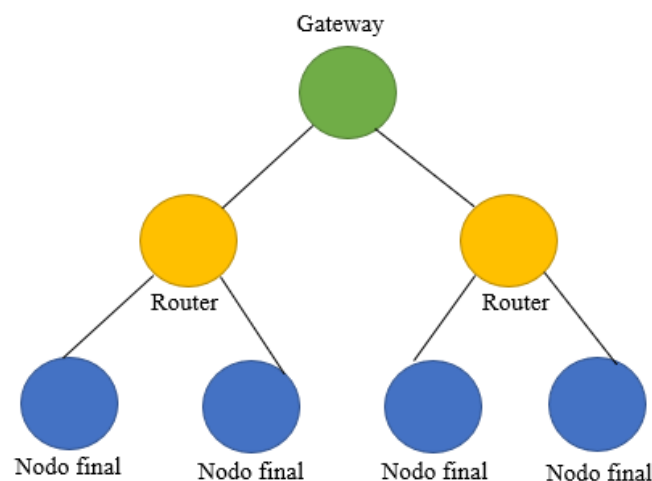
Es una de las topologías más básicas y fáciles debido a que mantiene dos puntos y el usuario puede definir cuál es el Gateway y el nodo final.



**Figura N° 18.** Topología punto a punto. Información tomada desde investigación teórica. Elaborado por Bajaña Egas Jennifer

- **Topología en árbol**

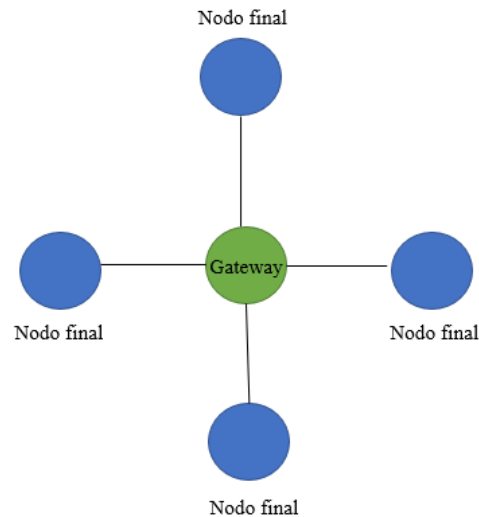
Este arreglo de conexión mantiene una posición jerárquica y también puede ser reconocida como una serie de redes conectadas en estrella. Donde cada subred mantiene un nodo en común.



**Figura N° 19.** Topología árbol. Información tomada desde investigación teórica. Elaborado por Bajaña Egas Jennifer.

- **Topología en estrella**

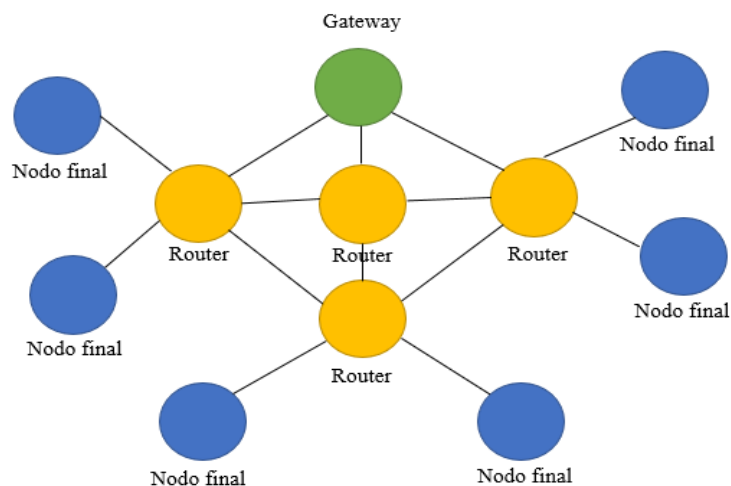
Este tipo de topología mantiene una cualidad particular ya que los nodos finales no pueden comunicarse o compartir información entre sí, mantienen un receptor final en común que es el Gateway, comparado como el nodo principal encargado de recibir la información de los sensores o dispositivos llamados nodos finales.



**Figura N° 20.** Topología en estrella. Información tomada desde investigación teórica. Elaborado por Bajaña Egas Jennifer.

- **Topología en malla**

Esta es una de las topologías más usadas debido a que todos sus nodos pueden comunicarse entre sí. De esta manera, es posible transportar la información recopilada por cualquiera ruta dentro de la red.

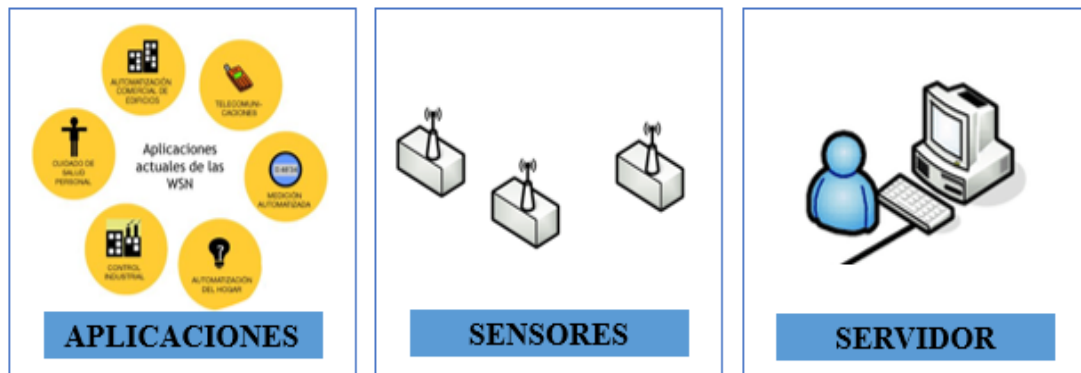


**Figura N° 21.** Topología en malla. Información tomada desde investigación teórica. Elaborado por Bajaña Egas Jennifer.

### 2.14.3 Arquitectura de la Tecnología WSN

WSN opera con una arquitectura de red establecida en sensores que ejecutan en el campo de influencia o trabajo, que se responsabiliza de capturar los datos, también está el sensor nodo o principales llamados “sink”, que recepta la información de otros sensores y faculta definir la ruta para su propagación a la puerta de enlace (Gateway) y luego al servidor de procesamiento preferente. (Campaña Bastidas & Londoño Peláez, 2014).

La arquitectura se basa en 3 fases como son: las aplicaciones, sensores y el servidor; como se detalla a continuación:



**Figura N° 22.** Arquitectura de tecnología WSN. Información tomada desde investigación teórica. Elaborado por Bajaña Egas Jennifer.

### 2.15 Estándar IEEE 802.15.4

El estándar IEEE 802.15.4 es el protocolo de comunicación inalámbrico adoptado por la tecnología Zigbee, el cual fue diseñado por la necesidad de conectar dispositivos inalámbricamente disminuyendo el coste y la alimentación de energía sin influir en su capacidad de conectividad y carencia de estabilidad para la comunicación.

Este tipo de comunicación está establecido dentro la clasificación de redes inalámbrica de área personal, ya que son de corto rango para la cobertura de transmisión.

Uno de los temas primordiales de este ejemplar de redes es el apropiado uso del dispositivo en el procedimiento de comunicación. Para tolerar a cabo una perfecta transmisión y recepción de mensajes, el software manipulado se basa en estándares que puntualizan cómo trabajar con las diversas capas que se consagran en el desarrollo. A nivel físico y a nivel de enlace de datos, se maneja el estándar de datos IEEE 802.15.4 y se recurre a el estándar ZigBee para comunicaciones inalámbricas, que complementa el estándar IEEE 802.15.4. (Andrade Gutierrez, 2015)

Aplicación	
API	Zig Bee
Seguridad Encriptación	
Network Topología	
MAC	
Físico (PHY) 868 Mhz/915 Mhz/2.4Ghz	IEEE 802.15.4

**Figura N° 23.** Niveles de modelo de red sobre el estándar IEEE 802.15.4. Información tomada desde <http://sx-de-tx.wikispaces.com/ZIGBEE>

## 2.16 Internet of Things

En base a la búsqueda exhaustiva de información para este estudio, se define el término “Internet of Things” como un modelo que comprende las tecnologías de comunicación inalámbrica para la transmisión, compartición y recepción de datos. Donde se pueden interconectar diferentes tipos de dispositivos o sensores por medio de topologías basado en un análisis para una correcta eficiencia considerando las necesidades de los usuarios.

Cada elemento conectado a este modelo mantiene una dirección IP para considerarlo parte de Internet. Por lo tanto, se puede aprovechar los servicios como monitorización y control sobre el sistema implementado. Y así realizar la conexión entre elementos e Internet.

Las WSN se hallan instauradas por sensores independientes proporcionados geográficamente con el objeto de ser hábiles de conversar entre sí con un pequeño de dispendio de energía y cediendo su conjunto de datos. en el argumento del internet de las cosas (IOT) juegan un papel significativo para elevar la ubicuidad de las redes. (Cama , De la Hoz, & Cama, 2012).

## 2.17 Inmótica

La inmótica generalmente se orienta en la agrupación de sistemas y tecnologías aplicadas para optimizar procesos en diferentes enfoques de un edificio. Se puede asociar



este concepto con la implementación de edificios inteligentes ya que mejorar el bienestar de personas, controlar sistemas tecnológicamente y la gestión de recursos son analizados dentro de este concepto. (Rojas, Chanchí, & Villalba, 2020)

Los Smart Building aplican la inmótica para mejorar la calidad de vida de sus usuarios, para optimizar los tiempos de respuesta ante peticiones aprovechando diferentes tecnologías de comunicación, para considerar la entidad amigable con el medio ambiente ya que vela el cumplimiento de objetivos respetando los aspectos ambientales definidos por la empresa.

La implementación de sensores o mecanismos para el control de sistemas de manera remota son cualidades que se mantiene dentro de los edificios inteligentes los cuales pueden ser ubicados estratégicamente para abarcar las áreas de un edificio y mejorar aspectos como la seguridad, el control de recursos (agua, luz), la comunicación entre departamento, compartición de información y el confort que se brinda a las personas dentro de las instalaciones.

## 2.18 Sensores

Debido a varias situaciones y al gran avance de la tecnología, nos vemos en la necesidad de conocer lo que ocurre en el exterior. Los sensores fueron creados para cubrir esta necesidad ya que mantienen como función captar ciertas variables del exterior, detectarlas y transformarlas en impulsos eléctricos, las mismas tienen la capacidad de ser información perteneciente a un sistema. La información recolectada es procesada por un microcontrolador para ser transportada por el protocolo de comunicación que sea establecido por el usuario.



**Figura N° 24.** Funcionamiento de sensores. Información tomada desde investigación teórica. Elaborado por Bajaña Egas Jennifer.

Existen varias variables a reconocer en el exterior y a esto se debe los tipos de sensores que se están presentando en la actualidad dentro del mercado tecnológico. Cada tipo de sensor mantiene definido una variable a detectar en base a las funciones que realiza para

recolectar la información requerida. Entre los sensores más principales en el mercado tecnológico, se mantiene los siguientes:

- **Sensores de luz:** captan los rayos de luz visible, generalmente responden antes la intensidad de la energía detectada. Un claro ejemplo de estos sensores son los paneles fotovoltaicos.
- **Sensores de distancia:** estos tipos de sensores miden la distancia que existe entre un objeto y el sensor, mediante diferentes mecanismos como este configurado el sensor. El sensor ultrasónico es un ejemplo de un sensor de distancia.
- **Sensores de sonido:** trabajan en base a la detección de ondas de sonidos, generalmente estos son la forma de ingreso a los sistemas que trabajan mediante voz de mando.
- **Sensores de humedad:** se utilizan en sistemas de riego para áreas verdes, ya que estos verifican el rango de humedad que se mantiene en ciertas áreas establecidas por el usuario.
- **Sensores de velocidad:** son los encargados de detectar la velocidad de movimiento sobre un objeto, normalmente son conocidos como velocímetros. Generalmente son implementados en los conocidos radares de una calle o avenida.
- **Sensores de temperatura:** estos miden la temperatura de un punto determinado o donde este instalado el sensor.

#### ***2.18.1 Sensores ultrasónicos***

Los sensores ultrasónicos es una tecnología que ofrece la función de verificar la distancia que se mantiene un objeto hasta el sensor mediante pulsos acústicos. El funcionamiento de basa en el trayecto del tiempo que comprende desde la emisión del pulso hasta la recepción de la onda en el sensor.

La implementación de los sensores ultrasónicos se da en diferentes áreas como: los contenedores inteligentes para prevenir el desbordamiento de la basura, la detección de vehículos para estimar la distancia que se mantiene dentro de un estacionamiento o en los vehículos ultrasónicos que analizan la distancia entre vehículos dentro de una avenida, entre otros.

### **2.18.2 Sensores para CO<sub>2</sub>**

La detección de la presencia de gases tóxicos es llevada a cabo por los sensores los cuales son fundamentales en el sistema de monitoreo ambiental ya que pueden estimar la presencia del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y la cantidad mantenida en el aire. En base a los números presentados en el servidor emitidos por los sensores, se puede contribuir a la toma de decisiones para aliviar a la sociedad de esta problemática.

El control de la contaminación es el proceso mediante el cual los niveles de contaminación de un elemento determinado en un área determinada se miden mediante un sensor que tiene propiedades reactivas frente al contaminante. Los sensores reaccionan variando sus propiedades de cierta manera cuando entran en contacto con el elemento a monitorear. (Alvéar, y otros, 2015).

En el mercado tecnológico se ofrecen muchas opciones sobre sensores de detección para niveles de CO<sub>2</sub>, considerando las diferentes necesidades de los usuarios. Entre las más usadas se mantienen las siguientes opciones:

- NAP-21AA
- MG-811
- TGS4160

Los cuales se consideran lo más óptimos para implementación de un sistema de monitoreo de CO<sub>2</sub> debido a que son adaptables a diferentes microcontroladores.

### **2.19 Paneles solares**

Debido al gran consumo de energía y del impacto negativo ambiental sobre la gestión de este recurso producido al ecosistema, se han desarrollado nuevas alternativas para obtener electricidad de manera limpia y eco amigable a diferentes puntos como puede ser un hogar o un edificio. Una de estas opciones es la implementación de paneles solares para la producción y alimentación de energía eléctrica en un punto final designado por el usuario. Analizando la cobertura de paneles solares y la ubicación puede alimentar totalmente a un hogar de energía eléctrica.

Los paneles solares tienen como objetivo transformar la energía solar en energía eléctrica. La composición de estas placas generalmente es de silicio cristalino, gracias a este componente, se realiza la conversión de luz solar en energía fotovoltaica, la misma que es equivalente a energía eléctrica. (Velasco, 2015)

En la actualidad, instalar paneles solares se considera una inversión económica ya que al utilizar un recurso natural como lo son los rayos solares podemos reducir valores económicos que normalmente cancelaban los recibos de consumo sobre luz energética. Por lo tanto, aplicar estas placas solares en los techos de un domicilio o en la terraza de un edificio ayuda económicamente y a disminuir el impacto ambiental que se genera.

Todos los paneles existentes usan radiación solar pero generalmente se los divide en dos tipos de paneles solares:

- **Paneles térmicos**, aprovechan el calor producido por el sol, generalmente se usan para calentar fluidos o líquidos, para la calefacción de un lugar establecido sin necesidad de usar gas
- **Paneles fotovoltaicos**, aprovechan la luz del sol o rayos solares para producir corriente directa (DC), el mantenimiento de estos paneles es casi nulo debido a que solo se deben mantener limpias las placas y no se deben ver afectados por sombras



*Figura N° 25. Paneles solares. Información tomada desde <http://blog.vive1.com/paneles-solares-una-alternativa-para-ahorrar-en-el-hogar>*

## 2.20 Fundamentación Legal

La ley orgánica de las telecomunicaciones posee por meta, determinar el sistema general de las telecomunicaciones y el espectro radioeléctrico como áreas estratégicas del estado que incluyen las competencias de administración, regulación, control y administración en todo el territorio nacional, de acuerdo con los principios y derechos constitucionalmente establecidos. (Ley Organica de las Telecomunicaciones, 2015)

Dentro del capítulo 3 de esta ley se definen varios objetivos, entre estos se mantienen:

- Promover el desarrollo y fortalecimiento del sector de las telecomunicaciones
- Incentivar el despliegue de redes e infraestructuras de las telecomunicaciones
- Impulsar que el país cuente con redes de telecomunicaciones de alta velocidad y capacidad que permitan a la población el acceso a servicios de Internet de banda ancha

Según lo dispuesto en el Art. 55 de la Ley Orgánica de la Función Legislativa, se envió el “Proyecto de ley orgánica de protección de datos personales”. Que, el artículo 16 numerales I y II de la Carta Magna determina que “Todas las personas, en forma Individual o colectiva tienen derecho a:

- Una comunicación libre, intercultural, incluyente, diversa y participativa, en todos los ámbitos de la interacción social, por cualquier medio y forma, en su propia lengua y con sus propios símbolos
- El acceso universal de las tecnologías de información y comunicación

Lo que faculta a cada individuo a tener acceso a una red de datos en beneficio de la comunidad dentro de un campus inteligente.

Dentro de la constitución de la república del Ecuador, se infiere lo siguiente:

En el artículo 26 se recata que la enseñanza es un derecho del prójimo a lo largo de su vida y un deber apremiante, el estado implanta un área prioritaria de la política pública y de la inversión estatal, garantía de la igualdad y social y condición indispensable para el buen vivir las personas, las familias y la sociedad, poseen el albedrío y la tarea de participar en el proceso didáctico.

En el artículo 277 de la Constitución de la Republica del Ecuador estipula para la consecución del buen vivir, serán compromisos generales del estado, los siguientes 4 aspectos:

- Garantizar los derechos de las personas, las comunidades y la naturaleza, en lo cual implica a salvaguardar los derechos humanos para y del medio en el que se desarrolle.
- Regir, plantificar y regularizar el proceso de desarrollo, implica el buen proceso de desarrollo del sistema tecnológico en el campus universitario.

- Originar y establecer las políticas públicas, y controlar y sancionar su incumplimiento, implica incrementar la seguridad de la información privada y la veracidad de la información a difundir.
- Producir bienes, instaurar y conservar infraestructura y proveer servicios públicos. Faculta a la generación de infraestructura en beneficio a una comunidad.

El artículo 384 se funda que el conjunto de comunicación social incumbe avalar el empleo de los derechos a la comunicación, la información y la libertad de expresión y fortificar la contribución ciudadana, para una mejora continua de los sistemas de información del campus inteligente.

Dentro de la Ley Orgánica de Comunicación, se infiere lo siguiente:

En el artículo 12 se sustituye “democratización de la propiedad y acceso a los medios de comunicación, a crear medios de comunicación, a generar espacios de participación, al acceso a las frecuencias del espectro radioeléctrico asignadas para los servicios de radio y televisión abierta y por suscripción, las tecnologías y flujos de información”, (Ley orgánica de comunicación, 2019). Dado que el concepto de campus inteligente implica la creación de una red de información y comunicación, el artículo faculta a la creación de esta.

En el artículo 71 estipula que los compromisos comunes, la información y la comunicación son estipendios que deberán ser desempeñados con compromiso, venerando lo señalado en los instrumentos internacionales de derechos humanos, la constitución y la ley, en lo que destaca desarrollar el sentido crítico de los ciudadanos y promover su participación en los asuntos de interés general, contribuir al mantenimiento de la paz y seguridad.

En el artículo 85 se define los medios de comunicación comunitarios son aquellos cuya propiedad, administración y dirección corresponden a los movimientos y organizaciones sociales, colectivos, comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades, universidades y escuelas politécnicas, sin tener fines de lucro y con rentabilidad social para promover la participación y fortalecimiento de la comunidad en la que se desenvuelve.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN Y PROPUESTA**

En este capítulo, se define la modalidad de la investigación que se emplea para construir la propuesta de este estudio. Para comprender la función de un sistema de control ambiental, se realiza comparativas de normativas, tecnologías y elementos para que se tome de referencia para futuras implementaciones.

Se define los elementos, consideraciones generales y características necesarias a cumplir en un sistema de control ambiental basándose en la fundamentación teórica presentada en este estudio. Comprendiendo adicionalmente varias soluciones tecnológicas que pueden ser implementadas para alcanzar objetivos y metas dentro de un sistema de control ambiental definido para una universidad.

#### **3.1 Tipo de investigación**

Para este estudio, se mantendrá un enfoque de investigación cualitativo debido a que se considera la profundidad de ideas para establecer las características, aspectos y elementos necesarios para un sistema de control ambiental dentro de un campus universitario.

El enfoque cualitativo en una investigación ayuda a formular propuestas de interpretación, comprende la consideración de los significados, expande los conocimientos y favorece la correlación de resultados. Se debe mantener en cuenta que, si el investigador no justifica la interpretación adecuadamente puede producir confusión o dispersión, por lo tanto, es correcto que se proceda con conducta y orden dentro de la investigación. (Díaz, 2016).

##### **3.1.1 Descriptiva**

Se realiza la búsqueda de bases teóricas para la investigación donde se podrá establecer las características necesarias para un sistema de control ambiental dentro de un campus universitario y también para analizar la más adecuada normativa para alinear el sistema.

##### **3.1.2 Correlacional**

Debido a que, dentro de este estudio, se evalúan o relacionan varios temas dentro de un contexto en particular, se realiza comparaciones de diferentes implementaciones de

sistemas de control ambiental para una correcta guía y retroalimentar de diferentes puntos de vista esta investigación.

### **3.2 Modalidad de la investigación**

#### **3.2.1 Investigación bibliográfica**

Se realiza una búsqueda exhaustiva de fuentes de información teórica sobre documentos que reflejen implementaciones referentes a programas para la gestión ambiental en una institución, diferentes normativas para un sistema de gestión ambiental dentro de una entidad o institución y tecnologías para redes inalámbricas sensoriales para examinar las características necesarias de un sistema de control ambiental sensorial.

#### **3.2.2 Investigación analítica**

Para realizar este estudio fue necesario buscar tesis, artículos o revistas tecnológicas actualizadas para evaluar un correcto funcionamiento y elegir una normativa para alinear eficientemente el sistema. Al proceder con el análisis y las comparativas de las diferentes formas de implementar un sistema de gestión ambiental, se evalúa las opciones más óptimas y se estima las principales características para futuras implementaciones.

#### **3.2.3 Investigación de campo**

Sin lugar a dudas, ese tipo de investigación da la pauta para conectarse con la realidad en base a implementaciones de sistemas para un control ambiental en varios aspectos dados en empresas, ciudades o instituciones educativas; en la cuales, se verifican resultados obtenidos mediante estas implementaciones y deducciones para retroalimentar futuros sistemas. Mediante la investigación de campo, se define un panorama de la problemática desde diferentes puntos de vista como puede ser ambiental y tecnológico.

### **3.3 Técnicas de la investigación**

El sondeo de opiniones entre usuarios o especialistas en el tema de estudio son de real peso dentro de la investigación propuesta, por ende, reforzar este estudio con opiniones de especialistas en temas como gestión ambiental o Smart campus puede ser de gran ayuda para generar la propuesta de este trabajo de titulación. Generalmente se usan los siguientes aspectos para un correcto sondeo o verificación de opiniones sobre un tema planteado dentro de una investigación, las cuales se deducen en:



- Encuesta
- Entrevista
- Observación

### **3.3.1 *Entrevista***

La entrevista es considerada una técnica para recolección de datos o información de un tema planteado dentro de una investigación. Se basa en realizar un grupo de preguntas estratégicamente elaboradas para recolección precisa de información. Los tipos de entrevista generalmente se dividen en: entrevista estructurada, entrevista semiestructurada y entrevista no estructurada. Debido a que este estudio se considera cualitativo, se considera que la entrevista semiestructurada es la más adecuada técnica para efectuar un sondeo de opiniones de manera abierta siguiendo un cuestionario establecido.

Para reforzar este estudio, se realizó una entrevista formulada por un cuestionario de preguntas varios especialistas con conocimientos sobre el tema de gestión ambiental y Smart campus.

### **3.3.2 *Entrevista semiestructurada***

Se propone un modelo de entrevista semiestructurada, en el cual se prepara un guion a seguir dentro de la entrevista donde se citarán diferentes temas en el cuestionario de preguntas desarrollado para recolección de información. Se realizarán preguntas de manera abierta para que el entrevistado pueda expresar libremente su conocimiento y exponer otros aspectos que consideren conectados al tema.

### **3.3.3 *Instrumentos para recolección de datos***

Como instrumento para una adecuada recolección de información, se elaboró el cuestionario de preguntas estratégicamente formuladas, después de los cuales, se obtendrá respuestas abiertas por parte del entrevistado para darle una mayor libertad en las respuestas y así obtener información más profunda sobre el tema abarcado.

### **3.3.4 *Cuestionario para entrevista***

Se propone el siguiente cuestionario de preguntas para la entrevista:

1. ¿Cuáles son los aspectos de contaminación que considere más importantes en la actualidad?

2. En áreas pequeñas como un campus universitario donde existe concentración de personas ¿Cuáles son los aspectos de contaminación más importantes y como pueden afectar?
3. ¿Conoce el concepto de Smart campus? ¿Cómo podría definirlo?
4. ¿Cómo influye el aspecto ambiental dentro del desarrollo en un Smart campus?
5. ¿Considera relevante la implementación de un sistema de gestión ambiental? Explique su respuesta
6. ¿Ha escuchado sobre los sistemas de gestión ambiental inteligentes (uso de sensores para monitoreos)? ¿Conoce alguna universidad que lo haya implementado?
7. ¿Cómo afectaría la calidad del aire o los niveles elevados de CO<sub>2</sub> dentro de un campus universitario?
8. ¿Qué puede proponer para la gestión de desechos sólidos dentro de un campus universitario?
9. ¿Considera que al implementar un sistema de gestión ambiental podría fomentar la participación de la comunidad universitaria (estudiantes, docentes)? ¿Cómo?
10. ¿De qué manera se puede favorecer la visión tecnológica de un campus universitario que ha implementado un sistema de gestión ambiental?

### **3.3.5 Resultados de entrevista**

La entrevista fue realizada al Biólogo Josué Vizhñay, graduado de la entidad institucional ESPOL, un profesional con conocimientos de gestión ambiental. Fundador de la iniciativa de conservación urbana llamada “Conservemos a la Arantinga de Guayaquil”. Su punto de vista en base al cuestionario fue el siguiente:

- 1. ¿Cuáles son los aspectos de contaminación que considere más importantes en la actualidad?**

Según Vizhñay (2020) indica que los principales aspectos de contaminación a considerar en una ciudad como por ejemplo Guayaquil son el manejo de desechos sólidos debido a la falta de cultura ambiental, la cual produce basura en calles y la presencia notoria del plástico; el tratamiento de aguas lluvias debido a que no se realiza un proceso de filtración al desembocar estas aguas a fuentes de aguas naturales; la contaminación

auditiva y lumínica es un problema latente que generalmente se mantienen en ciudades desarrolladas o céntricas de un país.

**2. En áreas pequeñas como un campus universitario donde existe concentración de personas ¿Cuáles son los aspectos de contaminación más importantes y como pueden afectar?**

Según Vizhñay (2020) indica que en un campus universitario considera permanente el problema sobre la gestión de desechos sólidos, falta de espacios verdes y el consumo de agua en baños ubicado dentro de las instalaciones. Explica que es importante que cada institución mantenga su huella hídrica para tomar acciones correctivas.

**3. ¿Conoce el concepto de Smart campus? ¿Cómo podría definirlo?**

Según Vizhñay (2020) indica que son términos nuevos, considera que “smart” es equivalente a procesos automatizados y digitalizados; indica que es un término interesante y poco conocido.

**4. ¿Cómo influye el aspecto ambiental dentro del desarrollo en un Smart campus?**

Según Vizhñay (2020) indica que se debe fomentar la importancia de cambiar la mentalidad sobre el aspecto ambiental en instituciones para convertirse en un referente a nivel de sostenibilidad. Toda actividad necesita ser analizada sobre el impacto ambiental que puede producir. La contaminación se puede medir en un campus universitario con diferentes propuestas.

**5. ¿Considera relevante la implementación de un sistema de gestión ambiental? Explique su respuesta**

Según Vizhñay (2020) considera que la gestión ambiental en una entidad es muy necesaria debido a que esta puede transformarse en un modelo a seguir y promover la conciencia ambiental en otras entidades, la cual puede transformarse en una característica competitiva.

**6. ¿Ha escuchado sobre los sistemas de gestión ambiental inteligentes (uso de sensores para monitoreos)? ¿Conoce alguna universidad que lo haya implementado?**

Según Vizhñay (2020) indica que dentro del país no ha escuchado sobre universidades que implementen sistemas sobre gestiones ambientales inteligentes promoviendo el uso de tecnologías.

**7. ¿Cómo afectaría la calidad del aire o los niveles elevados de CO<sub>2</sub> dentro de un campus universitario?**

Según Vizhñay (2020) indica que afectaría directamente la salud de sus usuarios ya que al inhalar altos niveles de dióxido de carbono puede producir fatiga o cansancio y se vería afectado el desarrollo de actividades diarias de sus usuarios por la inconformidad corporal.

**8. ¿Qué puede proponer para la gestión de desechos sólidos dentro de un campus universitario?**

Según Vizhñay (2020) indica que fomentar la conciencia ambiental a la comunidad universitaria es un paso clave para consolidar la importancia de manejo de desechos sólidos. Indica que realizar convenios con entidades para fortalecer el reciclaje es una iniciativa, la automatización del proceso de recolección para verificar los tachos con excedente de desechos es un punto fuerte a verificar.

**9. ¿Considera que al implementar un sistema de gestión ambiental podría fomentar la participación de la comunidad universitaria (estudiantes, docentes)? ¿Cómo?**

Según Vizhñay (2020) indica que las universidades básicamente están realizadas por estudiantes y profesores donde se comparten conocimientos para formar profesionales que contribuyan con el desarrollo de la sociedad. Considera que es una forma para involucrar a estudiantes en el desarrollo de propuestas tecnológicas poniendo en práctica sus conocimientos de formación.

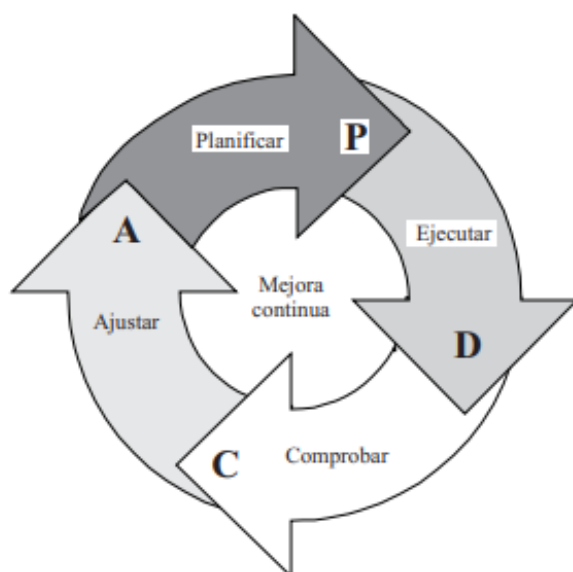
**10. ¿De qué manera se puede favorecer la visión tecnológica de un campus universitario que ha implementado un sistema de gestión ambiental?**

Según Vizhñay (2020) indica que las universidades se basan en la innovación y el desarrollo de tecnologías. El desarrollo de propuestas tecnológicas respetando o considerando el enfoque ambiental puede portar en el reconocimiento de la institución o el rango de prestigio que se establezca.

### 3.4 Análisis comparativo de normativas sobre sistemas de gestión ambiental

La implementación de sistema de gestión ambiental puede producir un coste adicional para la entidad empresarial, pero esto puede ser considerado como una inversión para conectar objetivos ambientales y optimización de recursos. Para la ejecución de estos sistemas, existen varios lineamientos a seguir, pero el empresario debe considerar la opción de sistema certificable y formal.

Independientemente de la elección sobre la normativa, se debe considerar el plan de proceso sistemático y cíclico PDCA (Plan/Do/Check/Adjust) donde su único objetivo es mejorar la gestión ambiental de forma progresiva. Asegurar los niveles de estimación ambiental y comprobar la implementación exitosa de un sistema. (Rodríguez Coello , 2014).



**Figura N° 26.** Plan de proceso sistemático y cíclico PDA (Plan/Do/Check/Adjust). Información tomada desde <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5137631>

En la fundamentación teórica de este estudio, se realizó la investigación de modelos para sistema de gestión ambiental para una entidad o institución donde se explicó dos normativas conocidas como EMAS e ISO 14001. Estos modelos mantienen similitudes y diferencias que son muy importantes valorar al momento de elegir una normativa para alinear el futuro sistema de gestión o control ambiental que se desea implementar.

La principal diferencia entre las dos normativas es ISO 14001 se considera menos exigente de carácter privado dentro de la institución y EMAS es más exigente de carácter voluntario. El nivel de exigencia para el cumplimiento de los puntos de la normativa EMAS hace que sea considerada como un valioso instrumento de protección ambiental pero las entidades o instituciones se enfocan más por aplicar a la normativa ISO 14001

debido a que el nivel de exigencia es definido por la institución. En la actualidad, existe un documento que establece las características y elementos necesarios para pasar de una certificación ISO 14001 al reglamento EMAS llamado puente.

Tomando en cuenta las diferentes características de estas normativas, considerando las ventajas y la institución donde se espera aplicarla se considera que la normativa ISO 14001 es más óptima para un sistema de gestión ambiental.

**Tabla N° 4.** *Análisis comparativo de normativa*

<b>Característica</b>	<b>Iso 14001</b>	<b>EMAS</b>
<b>Reconocimiento</b>	Es un estándar a nivel internacional	Es un modelo limitado a nivel europeo
<b>Conceptualización</b>	Estándar	Regulación
<b>Objetivos</b>	Progreso continuo del sistema de gestión ambiental de la entidad	Progreso continuo de la conducta medioambiental de la entidad
<b>Nivel de registro</b>	Puede certificar una empresa, un sitio establecido, un proceso o una actividad de la empresa	Solo puede registrar un sitio establecido
<b>Aplicación</b>	Su aplicación puede darse en cualquier tipo de organización independientemente de su dedicación con sector económico	Su aplicación debe darse en empresas o instituciones con actividades industriales, aunque también puede darse en otros sectores
<b>Revisión ambiental</b>	Recomienda una valoración ambiental	Es necesario realizar la valoración ambiental en

	antes de ejecutar el modelo	entidad antes de ejecutar el modelo
<b>Declaración ambiental</b>	El requisito de declaración ambiental es no carácter obligatorio	La declaración ambiental es fundamental y necesariamente debe ser revisada por el organismo autorizado
<b>Política ambiental</b>	Es necesario que la entidad este comprometida en el cumplimiento de la normativa y reduzca el impacto medioambiental pero no mantiene niveles establecidos para valoración	La entidad tiene que minimizar el impacto medioambiental basándose en niveles establecidos en normativa donde se valora los índices del impacto
<b>Auditorías</b>	No existe una frecuencia establecida para las auditorias	Las auditorias al sistema de gestión ambiental deben darse cada 3 años
<b>Proveedores o contratistas</b>	No es necesario que los proveedores apliquen las leyes medioambientales	Los proveedores que realicen trabajos para la entidad deben aplicar las leyes medioambientales

---

*Información tomada de Investigación teórica del estudio. Elaborado por Bajaña Egas Jennifer.*

### 3.5 Análisis comparativos de SGA aplicados en universidades

Para comprender sobre las implementaciones de sistema de gestión ambiental, se procedió a investigar sobre campus universitarios que mantengan certificación ambiental o implementaciones de sistemas guiados por normativas ambientales. Esta búsqueda de

información, se realizó mediante sitios de Internet o fuentes oficiales de estas universidades.

Se analizó las características o aspectos ambientales considerados en cada plan eco-amigable, determinando su similitudes o diferencias entre los enfoques ambientales de las entidades educativas de tercer nivel.

### **3.5.1 *Universidad autónoma de Occidente (Cali, Colombia)***

La universidad autónoma de Occidente de Cali, Colombia desarrollo un sistema de gestión ambiental con visión de finalizar la implementación del programa “Campus sostenible” para el año 2030, orientado a la norma ISO 14000, el mismo es considerado un programa completo y ejemplar para otras entidades educativas ya que este campus mantiene certificación otorgada por la empresa Bureau Veritas Certification por tercera vez consecutiva.

Según el Coordinador del programa “campus sostenible” en una entrevista, indico que la universidad autónoma de Occidente se encuentra trabajando y mejorando el sistema de gestión ambiental desde el año 2010, el cual comprende varios ejes como la calidad del aire, manejo de residuos, áreas verdes, manejos de recursos hídricos, entre otros que conforman pilares fuertes de atender dentro del sistema. (Gandini, 2018).

Esta entidad educativa decidió adaptar el modelo de campus sostenible, el cual desarrolla sus actividades con la mayor responsabilidad social y ambiental. El proceso de adaptación de este modelo mantiene 4 enfoques, los cuales han sido determinados por la institución:

- **La comunidad.** Al mantener ese compromiso ambiental, es importante promover el enfoque de una comunidad preparada y capacitada para el cuidado de aspectos ambientales y ayudar a minimizar el impacto negativo que estas puedan desarrollar.
- **Soluciones tecnológicas.** Impulsar la investigación tecnológica y la innovación de soluciones es un pilar fundamental de un SGA dentro de un campus universitario.
- **Operacionabilidad.** Está definido por diferentes normativas que es necesario el desarrollo de programas o proyectos eco-amigables para un desarrollo sustentable dentro del campus.



- **Desarrollo de actores.** Al implementar un SGA completo y ejemplar, esta entidad indica que también desea inspirar o impulsar la iniciativa de formar actores que implementen actividades amigables con el ambiente.

**Tabla N° 5.** Componentes del SGA de la universidad autónoma del Occidente

<b>Sistema de gestión ambiental de la Universidad Autónoma de Occidente</b>	
Componentes para un campus sostenible	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambio climático: mitigación y adaptación</li> <li>• Gestión integrada del recurso hídrico</li> <li>• Gestión integrada de la energía</li> <li>• Gestión integrada de los residuos sólidos</li> <li>• Campus saludable</li> <li>• Formación e investigación</li> <li>• Campus verde</li> <li>• Campus sostenible</li> <li>• Formación, cultura y ambiente</li> </ul>

*Información tomada de <https://campussostenible.org/campus-sostenible-uao/componentes/>. Elaborado por Bajaña Egas Jennifer.*

Para la gestión sobre la calidad del aire, la entidad educativa realizó una estimación sobre la huella de carbono que mantiene dentro del campus universitario y para considerar las variaciones realiza un informe anual sobre la calidad del aire y adicional desarrolla estrategias para minimizar el impacto ambiental que ciertas actividades desarrollan.

La calidad del aire dentro del campus es evaluada desde el año 2010 mediante monitoreos sobre gases tóxicos midiendo la concentración de algunos gases como lo son O<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, entre otros. Adicional se realizan estrategias para reducir el impacto sobre este enfoque como promover el uso de bicicletas, campañas sobre movilización en auto compartida, ampliación de puestos para bicicletas en parqueadero. (Universidad autónoma del Occidente, 2015)

El plan para la gestión y consumo de agua fue desarrollado para mantener un enfoque eficiente, ya que se realiza el procesamiento de filtración, desinfección y almacenamiento para la distribución del agua dentro del campus. Además, el filtrado de agua crudas para consumo, el tratamiento de aguas químicas, el reúso de aguas de lluvias y varias campañas

para promover la conciencia de uso del agua han ayudado significativamente en la disminución dentro de los últimos años.



**Figura N° 27.** Paneles solares en estacionamiento de la Universidad autónoma del Occidente. Información tomada desde <https://campussostenible.org/campus-sostenible-uao/>

### 3.5.2 Universidad Harvard (Cambridge, Massachusetts)

La universidad Harvard ubicada en Cambridge, Massachusetts desarrollo con ayuda de docentes y estudiantes el plan de sostenibilidad para reducir el impacto ambiental, la última versión activa comprende desde 2015 al 2020. En la actualidad mantiene una certificación LEED en 50 edificios dentro del campus.



**Figura N° 28.** Consumo del recurso hídrico en Universidad de Harvard en los últimos años. Información tomada desde <https://green.harvard.edu/>

En la actualidad mantiene una certificación LEED en 50 edificios dentro del campus. Mediante un estudio realizado, La universidad de Harvard llego a la conclusión que el 97% de contaminación parte de la calefacción y refrigeración de edificios dentro del campus. Por lo tanto, la certificación es un gran logro para la entidad educativa ya que así puede demostrar la disminución de índices de contaminación debido a su edificación amigable al medio ambiente.

Para minimizar el impacto sobre contaminación del aire se estableció como objetivo alcanzar la reducción de un 30% hasta el 2016 de emisiones de CO<sub>2</sub> y para el 2050 eliminar el 80% de emisiones.

El consumo de energía es otro de los aspectos valorados dentro de este sistema de gestión ambiental, por lo cual se realizan periódicamente auditorías energéticas para estimar el consumo y la distribución entre edificios. Dando así, una estimación del consumo para proponer estrategias y así reducir los índices.



**Figura N° 29.** Auditorias internas para verificar el consumo de energia en Universidad de Harvard. <https://green.harvard.edu/>.

Según la presidenta de la universidad Harvard indica que se puede fortalecer la misión de la investigación y enseñanza mediante el plan de sostenibilidad aplicado en el campus universitario dado que, el objetivo de sostenibilidad es un concepto muy desarrollado y variante. Por lo tanto, considera que se debe mantener un enfoque en constante desarrollo. (Gilpin, 2018).

**Tabla N° 6.** Componentes del SGA de la universidad de Harvard

Sistema de gestión ambiental de la Universidad de Harvard	
Componentes para un campus sostenible	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Académico e investigación</li> <li>• Cambio climático y energía</li> <li>• Participación de la comunidad</li> <li>• Edificios verdes</li> <li>• Salud y bienestar</li> <li>• Transporte</li> <li>• Residuos</li> <li>• Agua</li> <li>• Naturaleza y ecosistema</li> </ul>

Información tomada de <https://green.harvard.edu/>. Elaborado por Bajaña Egas Jennifer.

### 3.5.3 Universidad de Brown (Providence, Rhode Island)

La universidad de Brown que está situada en Providence, Rhode Island se suma al concepto de campus sostenibles y eco-amigable, tiene como principal gestión su programa “Brown is Green”, el cual impulsa a su comunidad universitaria sobre el cuidado ambiental, reduce los impactos negativos de sus gestiones diarias al medio ambiente, y minimiza el consumo de energía para así mantener un ambiente sano y limpio de gases de invernadero.



**Figura N° 30.** Emisiones de carbono de la universidad de Brown. Información tomada desde <https://www.brown.edu/sustainability/initiatives/energy>

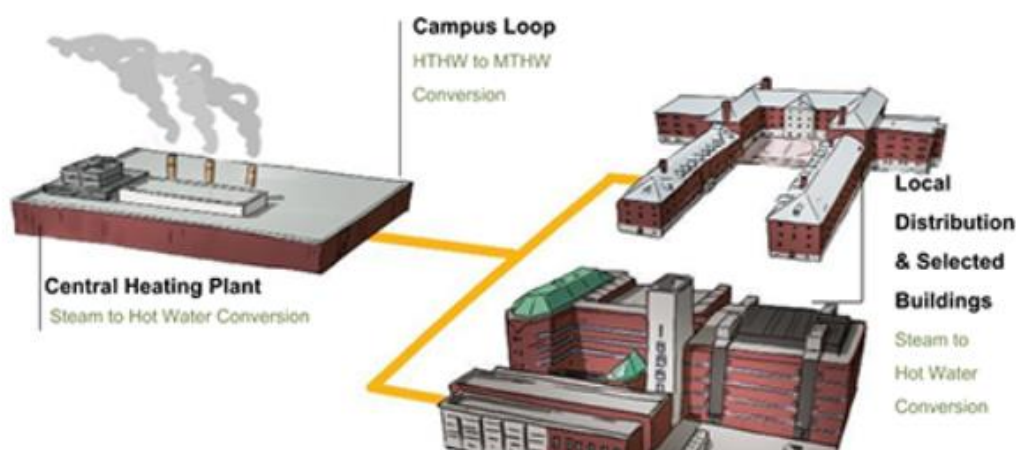
Brown mantiene como objetivo reducir hasta un 75% las emisiones de gases de invernadero propuesto para el 2025 y reducirlo totalmente en un 0% de presencia de gases de invernadero en el 2040 con ayuda de los programas que mantiene dentro de su sistema de gestión ambiental.

**Tabla N° 7.** Componentes del SGA de la universidad de Brown

Sistema de gestión ambiental de la Universidad de Brown	
Componentes para un campus sostenible	• Eficiencia energética
	• Residuos (reciclaje)
	• Conservación del agua
	• Calidad ambiental
	• Laboratorios verdes
	• Programa de transporte
	• Diseño y construcción de edificios
	• Alimentos y comedor

Información tomada de <https://www.brown.edu/sustainability/>. Elaborado por Bajaña Egas Jennifer.

Además, mediante un estudio se ha verificado una característica del campus sobre la eficiencia térmica que mantiene, esta se da mediante vapor. Por lo cual, esta entidad educativa mantiene el desarrollo de un programa para optimizar este proceso y eliminar la distribución de vapor reemplazándolo por distribución de agua caliente de temperatura media. Este proyecto fue desarrollado a partir del año 2017 para fortalecer la relación que se mantiene con el medio ambiente.



**Figura N° 31.** Proyecto de eficiencia térmica de la universidad de Brown. Información tomada desde <https://www.brown.edu/sustainability/initiatives/energy>

### 3.5.4 *Universidad autónoma de Madrid (Madrid, España)*

El programa denominado Ecocampus de la universidad autónoma de Madrid mantiene como principal objetivo mejorar la calidad ambiental que se mantiene dentro del campus universitario y la concientización ambiental de su comunidad universitaria para impulsar la participación en programas o estrategias para reducir impactos negativos al medio ambiente.

Desde el 2001 se mantiene generando varias actualizaciones de su sistema de gestión ambiental con la finalidad de minimizar los impactos negativos que generan las gestiones universitarias al ecosistema. Las líneas de actuación del programa Ecocampus fueron definidas con el fin de ser utilizadas al momento de implementar programas o proyectos que ayuden con la gestión ambiental del campus, se definen las siguientes:

- Gestión y cuidado ambiental
- Implicación de la comunidad universitaria
- Investigación académica para la sostenibilidad del campus
- Sociedad inducida al desarrollo ambiental

Mantiene como principales objetivos identificar las consecuencias negativas de la actividad universitaria, disminuir los niveles de presencia de dióxido de carbono, difundir el conocimiento y conciencia ambiental en su comunidad, reducir el consumo de recursos, reciclaje y mejorar su edificación.

**Tabla N° 8.** Componentes del SGA de la universidad autónoma de Madrid

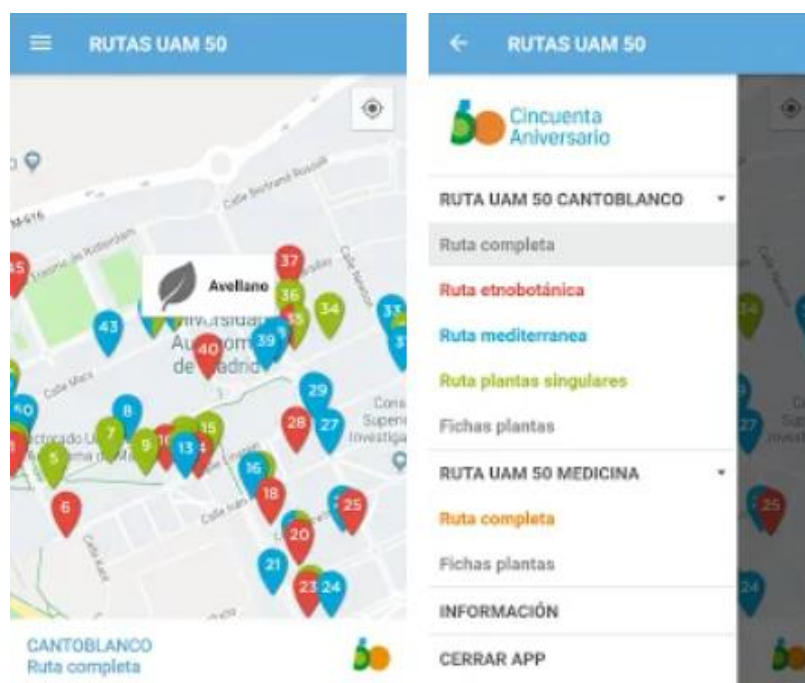
<b>Sistema de gestión ambiental de la Universidad Autónoma de Madrid</b>	
Componentes para un campus sostenible	• Biodiversidad y jardinería
	• Transporte y movilidad
	• Gestión y ordenación del campus
	• Edificación y calidad interior
	• Gestión del agua
	• Eficiencia energética
	• Contaminación y calidad ambiental
	• Gestión de residuos

*Información tomada de [http://www.uam.es/UAM/Ecocampus\\_presentacion/](http://www.uam.es/UAM/Ecocampus_presentacion/). Elaborado por Bajaña Egas Jennifer.*



La instalación de la unidad fotovoltaica de la universidad autónoma de Madrid es un gran impulso para minimizar el impacto ambiental sobre el consumo de energía, ya que esta procede a recolectar energía solar y transformarla en electricidad limpia. Se espera concluir la instalación de estas fuentes en un 50% en la parte superior o terrazas de la edificación del campus y gracias a esta gestión la universidad propone la reducción de 500 toneladas de emisiones sobre CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

El programa Rutas UAM 50 fue desarrollado con el fin de presentar a la comunidad universitaria una aplicación tecnológica tanto como para sistema operativo Android y IOS, el cual explica al usuario la descripción botánica de cuatro rutas de áreas verdes dentro del campus universitario. Se realizó la selección de 50 ejemplares de plantas, los cuales fueron divididos los cuatros rutas.



**Figura N° 32.** Interfaz de aplicación Rutas UAM 50 de la universidad autónoma de Madrid. Información tomada desde <http://www.uam.es/UAM/RutasUAM50?language=es&nodepath=RUTAS%20UAM%2050>

### 3.5.5 Universidad peruana de ciencias aplicadas (Lima, Perú)

La universidad peruana de ciencias aplicadas ubicada en Lima, Perú desarrollo un plan de gestión ambiental desde el año 2017, con el cual consiguió certificarse por la normativa ISO 14.001 a inicios del año 2020. Para recibir la certificación internacional mantuvo varios programas y proyectos iniciados por estudiantes y docentes de la entidad, los cuales mantuvieron varios enfoques ambientales como la gestión de desechos, el monitoreo de la calidad del aire, consumo del agua, entre otros.

La gestión de residuos sólidos es uno de los pilares para el sistema de gestión o control ambiental que ha implementado esta entidad educativa, debido a que son clasificados por basureros y se realiza periódicamente la capacitación de la comunidad universitaria para la separación de desechos sólidos y reciclaje.

El consumo del agua se ha reducido en un 40% debido a los varios proyectos implementados como grifos inteligentes y ahorradores y urinarios secos. La gestión energética se ve valorada por la implementación de un software inteligente que mide el consumo y cuáles son las fuentes donde ingresa mayor energía para así tomar medidas correctivas para minimizar el impacto.



**Figura N° 33.** Programa de reciclaje de Universidad peruana de ciencias aplicadas. Información tomada desde <https://www.upc.edu.pe/>

**Tabla N° 9.** Componentes del SGA de la universidad peruana de ciencias aplicadas

Sistema de gestión ambiental de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas	
Componentes para un campus sostenible	• Gestión del agua
	• Calidad del aire
	• Gestión de residuos sólidos
	• Gestión de energía
	• Gestión de efluentes
	• Capacitación y educación ambiental
	• Documentos y registros

Información tomada de <https://sica.upc.edu.pe/>. Elaborado por Bajaña Egas Jennifer.



### 3.6 UI GreenMetric World University Ranking

Publicación	Edición	Posición Mundial	Posición Europa	Posición España	Posición C.Valenciana	Nº de instituciones
2019	Ed.2019	122	59	10	2	780
2018	Ed.2018	112	50	10	2	719
2017	Ed.2017	178	77	14	4	619
2016	Ed.2016	28	19	3	1	516
2015	Ed.2015	152	47	10	1	407
2014	Ed.2014	170	60	10	1	360
2013	Ed.2013	179	113	10	1	301
2012	Ed.2012	127	48	6	1	215
2011	Ed.2011	76	25	3	1	178
2010	Ed.2010	44	16	3	1	95

**Figura N° 35.** Cantidad de participantes en UI GreenMetric World University Ranking. Información tomada desde <http://greenmetric.ui.ac.id>

Para el proceso de evaluación de una universidad sustentable ambientalmente, se consideran los siguientes indicadores en base al porcentaje de valoración estipulado por la entidad. Debido a la problemática que existe en la sociedad llamada contaminación ambiental es importante diferenciar las entidades o instituciones respetuosas al medio ambiente para tomarlas como ejemplo y así construir un ambiente social más limpio.

**Tabla N° 10.** Criterios para ingresar a UI GREEN METRIC

Criterios a considerar para ingresar a UI GREEN METRIC	
Criterios	Porcentaje
Entorno e infraestructura	15%
Energía y cambio climático	21%
Residuos	18%
Agua	10%
Transporte	18%
Educación e investigación	18%

Información adaptada de <http://greenmetric.ui.ac.id/criteria-indicator/>. Elaborado por Bajaña Egas Jennifer.

**Tabla N° 11. Indicadores para ingresar a UI GREEN METRIC**

<b>Indicadores a considerar para ingresar a UI GREEN METRIC</b>	
<b>Criterio</b>	<b>Indicadores</b>
Entorno e infraestructura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presupuesto universitario</li> <li>• Área verde/área total</li> <li>• Área abierta/población</li> <li>• Área de vegetación plantada</li> <li>• Área de absorbancia del agua</li> <li>• Área de bosques</li> </ul>
Energía y cambio climático	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de electrodomésticos de bajo consumo</li> <li>• Smart buildings</li> <li>• Energía renovable</li> <li>• Uso de electricidad/población</li> <li>• Energía renovable producida/uso de energía</li> <li>• Políticas de construcción y renovación de edificios ecológicos</li> <li>• Reducción de gases invernadero</li> <li>• Huella de carbono/población</li> </ul>
Residuos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa de reciclaje</li> <li>• Programa para reducir uso de papel y plástico</li> <li>• Proceso de residuos orgánicos</li> <li>• Proceso de residuos inorgánicos</li> <li>• Manipulación de desechos tóxicos</li> <li>• Disposición de alcantarillado</li> </ul>

---

Agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reciclaje del agua</li> <li>• Uso de elementos inteligentes</li> <li>• Programa de reciclaje de agua</li> <li>• Programa para conservar el agua</li> </ul>
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vehículos totales/población</li> <li>• Servicio de transporte</li> <li>• Política de vehículos de emisión cero (ZEV)</li> <li>• Vehículos (ZEV)/población</li> <li>• Estacionamiento/área total del campus</li> <li>• Iniciativas para reducción vehículos privados</li> <li>• Políticas de caminos peatonales</li> </ul>
Educación e investigación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cursos de sostenibilidad/asignaturas</li> <li>• Financiación de la investigación sobre sostenibilidad/financiación de la investigación total</li> <li>• Publicaciones académicas de sostenibilidad ambiental</li> <li>• Eventos académicos de sostenibilidad ambiental</li> <li>• Organizaciones estudiantiles relacionadas a la sostenibilidad ambiental</li> <li>• Sitio web con información de la universidad</li> <li>• Informes de sostenibilidad</li> </ul>

---

*Información adaptada de <http://greenmetric.ui.ac.id/criteria-indicator/>. Elaborado por Bajaña Egas Jennifer.*

### 3.7 Análisis comparativo de tecnologías

La forma en como transferir o compartir información es muy importante dentro de un sistema ya que, al definir la manera de transmisión, se determina la velocidad, cobertura y capacidad de la eficiencia en un sistema. En el mercado de las telecomunicaciones, se mantienen varias tecnologías inalámbricas para la transmisión de datos.

En la actualidad, estas son consideradas en base a las necesidades del sistema que se pretende implementar, por este motivo estimar la cobertura, alcance, velocidad, ventajas, costos y seguridad tiene un gran peso cuando hablamos de tecnologías como Zigbee, Wifi o WiMax. Por lo tanto, se considera que para una red inalámbrica sensorial dirigida para el monitoreo o control ambiental es recomendable operarlo bajo el protocolo Zigbee.

A continuación, se justifica la elección de la tecnología basado en una tabla comparativa dada con otras opciones similares.

**Tabla N° 12.** Análisis comparativo de tecnologías inalámbricas

Característica	Zigbee	Wifi	WiMax
<b>Estándar</b>	802.15.4	802.11.x	802.16
<b>Banda</b>	868 MHz y 2.4 GHz	2.4 y 5.4 GHz	2.5 y 3.5 MHz
<b>Cobertura</b>	1M-100M	1M-100 M	1M-50 KM
<b>Velocidad</b>	250 KBPS	54 MBPS	70 MBPS
<b>Nivel de coste</b>	Bajo	Bajo	Alto
<b>Consumo de energía</b>	Bajo	Alto	Medio
<b>Nodos/máster</b>	64.000 nodos	32 nodos	2.048 nodos

*Información tomada de Investigación teórica del estudio. Elaborado por Bajaña Egas Jennifer.*

De acuerdo con la información presentada en el análisis y comparativa de tecnologías inalámbricas, Zigbee se considera el tipo de tecnología más adecuado para un monitoreo de control ambiental sensorial, debido al bajo consumo de energía, elevada capacidad para conexión de nodos, bajo coste y a su alta accesibilidad en el mercado tecnológico.

### 3.8 Análisis de microcontroladores para redes inalámbricas sensoriales

El microcontrolador es el encargado de procesar y ayudar a enviar la información recopilada por el sensor sobre niveles de dióxido de carbono en el aire donde este situado

cada nodo. Este se acopla con el elemento declarado para la transmisión inalámbrica de datos y el sensor. El microcontrolador debe estar situado en cada nodo sensorial de la red inalámbrica ya que será dependiente de los otros elementos.

En base a las características, necesidades, disponibilidad en el mercado y tipo de otros elementos al cual será dependiente se procede a seleccionar la mejor opción a elegir para posicionarlo como microcontrolador en esta propuesta.

Se realiza un análisis comparativo entre dos placas consideradas populares en el mercado tecnológico, entre las cuales se elige la placa Arduino debido a las varias ventajas que mantiene como son precio, acoplamiento y disponibilidad en el mercado.

**Tabla N° 13.** Análisis comparativo de microcontroladores para redes inalámbricas

<b>Característica</b>	<b>Arduino</b>	<b>Raspberry</b>
<b>Fabricante</b>	Arduino	Raspberry pi foundation
<b>Modelo</b>	Arduino uno	Raspberry pi 3 modelo b
<b>Tamaño</b>	75.14 x 53.51 x 15.08mm	85 x 56 x 17mm
<b>RAM</b>	2 kb	1 gb
<b>Procesador</b>	Atmega 328	Arm cortex-a53
<b>Flash</b>	32kb	Tarjeta sd
<b>Acoplamiento</b>	Sus componentes y sensores funcionan integrada	Requiere librerías y software para interactuar con sensores
<b>Disponibilidad en mercado</b>	Alta	Alta
<b>Costo</b>	\$15	\$60

*Información tomada de Investigación teórica del estudio. Elaborado por Bajaña Egas Jennifer.*

### 3.9 Análisis comparativo de sensores

La pieza fundamental de una red para monitorear los niveles de CO<sub>2</sub> son los sensores que son los principales elementos activos dentro de este sistema. El mercado tecnológico brinda varias opciones de sensores de detección de CO<sub>2</sub> entre estos se mantienen: NAP-21AA, MG-811, TGS4160. Los cuales se consideran lo más adecuados para implementación de un sistema de monitoreo de CO<sub>2</sub> debido a que son adaptables a diferentes microcontroladores.

Posteriormente, se detalla una tabla comparativa donde se verifican características de estos tipos de sensores eligiendo el sensor MG-811 el más correspondiente y óptimo de

una red de monitoreo sensorial debido a que es altamente sensible ante la presencia de gases CO<sub>2</sub>, mantiene temperatura promedio en proceso en operación, precio accesible y adecuado consumo de energía.

**Tabla N° 14.** *Análisis comparativo de sensores para detección de CO<sub>2</sub>*

<b>Característica</b>	<b>Nap-21aa</b>	<b>Mg-811</b>	<b>Tgs4160</b>
<b>Fabricante</b>	Neomoto	Hanwei electronic	Figaro
<b>Concentración de gas</b>	400-8000 ppm	350-10000 ppm	350-10000 ppm
<b>Disponibilidad en el mercado</b>	Baja	Media	Baja
<b>Coste</b>	Aprox. \$ 70	Aprox. \$ 60	Aprox. \$ 100
<b>Dependencia de humedad</b>	Baja	Baja	Baja
<b>Temperatura en operación</b>	-10 a + 50 °c	-20 a + 50 °c	-10 a + 50 °c
<b>Voltaje</b>	1.8 +/- 0.2v	6.0 +/- 0.1v	5.0 +/- 0.2v (dc)

*Información adaptada de Investigación teórica del estudio. Elaborado por Bajaña Egas Jennifer*

### **3.10 Sistema de gestión ambiental para un campus inteligente**

La gestión ambiental es de vital importancia dentro de un espacio definido o de una ciudad completa ya que evalúa y considera los impactos negativos de las actividades que se realizan dentro del lugar al medio ambiente con el fin de desarrollar programas o tareas para mantener un lugar sostenible ambientalmente.

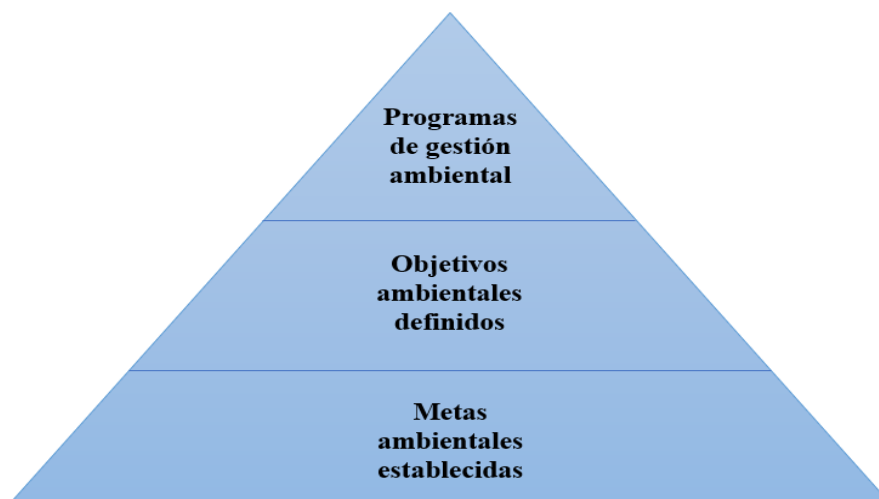
El sistema de gestión ambiental busca monitorear las actividades que se desarrollan para cumplir con las gestiones y evaluar el balance ecológico que existe entre estas.

Es importante estimar la implementación de un sistema de gestión ambiental dentro de un campus universitario, el cual promueva la conciencia ambiental de sus usuarios como los son los estudiantes, docentes, personal administrativo y de servicio; ya que al considerar una Smart campus como una ciudad inteligente a escala se mantiene la necesidad de cumplir ciertos parámetros para efectuar el concepto de universidad sostenible ambientalmente.

Inicialmente se debe garantizar el compromiso de la entidad con la gestión ambiental, luego se genera un sistema que acoja todos los aspectos ambientales definidos estipulando

objetivos. Adicional, considerar auditorías internas es un gran apoyo para verificar el cumplimiento del modelo.

Al estipular un modelo de gestión ambiental es fundamental establecer la relación de la participación de estudiantes y directivas para que, en conjunto, se establezcan objetivos y metas reales garantizando el cumplimiento de corto y largo plazo mediante proyectos y programas que involucren a la comunidad universitaria.



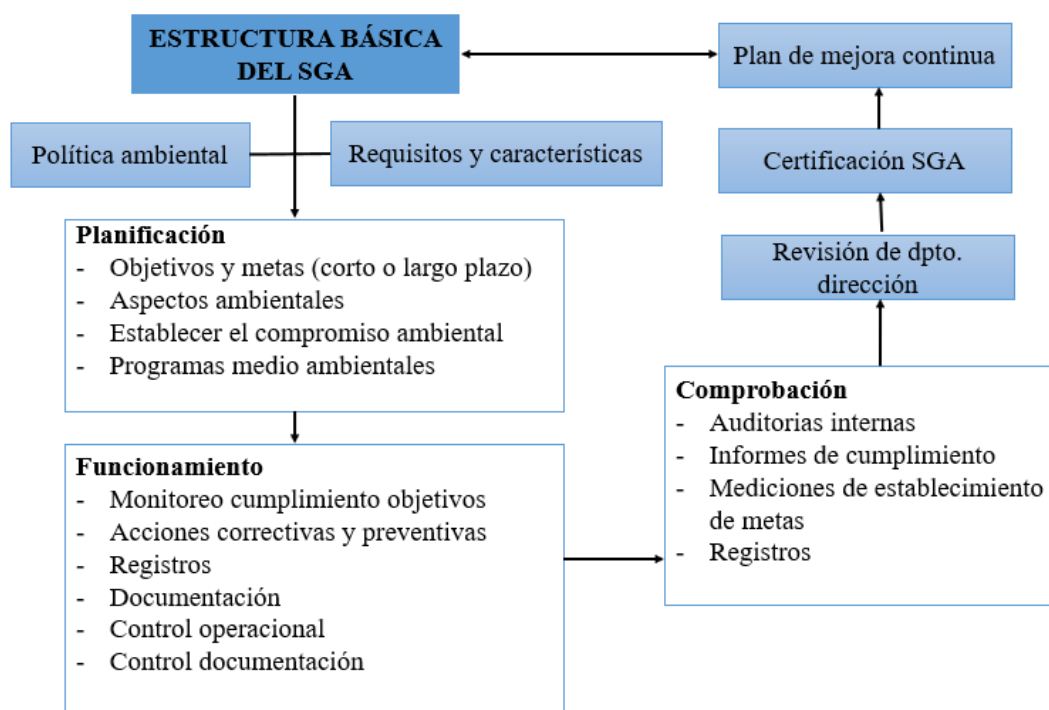
**Figura N° 36.** Pirámide de la gestión ambiental. Información tomada de Investigación teórica del estudio. Elaborado por Bajaña Egas Jennifer.



**Tabla N° 15. Etapa del sistema de gestión ambiental***Información adaptada de Investigación teórica del estudio. Elaborado por Bajaña Egas Jennifer.*

<b>Etapas del sistema de gestión ambiental: Plan de mejora continua</b>			
<b>Planificar</b>	<b>Ejecutar</b>	<b>Comprobar</b>	<b>Ajustar</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer el compromiso ambiental de la entidad educativa</li> <li>• Definir objetivos y metas (corto y largo plazo)</li> <li>• Identificar aspectos ambientales a considerar dentro de plan ambiental</li> <li>• Planificar programas de gestión medioambiental</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Documentación correspondiente de gestión ambiental</li> <li>• Control de la operación del proceso</li> <li>• Control de la documentación a realizar</li> <li>• Estructura organizacional sobre operadores</li> <li>• Asignación de tareas para el proceso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auditorías internas para verificar sistema de gestión ambiental</li> <li>• Monitoreo para controlar la desviación de objetivos</li> <li>• Registros</li> <li>• Acciones correctivas y preventivas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión de dpto. De alta dirección para verificar eficacia del sistema</li> <li>• Establecer enfoques para mejora continua, en caso de que se requiera</li> </ul>

El sistema de control ambiental debe ser estudiado y analizado para comprobar la mejora continua del plan, debido a esto es importante evaluar los procesos como planificar, ejecutar, comprobar y ajustar para asegurar el crecimiento de la institución.



**Figura N° 37.** Estructura básica del sistema gestión ambiental. Información tomada de Investigación teórica del estudio. Elaborado por Bajaña Egas Jennifer

### 3.11 Características de un SGA para un campus inteligente

La principal característica para realizar el funcionamiento de un sistema de gestión ambiental es establecer el uso de recursos y una estructura organizacional de participantes con la idea de que sea una directiva que liderará el plan ambiental de la entidad educativa. En esta estructura, se realizará la asignación de tareas, el análisis de enfoques y el estudio de decisiones para la permitir la eficacia de este proceso.

Para definir el funcionamiento de un sistema ambiental es realmente importante establecer una estructura de la misma, en este estudio se realizó una comparativa para verificar el modelo a seguir más adecuado y alinearlo correctamente a una normativa. ISO 14001 es el modelo más adecuado para enfoque de un sistema de gestión ambiental. Por lo tanto, en base a esta normativa, se define las siguientes características:

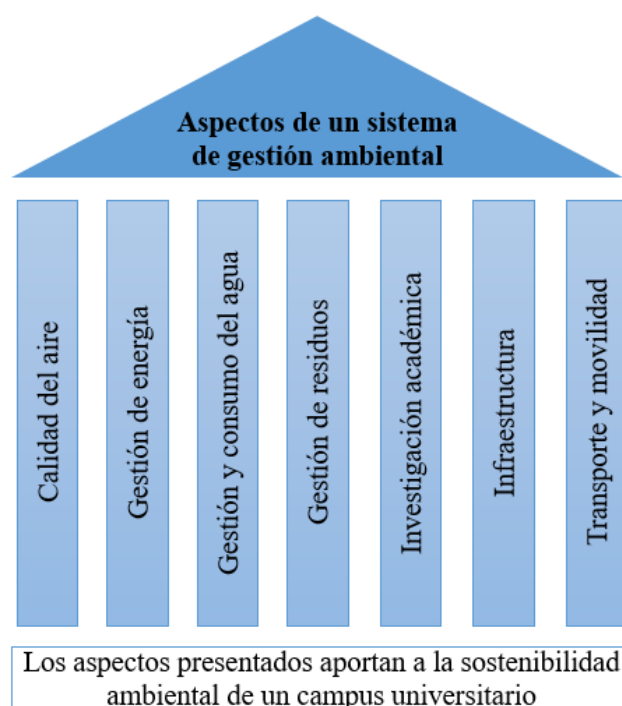
- Fijas objetivos alcanzables del plan ambiental
- Definir metas ambientales (a corto y largo plazo)
- Establecer la política ambiental adecuada a las metas, nivel del compromiso y necesidades de la empresa con la gestión ambiental

- Identificar los aspectos o indicadores ambientales donde se reflejen procesos con impactos ambientales
- Planificar programas que impulsen la gestión ambiental o proyectos que promueva la investigación académica y participación de la comunidad universitaria

### 3.12 Indicadores de un SGA para un campus inteligente

Es primordial para un sistema de gestión y/o control ambiental la identificación de los indicadores debido a que estos ayudan a evaluar diferentes áreas o enfoques que pueden generar impactos ambientales. Los aspectos ambientales están considerados desde el manejo de desechos hasta los niveles de consumo de recursos incluidos dentro de los procesos o gestiones que realice la universidad.

En base al estudio realizado, se presenta en la figura N° 38 los aspectos o indicadores ambientales para un sistema de gestión ambiental en un campus universitario:



**Figura N° 38.** Indicadores de un sistema de control ambiental para un campus universitario. Información tomada de Investigación teórica del estudio. Elaborado por Bajaña Egas Jennifer

### 3.13 Objetivos por indicadores de un SGA para un campus inteligente

Al definir los aspectos de análisis para el sistema de control ambiental, es importante tener una referencia con respecto a los objetivos a alcanzar considerando el compromiso ambiental de la institución ya que el cumplimiento de estos objetivos será indispensable al optar por una certificación ambiental. Para alcanzar estos objetivos, la institución debe pensar y considerar planificar estrategias o programas que impulsen el bienestar social y ambiental de la entidad educativa.

Realizando una comparativa sobre los casos de estudio de universidades con SGA en curso y analizando el impacto ambiental que genera cada indicador, se presenta los objetivos a alcanzar dentro de cada aspecto estimado dentro del sistema de control ambiental para un campus universitario.

**Tabla N° 16.** Objetivos de un sistema de control ambiental para un campus universitario

Indicador	Objetivos
Calidad del aire	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir la huella de carbono</li> <li>• Monitorear los niveles de gases tóxicos</li> <li>• Controlar el ruido en el aire</li> </ul>
Gestión de energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usar eficientemente la energía</li> <li>• Medir el consumo de energía/edificio</li> </ul>
Gestión y consumo del agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimizar el consumo del agua</li> <li>• Usar eficientemente el agua</li> <li>• Identificar zonas de pérdidas de agua</li> </ul>
Gestión de residuos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Separar los tipos de residuos</li> <li>• Reciclaje</li> <li>• Capacitación para la separación de residuos</li> </ul>
Investigación académica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incentivar a estudiantes al desarrollo de propuestas ambientales tecnológicas</li> <li>• Implementar innovación en procesos establecidos</li> </ul>

---

Infraestructura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminuir los elementos no eco amigables para construcción de edificios</li> <li>• Implementar smart building</li> <li>• Normativas ambientales para nuevas construcciones</li> </ul>
Transporte y movilidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medir la cantidad de vehículos</li> <li>• Promover el uso de bicicletas</li> <li>• Ampliar el área de parqueadero para bicicletas</li> </ul>

---

*Información adaptada de Investigación teórica del estudio. Elaborado por Bajaña Egas Jennifer.*

### **3.14 Propuesta para evaluar la calidad del aire**

En base a la investigación teórica, se llegó a la conclusión que el aspecto de calidad del aire es una de las prioridades a analizar dentro de un sistema de gestión medioambiental, debido a la relación que existe entre calidad del aire y la salud de la comunidad universitaria (estudiantes, docentes, personal administrativo y de servicio).

La contaminación ambiental dentro de un campus universitario puede ser producido por vehículos que circulan dentro del campus y por la ubicación donde se mantiene el campus (factores externos, ciudad desarrollada).

Se ha demostrado en estudios médicos, que los altos índices de contaminación pueden interferir en la salud de personas que se ubiquen sobre las áreas afectadas por concentración de CO<sub>2</sub>. Se propone los siguientes enfoques a revisar o impulsar dentro del indicador calidad del aire:

- Reducir la huella de carbono
- Monitorear los niveles de gases tóxicos
- Controlar el ruido del aire

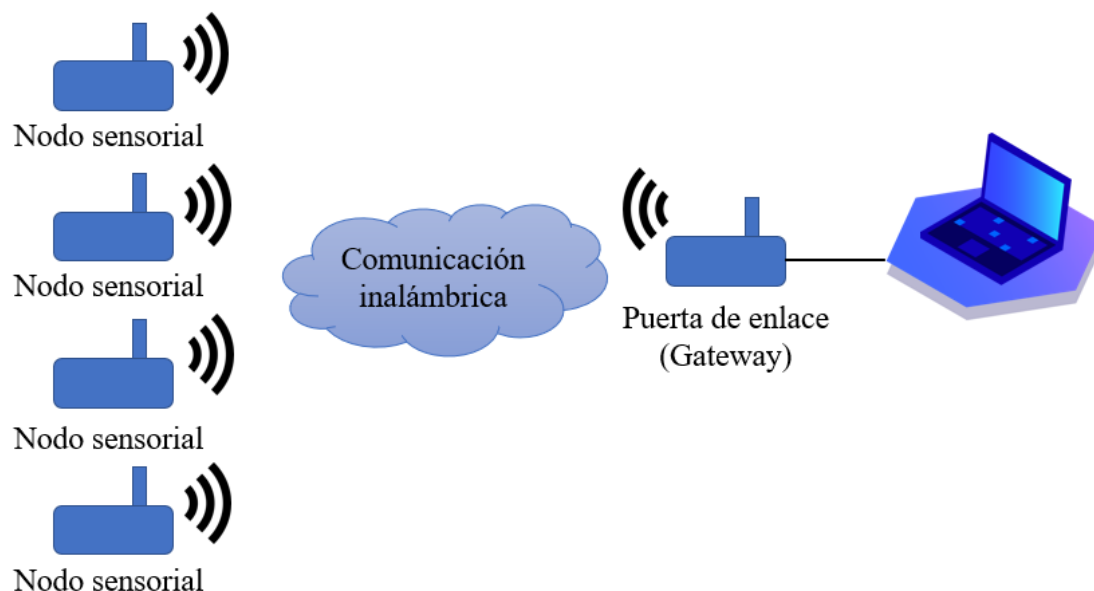
Por lo tanto, se propone una red inalámbrica sensorial para establecer los índices de presencia sobre gases contaminantes.

### 3.14.1 Estructura general para una red inalámbrica sensorial

Las redes inalámbricas sensoriales generalmente mantienen una estructura similar entre estas, independientemente del campo de aplicación o su función establecidas por el desarrollador. La estructura general se basa definiendo los siguientes elementos dentro del sistema:

- Nodo sensorial
- Gateway (Puerta de enlace)
- Estación base

Donde los nodos sensoriales constituyen el acoplamiento entre el sensor encargado de la detección de CO<sub>2</sub> y el módulo inalámbrico Zigbee mediante el microcontrolador que se encarga de procesar la información recopilada por el sensor y los envía por el estándar de comunicación inalámbrica Zigbee hacia el Gateway, el cual está conectado directamente con la estación base donde se estima las cantidades de detección y se presentan los resultados finales de una área determinada donde están ubicados estratégicamente los nodos sensoriales.



**Figura N° 39.** Esquema de red inalámbrica sensorial para detección de CO<sub>2</sub>. Información tomada de Investigación teórica del estudio. Elaborado por Bajaña Egas Jennifer

### 3.15 Propuesta para la gestión de energía

El consumo de energía dentro de un campus universitario es realmente elevado, ya que es un consumo de básica necesidad. Al mantener una concentración de personas

generando varias gestiones o tareas diarias y el uso necesario de equipos eléctricos influyen en el consumo de este recurso.

Para evaluar en que rango se mantiene la gestión energética de un campus universitario, se debe identificar el consumo eléctrico por edificio valorando varios aspectos como son la alimentación energética de centros de cómputos, acondicionamiento de aires y las áreas de iluminación las cuales son identificadas como las variables de más alto consumo dentro de un campus universitario.

Adicional algo que se debe estimar es el porcentaje de iluminación aplicado en tecnología LED, ya que puede brindar varias ventajas como: proveer más luz con menos potencia, mantener más tiempo de duración y material reciclable. Dentro de este estudio, se definen los siguientes proyectos como ayuda para la gestión energética dentro de un campus universitario:

- Sistema fotovoltaico solar
- Implementación de Smart Building
- Cambio de iluminación fluorescente a LED
- Bombillas ahorradoras con tecnología LED

Para reducir el impacto ambiental sobre el consumo de energía se propone un sistema fotovoltaico solar, el cual mantenga unidades instaladas estratégicamente para aprovechar la energía natural que provee el sol.

### ***3.15.1 Estructura general de un sistema fotovoltaico solar***

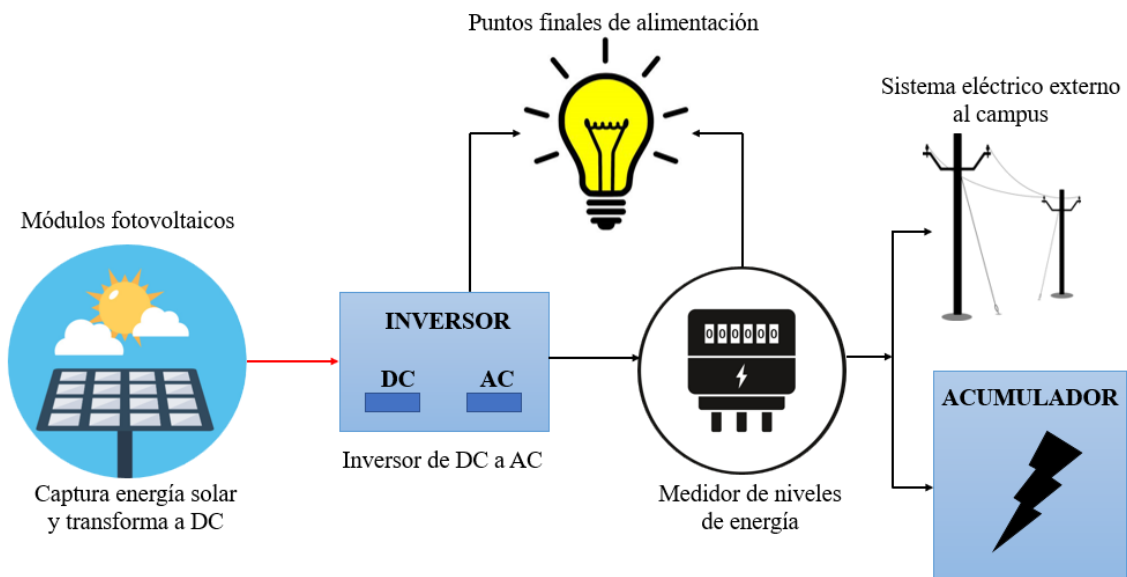
La transformación de energía solar a energía eléctrica es la principal función de sistema fotovoltaico solar. Aprovechar la energía natural solar es una ayuda para contribuir a un ambiente más limpio, ya que el consumo de energía eléctrica puede producir generación de desechos o fluctuaciones que sean nocivas para la calidad ambiental.

Es necesario ampliar el sistema fotovoltaico poco a poco para reducir el impacto ambiental que puede producir el consumo de energía dentro de un campus universitario. Instalando los módulos de recolección de energía solar estratégicamente en puntos para aprovechar 100% los rayos del sol. Los componentes para implementar un sistema fotovoltaico solar se definen en los siguientes:

- Módulos fotovoltaicos
- Inversor DC-AC

- Medidor
- Puntos finales de alimentación de energía
- Acumulador (opcional)

Donde los módulos fotovoltaicos se encargan de recolectar los rayos del sol y transformarlos en corriente directa (DC), luego esta energía es movilizada a una unidad llamada inversor, el cual comprende la transformación de corriente directa (DC) a corriente alterna (AC). La misma es suministrada a los diferentes puntos de alimentación de energía para que pueda ser consumida por los usuarios. El exceso de AC es verificado por un medidor, por lo tanto, la misma puede ser enviada a un acumulador de energía que ayuda a alimentar en sistema eléctrico interno cuando no hay luz directa del sol y no se puede realizar el proceso de transformación o puede ser enviada al sistema eléctrico externo para ayudar en otros puntos finales que se requieran.



**Figura N° 40.** Esquema de un sistema fotovoltaico solar<sup>2</sup>. Información tomada de Investigación teórica del estudio. Elaborado por Bajaan Egas Jennifer

### 3.16 Propuesta para la gestión y consumo del agua

El consumo del agua en un campus universitario se da desde baños hasta el consumo para riego en áreas verdes. Lograr el uso eficiente del agua es uno de los objetivos para un sistema de control ambiental debido al alto consumo de este recurso en un campus universitario.



Es necesario realizar un estudio para verificar cuales son los edificios o áreas de alto consumo del recurso para realizar la planeación de medidas preventivas o correctivas y así realizar un eficiente uso del agua. Se propone los siguientes enfoques a revisar o impulsar dentro del indicador gestión de agua:

- Tratamiento de agua (procesos de filtraciones)
- Recolección de agua lluvias
- Implementar elementos inteligentes (grifos, inodoros)
- Identificar zonas de pérdidas de agua

Para la gestión del agua, se recomienda la implementación de elementos inteligentes dentro de los baños como son los grifos inteligentes para evitar las llaves abiertas y el despilfarro de agua.

El recolectar el agua que proviene de las lluvias se puede dar implementando un sistema de recolección desde las edificaciones o puntos estratégicos para almacenar este recurso y a su vez, puede ser usada para el riego de áreas verdes.

### ***3.16.1 Estructura general de sistema de recolección aguas lluvias***

Las aguas lluvias son recursos naturales que pueden ser destinadas para los diferentes consumos de este líquido vital a diferentes áreas de un campus universitario. Pueden ser destinadas para el riego de áreas verdes, para el uso de desechos sólidos o líquidos en inodoros ubicados en los baños de una universidad, entre otros que no sean para el consumo humano.

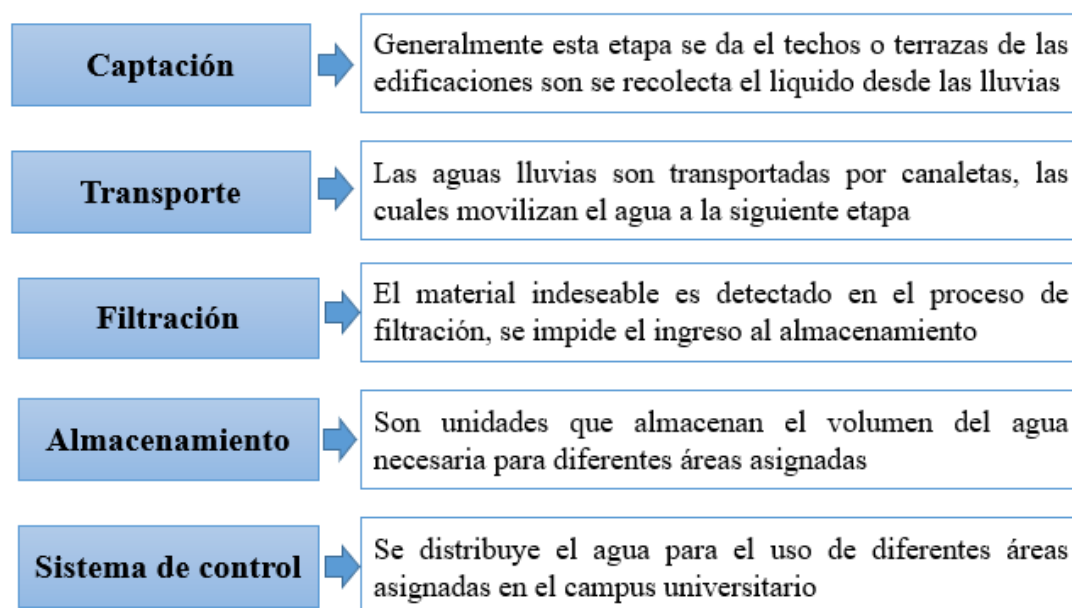
Por lo tanto, implementar un sistema de recolección para aguas lluvias mantiene diferentes ventajas ya que puede realizar funciones automáticas dependiendo de la estructura del diseño sin necesidad de utilizar recursos humanos.



**Figura N° 41.** Proceso establecido para recolección de aguas lluvias. Información tomada de Investigación teórica del estudio. Elaborado por Bajaña Egas Jennifer

El objetivo de este sistema es reducir de manera económica los gastos producidos por el consumo del agua en las instalaciones del campus ya que las agua lluvias es un recurso natural, el cual no es aprovechado debidamente. Al mantener un enfoque ambiental dentro

de este estudio, es necesario implementar propuestas amigables con el medio ambiente y con una producción rentable.



**Figura N° 42.** Etapas del proceso de aguas lluvias. Información tomada de Investigación teórica del estudio. Elaborado por Bajaña Egas Jennifer

### 3.17 Propuesta para la gestión de residuos

En un campus universitario, debido a la concentración de personas el problema de la generación de residuos sólidos será un problema constante, debido a esto, es importante controlar y minimizar el impacto ambiental que esto genera en el medio ambiente. Por lo tanto, se debe generar estrategias e impulsar el conocimiento de la correcta actitud de la comunidad universitaria para calificarnos como una entidad educativa respetuosa con el medio ambiente. Se propone los siguientes enfoques a revisar o impulsar dentro del indicador gestión de residuos:

- Implementar infraestructura para separación de residuos en puntos estratégicos del campus
- Capacitar a la comunidad universitaria sobre la generación de residuos
- Fomentar el reciclaje dentro y fuera del campus universitario
- Promover campaña 3R (reducir, reciclar, reutilizar)
- Reducir el uso de papel y plástico en el campus universitario

### 3.17.1 Estructura general de contenedores inteligentes de basura

Promover el respeto al medio ambiente exige una serie de actividades o programas a realizar, en los cuales impulsar la conciencia ambiental de la comunidad universitaria y el conocimiento de la problemática persistente llamada contaminación necesitan ser dadas para toda la población ubicada dentro de las instalaciones del campus. La técnica que se ha venido practicando hace varios años es el reciclaje de residuos, la cual puede convertirse hasta en una plaza de trabajo para personas de bajos recursos. Los tipos de desechos para un campus universitario generalmente se basarían en los siguientes puntos:

- Desechos orgánicos
- Desechos de cartón/papel
- Desechos de vidrio
- Desechos de plásticos

Por lo tanto, promover el reciclaje mediante una clasificación de desechos impulsados por contenedores diferentes en la mejor manera de realizar la separación de desechos.

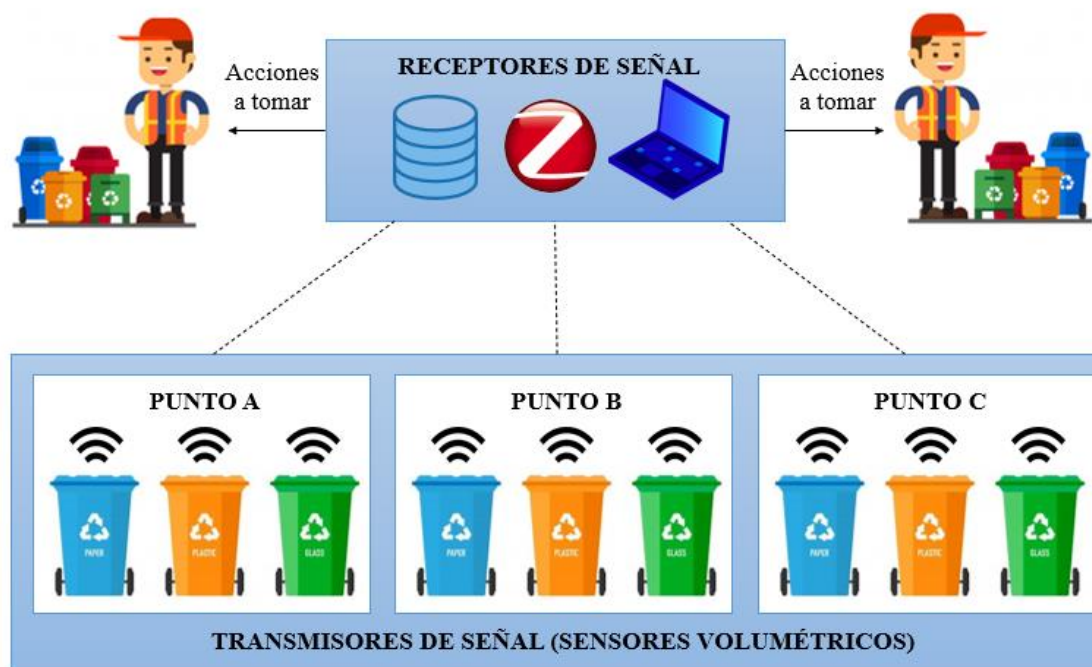


**Figura N° 43.** Clasificación de desechos mediante contenedores. Información tomada de <https://tomi.digital/es/34817/que-hago-con-las-basuras>. Elaborado por Ruth Marina Guerrero

Ahora bien, la iniciativa para la clasificación de desechos se da por los contenedores de colores, pero la problemática se da cuando no se realiza la recolección a tiempo de la basura, el cual produce contenedores llenos o rebosados por desperdicios, donde puede afectar directamente a la clasificación de desechos. Por lo tanto, se propone los contenedores inteligentes, los mismos que estarán bajo un control de recolección mediante el aviso de sensores volumétricos.

Los contenedores inteligentes envían impulsos o señales a un sistema receptor para avisar que están llenos de desperdicios, el cual solicita ser retirado o aliviado por el personal mantenimiento o servicio de la institución, así podemos evitar los tachos llenos y mantener un control sobre el alivio de desperdicios en los contenedores.

Para verificar a cantidad de desechos que existen en el contenedor, se propone utilizar el sensor HC-sr04, el cual es compatible con la plataforma Arduino. Este modelo de sensor analiza la distancia hasta un objeto final ubicado frente a él, donde envía una onda ultrasónica hacia el objeto, luego rebota de nuevo al sensor. De esta manera, el sensor calcula el tiempo tomado por la onda desde que es enviada, luego rebota y vuelve a su lugar de emisión. (Components 101, 2017)



**Figura N° 44.** Esquema de un contenedor inteligente. Información tomada de Investigación teórica del estudio. Elaborado por Bajaña Egas Jennifer

El funcionamiento de este sensor básicamente es la utilización de la siguiente fórmula:

$$Velocidad (v) = \frac{Distancia (d)}{Tiempo (t)}$$

Donde, al despejar la variable desconocida, la cual es distancia que existe entre el sensor y el objeto, se transforma en la siguiente fórmula:

$$Distancia(d) = Velocidad(v) \times Tiempo(t)$$

Dado, que el sonido viaja a una velocidad de 343 metros/segundo, el sensor tomara la fórmula:

$$Distancia(d) = \left(343 \frac{m}{s}\right) \times Tiempo(t)$$



**Figura N° 45.** Funcionamiento del sensor ultrasónico HC-sr04. Información tomada de <https://components101.com/ultrasonic-sensor-working-pinout-datasheet>. Elaborado por Components 101

### 3.18 Propuesta para la investigación académica

Al implementar un sistema de gestión ambiental, se debe relacionar a la comunidad universitaria sobre el avance que realiza el sistema dentro del campus universitario. Promover la investigación para nuevas soluciones tecnológicas o incentivar la creación de proyectos inteligentes ayuda a la visión tecnológica de la universidad. El reconocimiento como entidad respetuosa con el medio ambiente puede ser inducido por la información presentada sobre estudios o avances para el aspecto ambiental del campus. Por lo tanto, se define los siguientes puntos para favorecer el indicador de investigación académica dentro de un sistema de gestión y/o control ambiental de un campus universitario:

- Publicaciones académicas sobre aspecto ambiental
- Incentivar proyectos a implementar sobre Smart campus
- Fomentar el estudio de nuevas tecnologías para adecuarlas sobre un Smart campus
- Eventos académicos relacionados sobre la sostenibilidad y el medio ambiente del campus universitario
- Sitio web que represente la gestión ambiental de la universidad
- Informes actualizados publicados que justifiquen los avances tecnológicos ambientales logrados por la universidad

### 3.18.1 Estructura general de un sitio web

Dada la problemática de generaciones llamada contaminación, es importante tomar conciencia ambiental y promover un cambio para mitigar ciertas gestiones que producen contaminación al medio ambiente. Las universidades son las principales fuentes de generación de soluciones debido a la cantidad de profesionales que se forman dentro de las instalaciones.

Debido a esto, promover la investigación para nuevas soluciones tecnológicas o incentivar la creación de proyectos inteligentes para ayudar al crear un ambiente limpio es una gran iniciativa para formar profesionales con visión tecnológica. Para posicionar una IES como un ejemplo a seguir como institución respetuosa al medio ambiente e inteligente es importante presentar los avances realizados en planes ambientales, las acciones a tomar para reducir la contaminación. Por lo tanto, la creación de un sitio web que refleje el enfoque de universidad sostenible ambientalmente es una ayuda de presentarse a la comunidad como un ejemplar.

Un claro ejemplo de un sitio web sobre una universidad sustentable es la universidad de Harvard, en esta página se presenta el compromiso que mantiene con el medio ambiente mediante la planificación de programas donde se consideran varios enfoques o indicadores ambientales.



**Figura N° 46.** Interfaz de página sobre sostenibilidad ambiental de la Universidad de Harvard. Información tomada de <https://green.harvard.edu/>. Elaborado por Harvard University



La universidad de Brown mantiene un sitio web donde se presentan sus objetivos y metas de corto o largo plazo a cumplir, las estrategias y los planes ambientales que mantienen implementados para la correcta gestión de sistema de control ambiental y a su vez caracterizarse como una institución amigable al ecosistema.

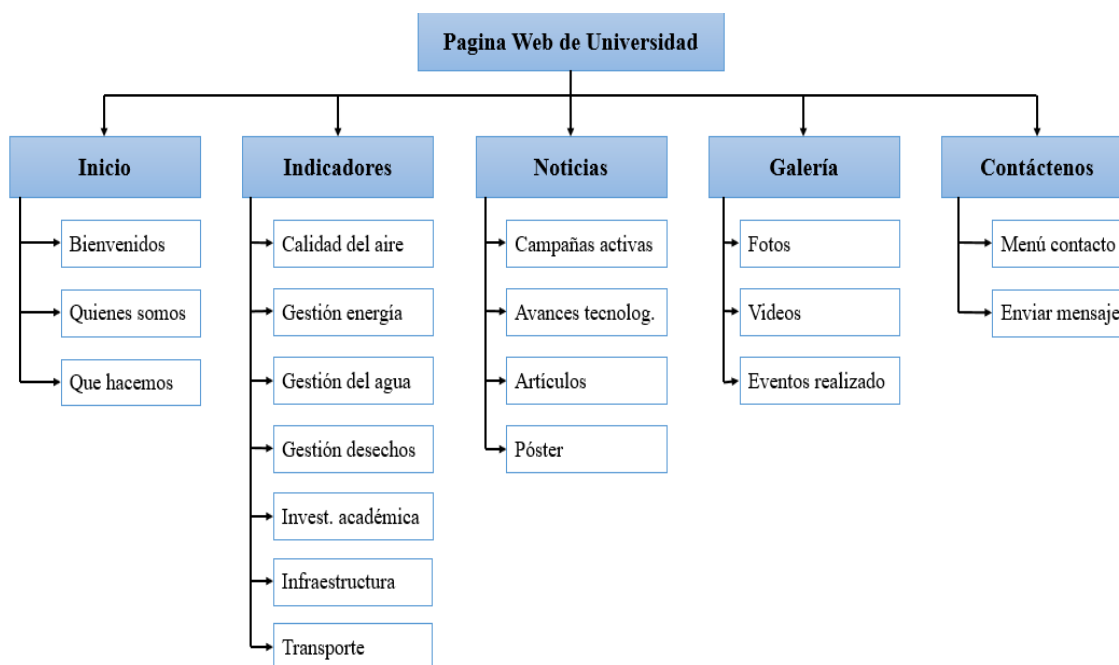


## Sostenibilidad en Brown

Bienvenido al hogar en línea de la Oficina de Sustentabilidad de Brown, donde puede encontrar información sobre los programas de sustentabilidad de la Universidad y los

Anuncios

**Figura N° 48.** Interfaz de página web sobre sostenibilidad ambiental de la Universidad de Brown. <https://www.brown.edu/sustainability/sustainability-academics>. Elaborado por Brown University



**Figura N° 47.** Diagrama de navegabilidad de la página web. Información tomada de Investigación teórica del estudio. Elaborado por Bajaña Egas Jennifer

Dentro de la página web se debe presentar toda la documentación que represente el compromiso ambiental que mantiene la institución con el ecosistema, los avances de los diferentes programas implementados y el cumplimiento de metas logradas. Por lo tanto, es importante actualizar la información periódicamente para ser caracterizada con una institución eco amigable e inteligente. A continuación, se presente un diagrama básico de navegabilidad para el sitio web.

### **3.19 Propuesta para infraestructura**

Evaluar los edificios que se mantienen en un campus universitario es una gran ayuda para mantener información actual sobre la gestión ambiental que se mantiene en la edificación, considerar el porcentaje de áreas libres verdes en base al número de personas dentro de la universidad es importante para contribuir a la calidad ambiental que se mantiene.

El estado actual de los edificios para verificar la calidad de la infraestructura y a su vez considerar la transición al concepto Smart Building es una ayuda para formar una entidad educativa respetuosa con el medio ambiente. Se consideran las siguientes opciones para reforzar el enfoque de infraestructura dentro de un sistema de gestión ambiental:

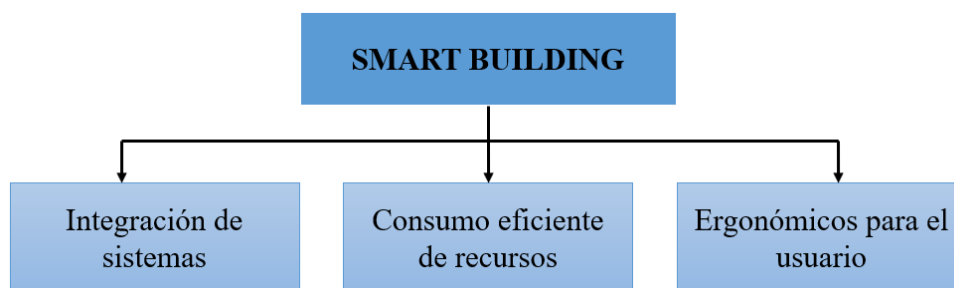
- Áreas verdes
- Relación de áreas abiertas con población universitaria
- Renovación y mantenimiento de edificios
- Implementar el concepto de Smart Building

#### ***3.19.1 Estructura general sobre Smart Building***

Dentro de los últimos años, se ha confirmado que la tecnología facilita la vida de sus usuarios debido a la gran cantidad de procesos que se pueden automatizar implementando elementos y conexiones para realizar una gestión y control automatizados de procesos.

Los Smart Buildings son edificios con diferentes funcionalidades que brindan varias ventajas para todos sus habitantes. Su principal objetivo es integrar y automatizar todas las funcionalidades con el fin de realizar un consumo eficiente de recursos y optimizar los mismos para que a su vez puedan facilitar el tipo de vida de sus usuarios.



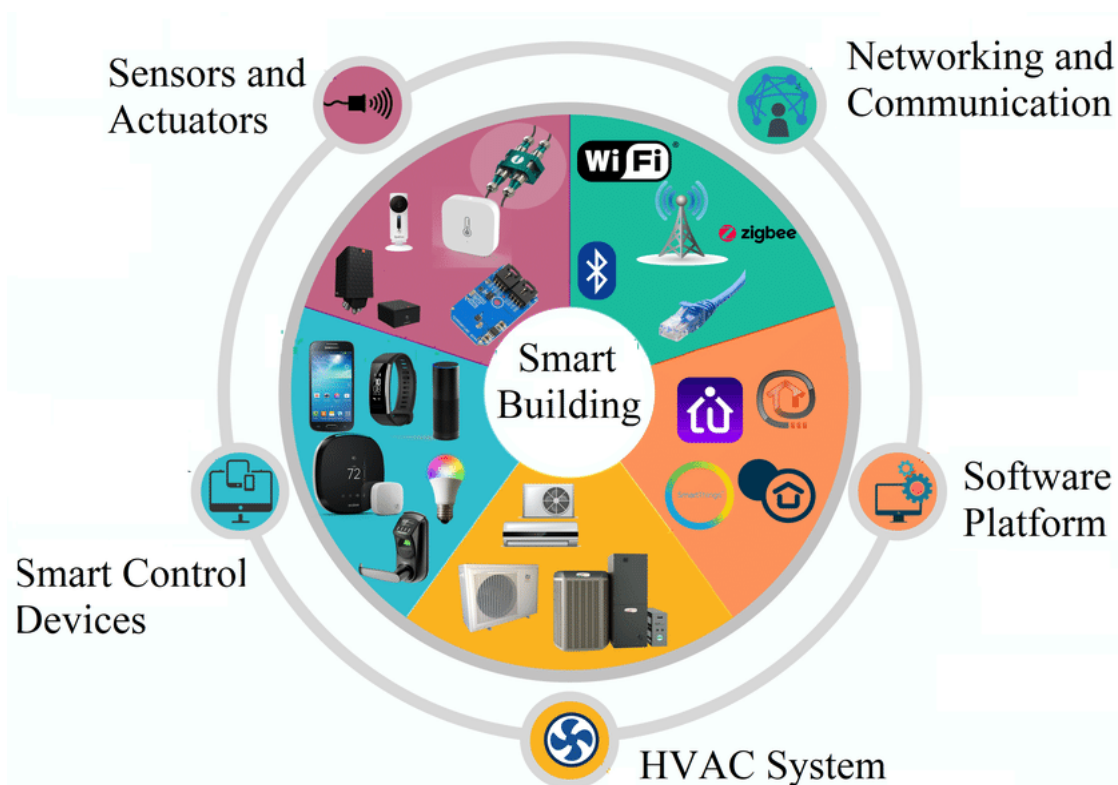


**Figura N° 49.** Estructura general sobre Smart Building. Información tomada de Investigación teórica del estudio. Elaborado por Bajaña Egas Jennifer

Los edificios inteligentes comprenden la unión de usuarios con la tecnología desde varias tareas o gestiones, optimizando procesos como la comunicación entre departamentos o la apertura de puertas. Las características de un Smart Building se basa en los siguientes puntos:

- **Consumo eficiente de recursos.** Mantiene sistemas de ahorro con el enfoque de consumo de energía y agua
- **Son ergonómicos.** Facilita el tipo y calidad de vida de sus usuarios
- **Son flexibles.** Mantiene un sistema de adaptación eficiente a cualquier tecnología
- **Son seguros.** El sistema de seguridad que ofrece es completo, precautelando la seguridad de vida de sus usuarios
- **Eco amigables.** Contribuye a la calidad ambiental
- **Sustentables económicamente.** Gracias a los sistemas de consumo eficiente de recursos ayuda a reducir gastos y es una gran inversión

Para construir un Smart Building se debe definir cuáles serán los procesos para realizar la automatización de gestiones y así poder elegir las tecnologías correctas, generalmente se realizan implementación de dispositivos IoT (Internet of Things) o redes sensoriales para promover la infraestructura inteligente dentro del edificio. Mantener un enfoque actualizado tecnológico juega mucho con el nivel de inteligencia que mantendrá el edificio. Por lo tanto, se recomienda un análisis sobre sensores o plataformas a utilizar en base a las necesidades de cada edificio dentro del campus.



**Figura N° 50.** Aspectos de un Smart building. Información tomada de [https://www.researchgate.net/figure/Components-of-smart-buildings\\_fig5\\_334286607](https://www.researchgate.net/figure/Components-of-smart-buildings_fig5_334286607). Elaborado por BasheerQolomany

### 3.20 Propuesta para transporte y movilidad

La movilidad es uno de las principales fuentes de contaminación en el mundo, debido al crecimiento del transporte privado se ha verificado altos índices de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmosfera, lo cual puede ser perjudicial para la calidad ambiental que se brinde a los habitantes.

En la actualidad, se ha propuesto el transporte eléctrico basado en tecnología, pero es importante verificar la alimentación de energía de manera amigable al medio ambiente. Para implementar la transición a movilidad sostenible, es importante promover la reducción de espacios para vehículos y aumentar vías para ciclistas y peatones. Se propone los siguientes enfoques a revisar o impulsar dentro del indicador transporte y movilidad:

- Aumentar las vías para ciclistas y peatones
- Optimizar el uso de vehículos privados
- Promover el uso de bicicletas
- Ampliar el área de parqueadero para bicicletas

### 3.20.1 Estructura general de aplicación para compartir vehículo

Debido a la gran cantidad de personas que ingresan diariamente a una universidad por motivos estudiantiles o gestiones laborales, producen la necesidad de movilizarse entre las instalaciones de un campus. Cierta porcentage de la comunidad universitaria mantiene la ventaja de movilidad propia o particular, esta información se puede recolectar debido a una encuesta para verificar que cantidad de usuarios mantiene vehículos privados para el transporte a la universidad

Ahora bien, debido al gran impacto ambiental que general los autos o motocicletas generando gases de invernadero dentro de las instalaciones y contribuyendo a la contaminación, se ve la necesidad de implementar estrategias para mitigar la contaminación ambiental y promover una comunidad universitaria más unida.

Optimizar el uso de vehículos privados es una de las formas a reducir la cantidad de vehículos y ayudar la movilización de usuarios que carecen de esto. Se indica que cada auto moviliza a una o dos personas en el campus universitario dada por diferentes encuestas realizadas en diferentes universidades. Cuando un auto mantiene la capacidad de movilizar cinco personas, es un recurso que no está siendo aprovechado en su totalidad.

Por lo tanto, se propone un sistema para compartir información basado en una aplicación móvil con objetivo compartir y buscar información para fomentar de uso de vehículo compartido y así brindar el servicio de movilización dentro del campus.



**Figura N° 51.** Interfaz de aplicación móvil para compartir vehículo en un campus universitario. Información tomada de Investigación teórica del estudio. Elaborado por Bajaña Egas Jennifer

Dentro de la aplicación, se propone el ingreso mediante credenciales asignadas por la universidad para garantizar la seguridad y privacidad de los usuarios al momento de publicar información para compartir vehículo propio o buscar un vehículo para transportarse a un punto en común dentro del campus.

### **3.21 Análisis de sistema de control ambiental para un campus inteligente**

La sostenibilidad ambiental es un tema de aplicación actual dentro de las universidades, realizar cambios o implementar nuevas gestiones son parte del proceso de transformación a una institución con carácter sostenible ambientalmente. La contaminación ambiental será un problema de generaciones si no se toman medidas para disminuir la problemática. Las instituciones de educación superior son campus viables para la implementación de proyectos pilotos, los cuales a futuro pueden ser implementados a mayor escala.

Dentro de los campus universitarios se realizan gestiones o tareas diariamente, es sumamente importante analizar el impacto ambiental que estas pueden producir para tomar acciones preventivas y correctivas con el fin de mitigar la contaminación y contribuir a un sistema ambiental más limpio y adecuado para la convivencia de la humanidad.

La implementación de tecnologías para verificar o aportar en la calidad del ecosistema coloca a la universidad con un ejemplo para promover instalaciones inteligentes con el fin de optimizar el uso de recursos y la calidad de vida de sus usuarios.

La comunidad universitaria que se forma dentro de la institución deben ser profesionales con visión social, económico y ambiental para así aportar o contribuir a la sociedad con soluciones tecnológicas en un ambiente perdurable. Por lo tanto, las universidades son agentes claves del cambio sobre la conciencia ambiental para la garantía del desarrollo sostenible.

La infraestructura de los edificios ubicados en las instalaciones del campus debe mantener inteligencia o tecnología desarrollada para un control automatizado de sistemas o procesos contribuyendo a la calidad ambiental y al bienestar social. El uso de recursos siempre será un eje a analizar para un consumo eficiente y controlado de los mismos, contribuyendo positivamente en el aspecto económico.

### 3.22 Matriz sobre el modelo de gestión y/o control ambiental

Tabla N° 17. Matriz sobre el modelo de gestión y/o control ambiental

Programa	Aspectos ambientales	Objetivos a cumplir	Metas	Indicadores	Medidas a tomar
Calidad del aire	Cambio climático y calidad del aire	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reducir la huella de carbono</li> <li>Monitorear los niveles de gases tóxicos</li> <li>Controlar el ruido del aire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reducir o mantener los niveles de gases por debajo de la línea aceptable</li> </ul>	$\frac{\text{toneladas}}{\text{persona/mes}}$ $\frac{\text{db}}{\text{persona/mes}}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>Red sensorial inalámbrica para monitorear niveles de gases tóxicos y ruidos en el aire</li> <li>Promover la conciencia ambiental en comunidad universitaria</li> </ul>
Gestión de energía	Consumo de energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>Usar eficientemente la energía</li> <li>Medir el consumo de energía/edificio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reducir el consumo de la energía un 15% al mes</li> </ul>	$\frac{\text{kw}}{\text{persona}}$ $\frac{\text{kw}}{\text{área}}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema fotovoltaico solar</li> <li>Implementación de smart Building</li> <li>Cambio de iluminación fluorescente a led</li> <li>Bombillas ahorradoras con tecnología led</li> </ul>

Gestión del agua	Consumo del agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimizar el consumo del agua</li> <li>• Usar eficientemente el agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir el consumo del agua un 15% al mes</li> </ul>	$\frac{M^3}{mes}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tratamiento de agua</li> <li>• Agua lluvias</li> <li>• Implementar elementos inteligentes</li> <li>• Identificar zonas de pérdidas de agua</li> </ul>
Gestión de residuos	Generación de residuos sólidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Separar los tipos de residuos</li> <li>• Reciclaje</li> <li>• Capacitación para la separación de residuos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar un sistema de tratamiento de residuos</li> </ul>	$\frac{kilogramos}{mes}$ $\frac{kilogramos}{persona}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar infraestructura para separación de residuos en puntos estratégicos del campus</li> <li>• Promover campaña 3r (reducir, reciclar, reutilizar)</li> <li>• Reducir el uso de papel y plástico en el campus universitario</li> </ul>

Investigación académica	Mínima investigación con aspecto ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incentivar a estudiantes al desarrollo de propuestas ambientales tecnológicas</li> <li>• Promover el conocimiento ambiental</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimizar procesos establecidos con innovación tecnológica</li> <li>Profesionales con visión tecnológica ambiental</li> <li>Implementar líneas de investigación con enfoque ambiental</li> </ul>	<u>Publicaciones ambient</u> <u>persona</u> <u>Publicaciones ambient</u> <u>carrera</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Publicaciones académicas sobre aspecto ambiental</li> <li>• Incentivar proyectos a implementar sobre smart campus</li> <li>• Fomentar el estudio de nuevas tecnologías para adecuarlas sobre un smart campus</li> <li>• Eventos académicos relacionados sobre la sostenibilidad y el medio ambiente del campus universitario</li> <li>• Sitio web que represente la gestión ambiental de la universidad</li> <li>• Informes actualizados publicados que justifiquen los avances</li> </ul>
-------------------------	--	---	---	--	---

---

					tecnológicos ambientales logrados por la universidad
Infraestructura	Degradación ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar smart building</li> <li>• Normativas ambientales para nuevas construcciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminuir los elementos no eco amigables para construcción de edificios</li> <li>• Ampliar áreas verdes dentro del campus universitario</li> </ul>	$\frac{m2 \text{ de areas verdes}}{población}$ $\frac{m2 \text{ de areas verdes}}{persona}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Renovación y mantenimiento de edificios</li> <li>• Implementar el concepto de smart building</li> </ul>
Transporte y movilidad	Contaminación ambiental por transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar las vías para ciclistas y peatones</li> <li>• Reducir espacio para vehículos</li> <li>• Promover el uso de bicicletas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ofrecer transporte publico</li> <li>• Reducir la cantidad de vehículos</li> <li>• Aumentar el uso de bicicletas</li> </ul>	$\frac{vehículos}{población}$ $\frac{bicicletas}{población}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promover programa de alquiler de bicicletas dentro del campus</li> <li>• Concientizar a la comunidad universitaria sobre el impacto negativo del uso de autos</li> </ul>

---



- 
- Ampliar el área de parqueadero para bicicletas
- 

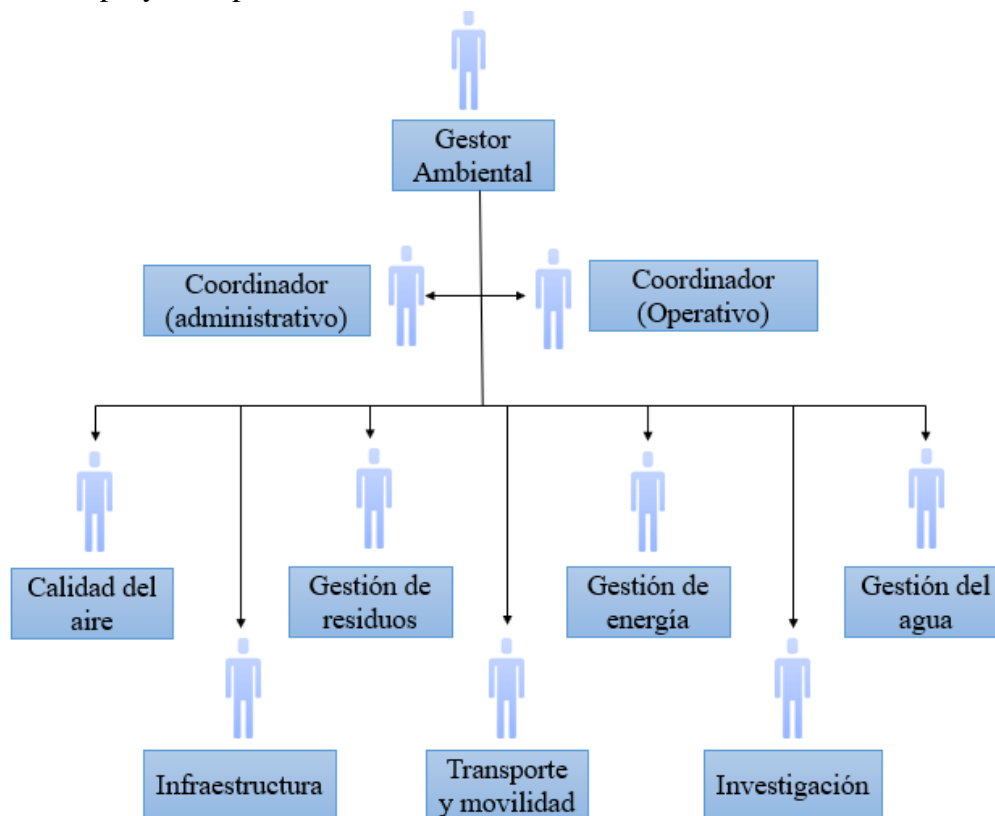
*Información adaptada de Investigación teórica del estudio. Elaborado por Bajaña Egas Jennifer*

### 3.23 Administración del sistema de control ambiental

La organización de recursos humanos es la clave de cualquier sistema para establecer órdenes sobre funciones, jerarquía organizacional y establecer responsabilidad dentro de un organismo. Para mantener y mejorar un sistema de control ambiental es necesario la capacitación de los participantes para definir tareas, documentar procesos, informar sobre el desempeño del sistema y estudiar las posibles maneras de una mejora continua.

El sistema de control ambiental necesita una estructura organizacional de participantes definida debido a que el sistema mantendrá varios enfoques que definen un campus sostenible ambientalmente. Por lo tanto, es importante definir un grupo líder o autoridades para revisiones posteriores de los resultados del plan ambiental. En esta estructura, se realizará la asignación de tareas, el análisis de enfoques y el estudio de decisiones para permitir la eficacia de este proceso.

Al mantener varios enfoques ambientales donde se produce la contaminación dentro de un campus universitario, se recomienda mantener un funcionario a cargo para la gestión administrativa y otro funcionario para la gestión operativa que implemente los programas o proyectos para la reducción de contaminación ambiental.



**Figura N° 52.** Administración de un sistema de control ambiental. Información tomada de Investigación teórica del estudio. Elaborado por Bajaña Egas Jennifer

### 3.24 Sistemas de información

Al ejecutar un plan dentro de una entidad para la gestión ambiental, es importante documentar información que aseguren la responsabilidad del cumplimiento referente al sistema. Considerando la información requerida dentro de la normativa ISO 14001:2015 se definen los siguientes documentos a considerar:

- Política ambiental
- Criterios para evaluar los aspectos ambientales
- Objetivos y metas a alcanzar
- Planes ambientales
- Control operacional
- Plan de emergencias

Es importante mencionar que estos documentos deben estar aprobados por la máxima autoridad del establecimiento y por autoridades de alta dirección y se deben realizar revisiones periódicas para fomentar la mejora continua en acciones a tomar sobre el plan ambiental.

Adicional, también se debe considerar los registros donde se reflejen resultados de acciones realizadas para la gestión ambiental en un campus universitario. Se reducen a los siguientes puntos, los registros que se deben tomar en consideración basados en la normativa ISO 14001:2015:

- Resultados de procesos de monitorización
- Resultados de niveles de contaminación (antes y después de acciones)
- Auditorías internas
- Resultados de auditorías internas
- Resultados de revisión por dpto. de alta dirección
- Resultados de procesos de capacitación

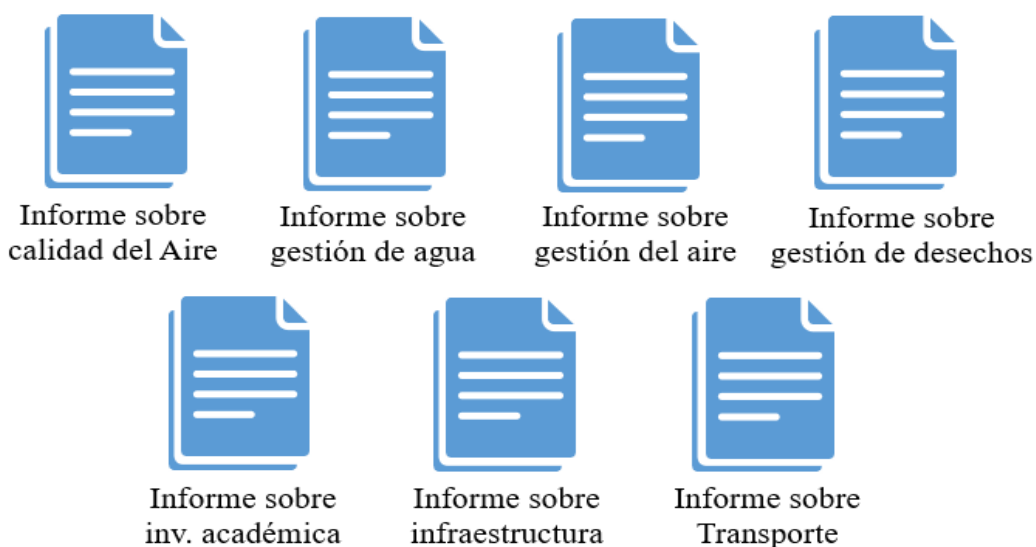
Al optar por una certificación internacional como lo es la normativa ISO es importante reflejar los pasos realizados para impulsar el cambio y los resultados de programas o procesos que estimen el nivel de conciencia ambiental de la comunidad universitaria. Estos documentos deben ser accesibles al público y precisos en información para conocer la calidad ambiental, la transformación digital y estimar a la institución como contribuyente a un ambiente más limpio.

### 3.25 Control operacional

Para la gestión ambiental de un campus universitario, generalmente se basará en la implementación de propuestas tecnológicas fomentado la investigación académica y la innovación de ideas para producir un control ambiental y tomar decisiones preventivas o correctivas para mejorar la calidad social y ambiental para sus usuarios dentro de la entidad universitaria. Por lo tanto, realizar informes periódicamente para documentar los avances de las propuestas y resultados, es de gran peso para asegurar el cumplimiento de objetivos y metas garantizando la contribución a un ambiente más limpio y la sostenibilidad ambiental de la entidad.

Cada aspecto ambiental analiza enfoques diferentes dentro de un lugar establecido manteniendo el mismo objetivo que es la reducción del impacto ambiental negativo de varias fuentes de contaminación producidas por las diferentes actividades o gestiones universitarias que se dan diariamente dentro de una universidad.

Presentar el cumplimiento de objetivos mediante resultados de efectividad en proyectos tecnológicos categorizara a la universidad en un nivel alto de sostenibilidad ambiental. Reflejar el compromiso de la institución mediante porcentajes de disminución de contaminación en diferentes áreas establecidas convertirán en un ejemplo a seguir para la universidad.



**Figura N° 53.** Informes considerados en un sistema de control ambiental. Información tomada de Investigación teórica del estudio. Elaborado por Bajaña Egas Jennifer

### **3.26 Conclusiones**

- Un sistema de gestión ambiental enfocado en un campus universitario es la estructura de reglas, políticas, programas u objetivos que trabajen conjuntamente con la planeación e implementación de tareas o programas con la finalidad reducir el impacto negativo de gestiones universitarias al medio ambiente, fomentar la investigación académica, promover la participación de la comunidad universitaria y obtener un campus ambientalmente sostenible.
- Un campus universitario tiene la comparación a escala de una ciudad debido a que esta se mantiene compuesta por un conjunto de infraestructuras y en su interior varios usuarios realizando gestiones u obligaciones para una correcta eficiencia en su función.
- Para considerar Smart campus a una entidad educativa debe cumplir con ciertos aspectos o indicadores al igual que una Smart city.
- La principal diferencia entre un sistema de gestión y/o control ambiental destinado a un enfoque empresarial o a un campus universitario es la presencia de programas que promuevan la investigación académica.
- La sostenibilidad de un campus universitario debe basarse en el enfoque ambiental, social y económico para generar beneficios a la universidad y para contribuir a la sociedad con profesionales de visión sustentable.

### **3.27 Recomendaciones**

- Capacitar a los usuarios de la universidad para trabajar conjuntamente en mitigar la contaminación de varias fuentes dentro del campus creando un nivel alto de conciencia ambiental.
- Designar una directiva para evaluar el cumplimiento de objetivos y dar seguimiento en resultados de diferentes programas, dando así seriedad al compromiso ambiental que estableció la entidad educativa.
- Realizar un diagnóstico ambiental de las diferentes áreas del campus universitario antes de implementar un sistema de control ambiental para conocer la situación actual y verificar las fuentes de contaminación más elevadas dentro del mismo.
- Sostener un control semestral para la verificación o actualización de aspectos ambientales que pueden producir contaminación y el cumplimiento de objetivos basado en la normativa vigente aplicada.

ANEXOS

## Anexo 1.- Datasheet parte 1 del sensor MG811

### MG811 CO2 Sensor

#### Features

- Good sensitivity and selectivity to CO<sub>2</sub>
- Low humidity and temperature dependency
- Long stability and reproducibility

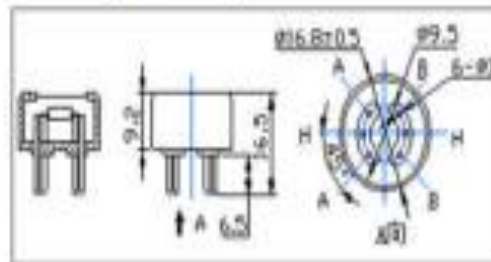
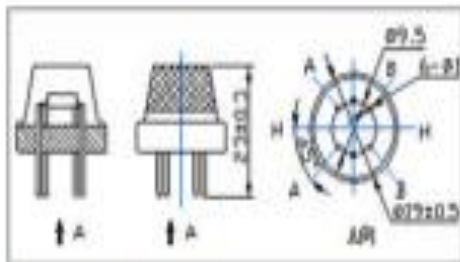
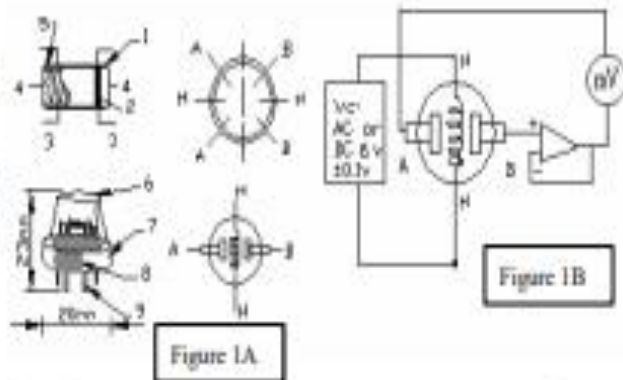
#### Application

- Air Quality Control
- Ferment Process Control
- Room Temperature CO<sub>2</sub> concentration Detection



#### Structure and Testing Circuit

Sensor Structure and Testing Circuit as Figure, It composed by solid electrolyte layer ( 1 ), Gold electrodes( 2 ), Platinum Lead ( 3 ), Heater ( 4 ), Porcelain Tube ( 5 ), 100m double-layer stainless steel net( 6 ), Nickel and copper plated ring ( 7 ), Bakelite ( 8 ), Nickel and copper plated pin ( 9 )



#### Working Principle

Sensor adopt solid electrolyte cell Principle , It is composed by the following solid cells :

Air , Au[NASICON] carbonate/Au, air , CO<sub>2</sub>

When the sensor exposed to CO<sub>2</sub> , the following electrodes reaction occurs :

Cathodic reaction :  $2Li + CO_2 + 1/2O_2 + 2e^- \rightarrow Li_2CO_3$

Anodic reaction :  $2Na + 1/2O_2 + 2e^- \rightarrow Na_2O$

Overall chemical reaction :  $Li_2CO_3 + 2Na + 1/2O_2 \rightarrow Na_2O + 2Li + CO_2$

The Electromotive force (EMF) result from the above electrode reaction, accord with according to Nernst's equation :

$$EMF = E_c - (R \times T) / (2F) \ln (P(CO_2))$$

$P(CO_2)$ —CO<sub>2</sub>—partial Pressure  $E_c$ —Constant Volume  $R$ —Gas Constant volume

$T$ — Absolute Temperature ( K )  $F$ —Faraday constant

From Figure 1B ,Sensor Heating voltage supplied from other circuit , When its surface temperature is high enough , the sensor equals to a cell, its two sides would output voltage signal and its result accord with Nernst's equation. In sensor testing, the impedance of amplifier should be within 100—1000GΩ , Its testing current should be control below

## Anexo 2.- Datasheet parte 2 del sensor MG811

### Specifications :

Symbol	Parameter Name	Technical	Remarks
$V_H$	Heating Voltage	6.0±0.1 V	AC or DC
$R_H$	Heating Resistor	30.0±5%Ω	Room Temperature
$I_H$	Heating Current	(@)200mA	
$P_H$	Heating Power	(@)1200mW	
$T_{ao}$	Operating Temperature	-20—50	
$T_{as}$	Storage Temperature	-20—70	
7 EIM F	Output	10—50mV	350—10000ppmCO <sub>2</sub>

### Sensitivity :

Figure 2 Shows gas sensor sensitivity curve. :

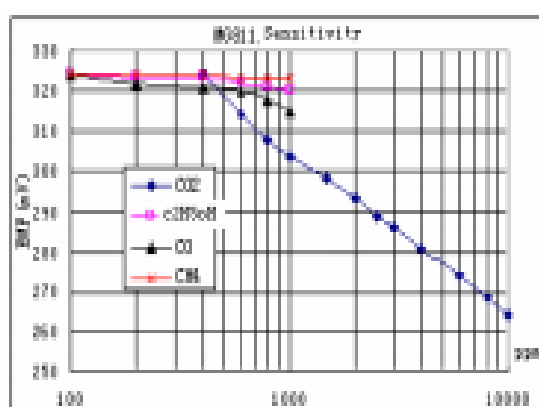
Conditions:

Tem : 28°C.

RH : 65%.

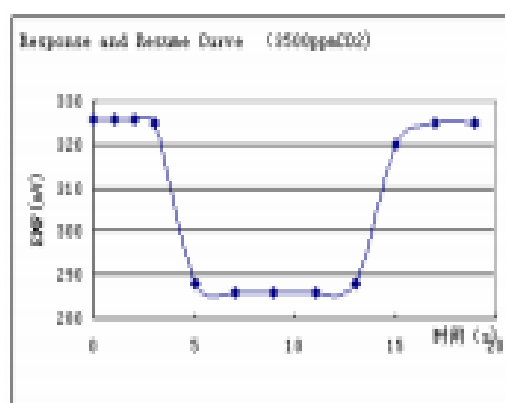
Oxygen : 21%

EMF: sensor EMF under different gas and concentration .

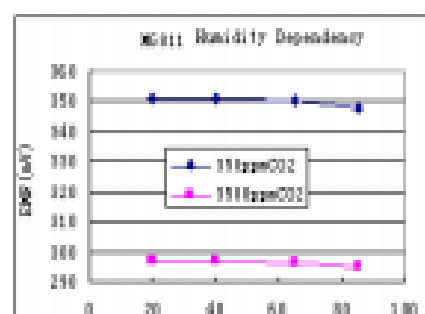
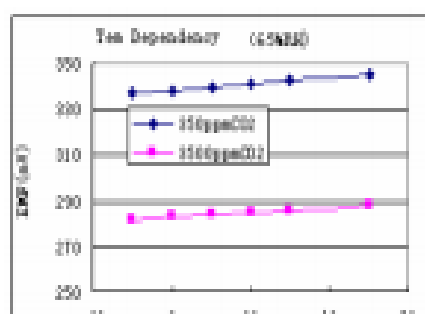


### Response and Resume Characteristic :

Figure 3 shows Solid electrolyte sensor response and resume characteristics.



### Temperature and Humidity Dependency :



Anexo N° 2. Datasheet parte 2 sobre sensor MG811. Información tomada de <https://sandboxelectronics.com/files/SEN-000007/MG811.pdf>. Elaborado por fabricante del sensor



### Anexo 3.- Datasheet del sensor HC-SR04



Tech Support: [services@elecfreaks.com](mailto:services@elecfreaks.com)

## Ultrasonic Ranging Module HC - SR04

### Product features:

Ultrasonic ranging module HC - SR04 provides 2cm - 400cm non-contact measurement function, the ranging accuracy can reach to 3mm. The modules includes ultrasonic transmitters, receiver and control circuit. The basic principle of work:

- (1) Using IO trigger for at least 10us high level signal,
- (2) The Module automatically sends eight 40 kHz and detect whether there is a pulse signal back.
- (3) IF the signal back, through high level , time of high output IO duration is the time from sending ultrasonic to returning.

Test distance = (high level time×velocity of sound (340M/S) / 2,

### Wire connecting direct as following:

- 5V Supply
- Trigger Pulse Input
- Echo Pulse Output
- 0V Ground

### Electric Parameter

Working Voltage	DC 5 V
Working Current	15mA
Working Frequency	40Hz
Max Range	4m
Min Range	2cm
MeasuringAngle	15 degree
Trigger Input Signal	10uS TTL pulse
Echo Output Signal	Input TTL lever signal and the range in proportion
Dimension	45*20*15mm

Anexo N° 3. Datasheet sobre sensor HC-SR04. Información tomada de <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Proximity/HCSR04.pdf>. Elaborado por fabricante del sensor

## Bibliografía

- Alcívar Trejo, C., Ortíz Chimbo, K., & Muñoz Erazo, J. (2015). El crecimiento poblacional y su impacto a la contaminación ambiental. *Revista CCSSS: Contribuciones a las Ciencias Sociales*.
- Alvéar, C., Calafate, C., Cano, J. C., Manzoni, P., Hernández, E., & Herrera, J. (2015). Metodología para la monitorización de ozono en Valencia mediante sensores de gama baja. *Edición de jornadas de computación empotrada*.
- Andrade Gutierrez, W. (2015). *Prototipo de una red sensorial inalámbrica (WSN) para la medición del nivel de CO2 en la ciudad de Ambato*. Ambato.
- Brown University. (Agosto de 2015). *Sustainability Brown*. Obtenido de <https://www.brown.edu/sustainability/home>
- Cama, A., De la Hoz, E., & Cama, D. (2012). Las redes de sensores inalámbricos y el Internet de las cosas. *INGE CUC*, 163-172.
- Camacho, C. (2015). Propuesta de implementación de un sistema de gestión ambiental para campus universitario. *Poliantea*, 21-43. Obtenido de <https://journal.poligran.edu.co/index.php/poliantea/article/view/342>
- Campaña Bastidas, S. E., & Londoño Peláez, J. M. (2014). Estudio de redes de sensores y aplicaciones orientadas a la recolección y análisis de señales biomédicas. *Gerencia Tecnológica de la Información*, 85-99.
- Cardenas, S. E. (2015). Realidad de los sistemas de gestión ambiental. *Revista Universidad de la Rioja*, 68-79.
- Components 101. (2017). *Sensor ultrasónico HC-sr04*. Obtenido de <https://components101.com/ultrasonic-sensor-working-pinout-datasheet>
- Díaz, M. (1 de Octubre de 2016). *Normas APA*. Obtenido de <http://normasapa.net/tesis-enfoque-cuantitativo-cualitativo/>
- Galeano Becerra, C. J., Bellón Monsalve, D., Zabala Vargas, S. A., Romero Riaño, E., & Duro Novoa, V. (2018). Identificación de los pilares que direccionan a una institución universitaria hacia un Smart Campus. *Revista de Investigación. Desarrollo e Innovación*

- Gandini, M. (22 de Junio de 2018). *Universidad Autónoma de Occidente*. Obtenido de <https://www.uao.edu.co/noticias/un-sistema-de-gestion-ambiental-que-contribuye-al-medio-ambiente>
- Gilpin, D. (15 de Enero de 2018). *Harvard university: Sustainability*. Obtenido de <https://green.harvard.edu/campaign/our-plan>
- Gusqui Bejarano, Y. (2017). *Diseño de un prototipo de red WSN para el monitoreo del nivel de contaminación de CO2 en el centro de la ciudad de Riobamba*. Riobamba.
- INEC. (2015). *Modulo de información ambiental*. Ecuador. Obtenido de [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas\\_Ambientales/Hogares\\_2014/Modulo\\_ECV/Resultados%20Principales%20ECV%20Ambiental.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Hogares_2014/Modulo_ECV/Resultados%20Principales%20ECV%20Ambiental.pdf)
- Jerves, R., & Armijos, F. (2016). Análisis y revisión de la red de monitoreo de calidad del aire de la ciudad de Cuenca, Ecuador. *La Granja: Revista de ciencia de la vida*.
- Kayannaris, G. (30 de Julio de 2014). *Smart Cities Council*. Obtenido de <https://smartcitiescouncil.com/article/dissecting-iso-37120-why-new-smart-city-standard-good-news-cities>
- Lanzarini, L., Hasperue, W., Corbalán, L., López, J., Estrebou, C., Ronchetti, F., . . . Villa, A. (2015). Sistemas Inteligentes. *Red de Universidades con Carreras en Informática (RedUNCI)*, 139-144.
- Ley orgánica de comunicación. (2019). *Ley orgánica reformatoria a la ley orgánica de comunicación*. Quito. Obtenido de [www.registrooficial.gob.ec](http://www.registrooficial.gob.ec)
- Ley Organica de las Telecomunicaciones. (18 de Febrero de 2015). *Arcotel*. Obtenido de <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/05/Ley-Org%C3%A1nica-de-Telecomunicaciones.pdf>
- Ministerio del Agua y Ambiente. (8 de Agosto de 2016). *Ministerio del Agua y Ambiente*. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/controlar-la-contaminacion-ambiental-contribuye-a-mejorar-la-calidad-de-vida-de-la-poblacion/>
- Ministerio del Ambiente. (2010). *Plan Nacional de la calidad del aire*. Quito.

- Motta Ramirez, M. M. (2019). Ciudades inteligentes al servicio del ambiente .
- Ordoñez Mendieta, Á. J., & Garrochamba, Á. P. (2019). Diseño de una WSN para el monitoreo de CO<sub>2</sub> en el aire y niveles de ruido en la ciudad de Loja. *MASKAY*, 20-31.
- Organización Linea Verde. (03 de Febrero de 2015). Obtenido de <http://www.lineaverdemunicipal.com/Guias-buenas-practicas-ambientales/es/e-Reglamento-EMAS.pdf>
- Ortiz, L. M. (Noviembre de 2013). *Repositorio de Universidad Veracruzana*. Obtenido de <https://www.uv.mx/gestion/files/2013/01/LORENA-MENDEZ-ORTIZ.pdf>
- Pinzón, A., Castillo , M., & González , E. (2018). Sistema de detección de sustancias y partículas contaminantes para el ambiente a través de sensores arduinos. *Revista de iniciación científica*.
- Rivas Marín, M. I. (2015). Modelo de sistema de gestión ambiental para formar universidades ambientalmente sostenibles en Colombia. *Revista Universidad Nacional de Colombia*, 151-162.
- Rodríguez Coello , J. E. (2014). Certificación ISO 14000 ¿Por qué? *Revista Galega de Economía*, 8-15.
- Rojas, C., Chanchí, G., & Villalba, K. (2020). Propuesta de una arquitectura Iot para el control domótico e inmótico de edificaciones. *Revista Ibérica de sistemas y tecnologías de la información*, 28-40.
- Rozga Luter, R. (2017). Ciudad inteligente - Un concepto en discusión.
- Sharp, L. (10 de Marzo de 2015). *Harvard university sustainability*. Obtenido de <https://green.harvard.edu/>
- Siabato, W., Alonso Zárate , K., Cárdenas Quiroga, A., Leal Pérez , A., & Penna Salcedo , J. (2012). Propuesta metodológica para la implementación de campus inteligentes universitarios . *Jornadas Ibéricas de Infraestructura de Datos Especiales* .
- Soasti de la Cruz, J. P., & Robles Sierra, A. O. (2016). *Monitoreo de la contaminación ambiental utilizando redes de sensores inalámbricas* . Quito.

- Suarez, F. (19 de Enero de 2015). *Revista Claves 21*. Obtenido de <https://claves21.com.ar/tecnologia-verde-herramientas-para-cuidar-el-medio-ambiente/#:~:text=Tecnolog%C3%ADa%20para%20cuidar%20el%20medio%20ambiente.,mercado%20para%20las%20actividades%20tecnol%C3%B3gicas>.
- UNAI. (15 de Enero de 2016). *Impacto academico de las naciones unidad* . Obtenido de Objetivos del desarrollo Disponible: <https://academicimpact.un.org/es/content/objetivos-de-desarrollo-sostenible>
- Universidad Autonoma de Madrid. (s.f.). *Universidad Autonoma de Madrid*. Obtenido de Proyecto Ecocampus: [http://www.uam.es/UAM/Ecocampus\\_Oficina\\_Introduccion/1446762328616.htm?language=es&nodepath=Ecocampus](http://www.uam.es/UAM/Ecocampus_Oficina_Introduccion/1446762328616.htm?language=es&nodepath=Ecocampus)
- Universidad autónoma del Occidente. (2015). *Campus Sostenible 2030*. Cali. Obtenido de <https://www.uao.edu.co/>
- Universidad peruana de ciencias aplicadas. (2018). *Plan de gestión ambiental UPC*. Lima. Obtenido de <https://sica.upc.edu.pe/>
- Universidad Tecnologica Nacional . (2010). Calidad del aire en ciudades intermedias.
- Valdés, C. (Junio de 2019). Contaminacion ambiental. 138-138. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6989562>
- Valencia, J. P. (2017). Iot: Una aproximación desde ciudad inteligente a universidad inteligente. *Revista Ingenio UFPSO*.
- Velasco, M. (22 de Junio de 2015). *Blog Vive*. Obtenido de <http://blog.vive1.com/paneles-solares-una-alternativa-para-ahorrar-en-el-hogar>
- Vizhñay, J. (25 de Septiembre de 2020). Gestión ambiental en campus universitario. (J. Bajaña, Entrevistador) Guayaquil.