



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**DISEÑO DE INDICADORES DE DESEMPEÑO
AMBIENTAL DE LA FACULTAD DE QUÍMICA
ENCAMINADOS HACIA LA SUSTENTABILIDAD**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO QUÍMICO**

PRESENTA

JOSÉ EDUARDO CRUZ MAGDALENO



CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX., 2022



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: Profesor: GAVILAN GARCIA IRMA CRUZ

VOCAL: Profesor: GUTIERREZ LARA MARIA RAFAELA

SECRETARIO: Profesor: GARCIA REYNOSO JOSE AGUSTIN

1er. SUPLENTE: Profesor: HERNANDEZ CHAVARRIA FEDERICO CARLOS

2° SUPLENTE: Profesor: ROJAS RODRIGUEZ ALMA DELIA

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

UNIDAD DE GESTIÓN AMBIENTAL, FACULTAD DE QUÍMICA

ASESOR DEL TEMA: DRA. IRMA CRUZ GAVILÁN GARCÍA

SUPERVISOR TÉCNICO: DR. ARTURO GAVILÁN GARCÍA

SUSTENTANTE (S): JOSÉ EDUARDO CRUZ MAGDALENO

Tabla de contenido

Introducción	6
Capítulo I Justificación	9
Capítulo II Objetivos.....	10
II.1 Objetivo General	10
II.2 Objetivos Particulares	10
II.3 Alcances.....	10
Capítulo III Marco Teórico	11
III.1 Sustentabilidad.....	11
III.1.1 Los inicios en el mundo	11
III.1.2 La Sustentabilidad en México	15
III.1.3 Definición de Sustentabilidad	17
III.2 Campus sustentables	23
III.3 Indicadores de Sustentabilidad	35
III.3.1 Características de los indicadores de sustentabilidad	37
III.3.2 Elementos Históricos de los indicadores para la sustentabilidad	54
III.4 Sitio de Estudio.....	58
III.4.1 Campus universitario.....	58
III.4.2 Facultad de Química.....	63
Capitulo V Metodología	65
Capítulo V Resultados	73
V.1 Revisión Bibliográfica	73
V.2 Indicadores de Sustentabilidad.....	74
V.2.1 Agua	75
V.2.2 Aire	80
V.2.3 Energía Eléctrica.....	86
V.2.4 Residuos de Manejo Especial (RME)	93
VI.3 Análisis Económico.....	96
VI.3.1 Inversión del proyecto	97
VI.3.2 Uso del indicador	98
VI.3.2 Evaluación del proyecto de inversión	99
Conclusiones.....	106

Recomendaciones.....	108
Referencias Bibliograficas	110

Índice de figuras

Figura 1. Las tres esferas de la sustentabilidad.....	14
Figura 2. Las esferas acomodadas de la sustentabilidad	14
Figura 3. Componentes del modelo para la educación ambiental para la sustentabilidad.....	24
Figura 4. Sistema del campus universitario.....	25
Figura 5. Miembros de la Red de Campus Sustentable de la International Sustainable Campus Network (ISCN).....	32
Figura 6. Estructura de los campus sustentables según el Manual RESIES.....	34
Figura 7. Relación entre la evaluación e indicadores de sustentabilidad	36
Figura 8. Proceso de creación del conocimiento a partir de datos.....	37
Figura 9. Presentación esquemática de la definición integral de un indicador	39
Figura 10. Pirámide de indicadores - Jerarquizando las prioridades ambientales, objetivos de políticas y niveles de decisión	42
Figura 11. Matriz de adaptación de indicadores de sustentabilidad	45
Figura 12. Proceso de causa-efecto de la sustentabilidad y las políticas.....	48
Figura 13. Interconexión entre sistemas y su flujo de recursos.....	54
Figura 14. Presencia de la UNAM en la república mexicana.....	59
Figura 15. Presencia de la UNAM en la ciudad de México.....	60
Figura 16. Mapa de Ciudad Universitaria.....	62
Figura 17. Evento principal de la ISCN en 2022.....	63
Figura 18. Esquema "The Natural Step".....	67
Figura 19. Proceso de creación de indicadores de sustentabilidad	70
Figura 20. Proceso de la evaluación económica	72
Figura 21. Mapa mental de los conceptos abordados en el marco teórico.....	73
Figura 22. Zonas y edificios considerado para la investigación	74
Figura 23. Aspectos que conforman el indicador "Agua"	75
Figura 24. Esquema de presentación para el indicador Agua.....	78
Figura 25. Comparación de los aspectos que conforman el indicador graficado por área.....	79
Figura 26. Aspectos que conforman el indicador "Aire" para nuestro estudio	81
Figura 27. Esquema de presentación para el indicador aire.....	85
Figura 28. Comparación de los aspectos que conforman el indicador Aire.....	85
Figura 29. Aspectos que conforman el indicador Energía eléctrica para nuestro estudio	88
Figura 30. Esquema de presentación para el indicador energía eléctrica	91
Figura 31. Comparación entre el consumo de los diferentes aspectos del indicador	92
Figura 32. Elementos que conforman los residuos de manejo especial.....	94
Figura 33. Esquema de presentación para el indicador residuos	95

Figura 34. Variación de la tasa respecto al valor del VPN	101
Figura 35. Variación del esquema de pago respecto al VPN y al consumo de agua	104

Índice de tablas

Tabla 1. Grados de Sustentabilidad.....	18
Tabla 2. Eventos históricos sobre educación ambiental	26
Tabla 3. Declaraciones y cartas relevantes del movimiento sustentable en el mundo	29
Tabla 4. Proceso para el cálculo del consumo de agua por el uso de urinarios e inodoros.	77
Tabla 5. Proceso para el cálculo del consumo de agua por la generación de agua destilada	78
Tabla 6. Proceso de cálculo para la emisión correspondiente al uso de automóvil	82
Tabla 7. Proceso de cálculo para la emisión correspondiente de plantas eléctricas.....	83
Tabla 8. Proceso de cálculo para la emisión correspondiente a la caldera	84
Tabla 9. Cálculo de la contribución de consumo de la parte “generales” para el indicador energía eléctrica.....	89
Tabla 10. Cálculo de la contribución de consumo de la parte “luminarias” para el indicador energía eléctrica.....	90
Tabla 11. Cálculo de la contribución de consumo de la parte “refrigeradores” para el indicador energía eléctrica.....	91
Tabla 12. Cálculo de la inversión total para el proyecto de inversión	97
Tabla 13. Comparación de los resultados con el proceso de cálculo del consumo de agua por uso de baño.....	98
Tabla 14. Cálculo del ahorro total considerando el 100% de inversión.....	99
Tabla 15. Cálculo del valor presente neto.....	100
Tabla 16. Cálculo del VPN en el esquema 25%	101
Tabla 17. Cálculo del VPN en el esquema 33%	102
Tabla 18. Cálculo del VPN en el esquema 50%	102
Tabla 19. Cálculo del VPN en el esquema 70%	103
Tabla 20. Cálculo del VPN en el esquema 80%	103
Tabla 21. Cálculo del VPN en el esquema 100%	103

Introducción

La sustentabilidad juega un papel importante en las sociedades modernas. Históricamente ha sido el centro de discusión en muchas agendas internacionales, donde se han establecido acuerdos y compromisos para la economía, la sociedad y el medio ambiente. Sin embargo, después de todos estos años, aún no existe una definición aceptada para todo el mundo.

La mayoría de los actores de la sociedad han adoptado una perspectiva en la sustentabilidad, encaminando sus acciones, metas y objetivos en este enfoque. Sin embargo, a pesar de todos los esfuerzos realizados por los gobiernos, las empresas, los organismos y consejos internacionales, entre otros, aún queda mucho por hacer para alcanzar una sociedad sustentable.

Como una de las figuras más importantes, las universidades, siempre han mostrado la capacidad para buscar soluciones a las complejas problemáticas ambientales y sociales. Son un bastión del conocimiento que pueden potenciar acciones hacia la sustentabilidad y desarrollar conciencia a los niveles de la interacción humana.

En este sentido, los indicadores de sustentabilidad son la herramienta más idónea para monitorear y dar seguimiento a las metas de sustentabilidad, a partir de los cuales los tomadores de decisiones pueden orientar las acciones pertinentes.

En este trabajo se abordó el diseño de indicadores de sustentabilidad, enfocados en la parte ambiental y aplicados a una institución de educación superior, como lo es la Facultad de Química.

En el primer capítulo, se plantea la justificación que da origen a nuestro trabajo, así mismo, se describen las razones por las cual la investigación

es importante, se detalla el aporte principal y él porque es trascendente desarrollar el tema en futuros trabajos.

En el siguiente capítulo, se describen los objetivos general y particulares. Además, en esta sección se limita los alcances y el campo de estudio de la investigación.

El Marco Teórico, capítulo tres, está dividido en cuatro secciones. En la primera parte se trata todo lo relacionado con la sustentabilidad, el ambientalismo, los congresos internacionales y el enfoque de sustentabilidad que se usó en el presente trabajo.

La segunda sección presenta el tema de los campus universitarios y su relación con la sustentabilidad, se discute acerca de la educación ambiental, de las declaraciones del movimiento sustentable y se señala lo hecho por las redes de campus sustentables en el mundo.

La tercera parte, se detallan los indicadores y sus definiciones, así como, los aspectos relevantes para su diseño y se describen los usos y funciones que pueden tener cada uno para la sustentabilidad.

En la última parte se describe el sitio en el que se basa el estudio. Desde lo general a lo particular. Y se describe brevemente algunas características propias de la Facultad.

En el capítulo cuatro, se describe la metodología empleada para el diseño de los indicadores de sustentabilidad. En un total de cuatro etapas se establece la base bibliográfica, la selección de indicadores, la recopilación de información y el diseño de cada indicador. Para finalizar la metodología, se describe un análisis económico para demostrar la utilidad y función de los indicadores.

En el capítulo de resultados y su análisis, podemos encontrar las características de cada uno de los cuatro indicadores seleccionados, el proceso para elaborarlos, los valores finales obtenidos y un esquema de presentación para cada indicador.

En este mismo capítulo, se puede encontrar el análisis económico y las gráficas de los diferentes esquemas de inversión y los beneficios esperados.

Finalmente, se presentan las conclusiones del trabajo realizado y recomendaciones relacionadas a cada uno de los aspectos que conforman a los cuatro indicadores ambientales diseñados.

La recopilación de las referencias consultadas se presentan en la parte final.

Capítulo I

Justificación

Actualmente es necesario adoptar, por todos los niveles de la sociedad, medidas y posturas para enfrentar la crisis climática que vivimos hoy en día. Antes de cualquier medida encaminada a combatir el cambio climático es importante conocer y analizar las condiciones que queremos transformar a una más sustentable.

El motivo de este trabajo es desarrollar indicadores ambientales para la Facultad de Química. Esta herramienta ambiental sirve para conocer la situación ambiental en general de un sistema y los factores que la afectan en un momento determinado. Por lo tanto, puede tener una utilidad significativa para análisis más complejos en el futuro.

El principal aporte de este trabajo es dar comienzo al desarrollo de los indicadores ambientales en la Facultad de Química teniendo en cuenta solo algunos aspectos ambientales. Con este trabajo se establece una metodología propia para su desarrollo, que pueda ser útil como un punto de partida en el futuro en los aspectos ambientales no contemplados. Además, se realizó un análisis económico con los datos obtenidos con la utilidad de explorar su importancia y significado.

Se espera que este trabajo sirva como iniciador de la recopilación y análisis de datos ambientales en todas las entidades universitarias, con el fin de proporcionar una base para la toma de decisiones y actitudes por parte de directivos, docentes, trabajadores y alumnos que estén enfocadas en la sustentabilidad y el cambio climático.

Finalmente, esta herramienta es de las primeras propuestas de indicadores ambientales aplicados a una entidad académica en la UNAM.

Capítulo II

Objetivos

II.1 Objetivo General

Diseñar indicadores de desempeño ambiental para la Facultad de Química de la UNAM, con el fin de establecer los principios fundamentales para avanzar hacia un campus sustentable.

II.2 Objetivos Particulares

Revisar los criterios generales para seleccionar indicadores de sustentabilidad en campus universitarios.

Establecer los indicadores de sustentabilidad para Facultad de Química.

Diseñar una herramienta de cálculo para cada indicador.

Cuantificar cada indicador con la herramienta de cálculo.

Desarrollar un análisis económico con los resultados del indicador.

II.3 Alcances

El alcance del presente trabajo se centra en los edificios A, B, C y F de la Facultad de Química del campus Ciudad Universitaria.

Los datos que sustentan los cálculos fueron proporcionados por el área administrativa y de mantenimiento de la Facultad durante el periodo de la pandemia, lo cual represento una limitante por el acceso para la confirmación y actualización de dicha información, todos los datos se enviaron vía remota.

Capítulo III

Marco Teórico

III.1 Sustentabilidad

III.1.1 Los inicios en el mundo

Es difícil no encontrar el término de Sustentabilidad o Desarrollo Sustentable o Sostenible como centro de interés en las actividades y discursos educativos, políticos, empresariales, sociales, económicos y por supuesto, ambientales. Es claro que es uno de los grandes temas de nuestros tiempos.

Para Farley y Smith (2014), desde hace muchos años el concepto de sustentabilidad dejó de ser un término exclusivamente de expertos y académicos. En general, para muchas sociedades alrededor del mundo se comprende a grandes rasgos lo que es y lo que no es sustentable de las acciones y procesos humanos. Incluso el término de sustentabilidad se ha convertido en un principio guía y estándar para promover acciones e integrar actores y organizaciones importantes.

El término se origina en el siglo XVIII, en la descripción de la utilización de la madera y su tasa de regeneración (Lewandowski *et al.*, 1999). Sin embargo, como parte de la construcción del concepto hay un elemento importante a considerar, el ambientalismo. El ambientalismo, según Pierri (2005) se “refiere al conjunto de ideas y movimientos surgidos en defensa del ambiente en la segunda mitad del siglo XX” (p. 27). Deléage (2000, como se citó en Pierri, 2005), por su parte describe que la idea moderna del ambientalismo tiene sus bases en distintas corrientes de pensamiento del siglo XIX.

Las bases se encuentran en, la *crítica naturalista* debidas a la destrucción de la naturaleza por la Revolución industrial y, a la *crítica social* por los

efectos sociales negativos de la industrialización y colonización. El ambientalismo toma todos los aspectos del manejo tecnológico y uso económico social de la naturaleza (Pierri, 2005).

En 1972 surge el informe Meadows, Gudynas (2011) señala que este informe tuvo un impacto importante en muchos sectores de la sociedad. Este informe cuestiona la idea del desarrollo perpetuo (Monteforte, 2021), y concluye que no es posible continuar esta tendencia sin tener como resultado una catástrofe general (Pierri, 2005). Dicho informe no fue bien recibido por parte de la comunidad política, empresarial y parcialmente la académica, sin embargo, esta idea de la imposibilidad del crecimiento perpetuo fue bien tomada por los movimientos ambientalistas (Gudynas, 2011).

La construcción de la definición (del desarrollo sustentable) toma forma como dice Pierri (2005), a partir en la etapa final de los sesenta y fue impulsada por muchos informes científicos previos a la Conferencia sobre el Medio Humano, de la ONU de 1972 en Estocolmo, Suiza. Los informes mostraban la gravedad de los problemas del futuro de la humanidad. A partir de esta situación alarmante, se desarrollaron dos respuestas paralelas: La expansión del movimiento ambientalista con el desarrollo de las Organizaciones No Gubernamentales (ONG's) y el diseño institucional para trazar políticas en relación con el cuidado del ambiente.

En 1980 la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) presenta la Estrategia Mundial de Conservación (EMC). Pierri (2005), afirma que la EMC cumplió el papel de introducir conceptual y políticamente el Desarrollo Sustentable para los gobiernos y ONG's. Así, se explica la aceptación general de los sectores, la cual más adelante constituiría la propuesta Brundtland.

El termino Desarrollo Sustentable, finalmente es acuñado en 1987 en el Informe Brundtland o "Nuestro Futuro Común" y define como, *Asegurar que satisfaga las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias* (ONU, 1987, p.23). El documento, como explica Monteforte (2020), reconoce la existencia de límites rígidos propios de los ecosistemas y otros flexibles, que son de naturaleza humana. Se establece también que, debe orientarse al crecimiento económico uniendo así la postura conservacionista y la desarrollista, anteriormente opuestas.

En el informe se plantean una serie de objetivos para lograr el desarrollo sustentable que, suenan maravillosos, pero, que son irreales si no se plantean como metas (Monteforte, 2020).

En este momento la sustentabilidad pretende encontrar el bienestar humano para todo momento a través del desarrollo económico, social y la protección del ambiente (Ayers, 2017). Con esto, se puede decir que la combinación de estos tres aspectos es fundamental para lograrlo como se muestra en la figura 1. Lo cual coincide con Ayers (2017, p.2), quien afirma que "La sostenibilidad requiere el equilibrio entre la prosperidad económica, la equidad social y la responsabilidad ambiental".

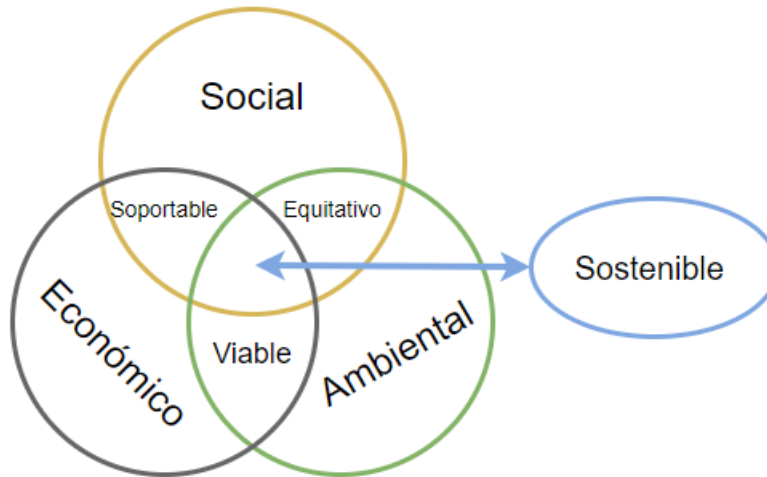


Figura 1. Las tres esferas de la sustentabilidad

Fuente: Adaptado de *Sustainability An Environmental Science Perspective* (p.8), por J.C. Ayers, 2017, CRC Press, Taylor & Francis Group

Por otro lado, Farley y Smith (2014) argumentan que, el equilibrio no es la meta, "Los sistemas sociales y económicos dependen del sistema ambiental, mientras que el medio ambiente podría existir, aunque quizás en una forma muy diferente, sin sistemas sociales y económicos" (p.9). La sociedad y la economía están atadas a los límites del ambiente, como lo muestra figura 2.

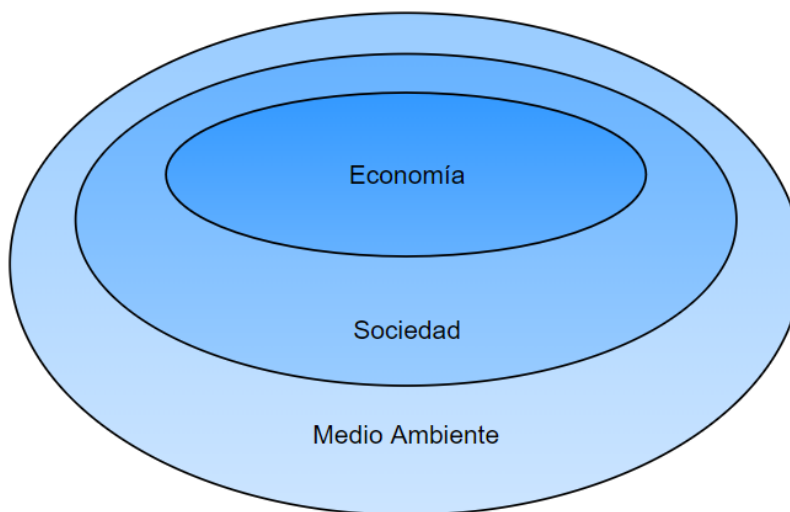


Figura 2. Las esferas acomodadas de la sustentabilidad

Fuente: Adaptado de Sustainability If it's everything, is it nothing? (p.155), por H.M. Farley, y Z.A. Smith, 2017, Routledge, Taylor & Francis Group

En el año de 1992 en Rio de Janeiro, Brasil, se llevó a cabo la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, la cual reunió a muchos actores importantes de 179 países con el fin de profundizar en el impacto de las actividades socioeconómicas con los ecosistemas. El resultado de esta cumbre llevo a cinco acuerdos:

1. La Agenda 21
2. La Declaración de Rio sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo,
3. La Declaración de Principios Forestales y
4. El Convenio Marco de las Naciones Unidas contra el Cambio Climático
5. El Convenio de la Biodiversidad

Este suceso, hizo ver que los problemas ambientales estaban completamente relacionados a los aspectos económicos y problemáticas sociales (Monteforte, 2020).

Los eventos organizados posteriores a la Cumbre de Río, no cambiaron en mucho la definición a lo largo de los años.

III.1.2 La Sustentabilidad en México

En el mundo, los años ochenta se declararon como una "década perdida" (Escobar, 2007). Países de Latinoamérica (incluido México), Asia y África sufrieron pérdidas de empleo, ingresos, progreso, crecimiento y además, el stock de capital natural. A finales de esta década el movimiento sustentable se convirtió en una exigencia novedosa en los movimientos y organizaciones sociales, en el sector privado y en las acciones de algunos gobiernos (Escobar, 2007).

El gobierno de México ha buscado asentar un marco normativo, que organice los problemas ambientales con el uso del stock de capital natural, y así lograr mecanismos efectivos de preservación de los recursos naturales (Escobar, 2007).

El Desarrollo sustentable se encuentra implícito en el Artículo 27 de la Constitución con la conservación de los recursos naturales (Escobar, 2007). En este artículo se señala que:

“La nación tendrá en todo tiempo el derecho de imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público, así como el de regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana...” “para preservar y restaurar el equilibrio ecológico...”¹

Como respuesta tardía a los distintos reclamos de la sociedad civil debido a las crisis ambientales en las zonas urbanas, en 1983 se crea la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) (Escobar, 2007). Esta secretaria se creó para garantizar y reorientar la política ambiental del país (Hoja técnica de divulgación, 2017).

A principios de los 90´s, Escobar (2007) menciona que la consolidación del desarrollo sustentable en el país, influenciada por los lineamientos estratégicos para el desarrollo sustentable de la *Agenda 21*, se vio retrasada por varios acontecimientos que atravesaba el país en ese momento, como la crisis institucional y el levantamiento armado en Chiapas al mismo tiempo del TLCAN.

¹Constitución Política De Los Estados Unidos Mexicanos. Art. 27. 5 de febrero de 1917 (México).

En nuestro país, el término de Desarrollo Sustentable, tuvo una primera etapa discursiva e institucional alrededor de la década de los 80's donde se formaron dependencias que trataron de incluir el concepto del desarrollo sostenible, pero fue hasta 1996 donde el presupuesto para temas ambientales aumentó considerablemente (Escobar, 2007). Pero a pesar del avance de las últimas décadas, el crecimiento económico se ha basado en la insustentabilidad de los bienes públicos (Escobar, 2007).

III.1.3 Definición de Sustentabilidad

Según Pierri (2005), existen tres corrientes ambientales surgidas del concepto de desarrollo sustentable, estas aparecen a lo largo del debate ambientalista.

La corriente ecologista conservacionista o sustentabilidad fuerte. Ligada históricamente al conservacionismo naturalista del siglo XIX. Tiene bases en la ecología profunda y toma forma en la discusión a partir de las propuestas del crecimiento económico y poblacional cero de los sesenta (Pierri 2005). Esta corriente considera una crítica mayor a las posturas del progreso, acepta que la naturaleza puede ser una forma de capital, pero con una imperante necesidad de salvaguardar los componentes esenciales de los ecosistemas (Gudynas, 2011). Esta sustentabilidad rompe con el paradigma del desarrollo y los procesos ofrecen alternativas al desarrollo (Monteforte, 2020)

Existe una sub-corriente llamada sustentabilidad super fuerte. Esta postura engloba la valoración múltiple del ambiente, se reconocen las limitaciones de la ciencia y tecnología, para esta postura es importante el principio precautorio y propone cambios más radicales y sustanciales que el desarrollo convencional (Gudynas, 2011)

El ambientalismo moderado o sustentabilidad débil. Con una perspectiva antropocéntrica y desarrollista, acepta la existencia de algunos límites propios de la naturaleza. Tiene bases teóricas en la economía ambiental y sus principales voceros son los organismos internacionales (Pierri 2005). Es una postura que considera que el desarrollo está ligado directamente al crecimiento económico, se acepta las distintas formas de comercializar los recursos y se aplican las innovaciones científicas. (Gudynas, 2011). Esta corriente no se deslinda del paradigma del desarrollo, lo remite a usos alternos, como las energías limpias.

La corriente humanística crítica. Tiene raíces en los movimientos anarquistas y socialistas. La corriente se pronuncia con la propuesta del ecodesarrollo en los setenta. Mas adelante se centra en atender las necesidades y calidad de vida de las mayorías, con el uso responsable de los recursos naturales. De ella se desprenden dos corrientes más: La Anarquista y la Marxista (Pierri 2005)

También hay una escala de alternativas propuestas por la literatura llamadas grados de sustentabilidad (Tabla 1). Se presentan la muy fuerte y la muy débil y dos intermedias la fuerte y débil. El primer grupo de esta escala representa perspectivas extremas relacionadas al crecimiento, se opone y lo defiende, respectivamente. Después tenemos las intermedias, las cuales, la fuerte se basa en la economía ecológica no ortodoxa y la débil que identifica la sustituibilidad como no perfecta y se preocupa por cierto capital natural (Pierri, 2005)

Tabla 1. Grados de Sustentabilidad

Muy Fuerte	Fuerte	Débil	Muy Débil
Ecocentrismo	←—————→		Antropocentrismo

Fuente: Adaptado de ¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentables (p.72), por N. Pierri, 2005, Porrúa

Para este punto se debe considerar una diferencia entre los conceptos Desarrollo Sustentable o Sostenible y Sustentabilidad. Con la finalidad de abordar una definición que sirva como guía en el presente trabajo. En este trabajo se abordará algunos aspectos de las diferencias. Muchos autores usan de forma indistinta ambos conceptos y esto genera confusión en la argumentación.

En primera instancia, según la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales² (SEMARNAT, 2018), Desarrollo Sostenible es la reunión de tres aspectos interdependientes: Economía, Sociedad y Medio Ambiente. Y se ven como el desarrollo económico y social, respetuosos con el ambiente. El termino sustentable se refiere a algo que se puede sustentar por sí mismo.

La búsqueda del encontrar el equilibrio entre los tres pilares del desarrollo sostenible (economía, sociedad y medio ambiente), es absurda, ya que el crecimiento económico y las demandas para el bienestar de la sociedad tiene un costo ecológico (Gligo, 2007, como se citó en Monteforte 2020). No es claro el por qué solo se toman en cuenta estas tres aristas para el desarrollo sostenible. El balance entre ellas tampoco es claro. Pero este esquema triangular es fácil y encaja en la posición donde el crecimiento económico sigue siendo objetivo del desarrollo (Gudynas, 2011).

Para Monteforte (2020) “el desarrollo sustentable refleja la fe ciega que tiene la modernidad en la capacidad humana para administrar la naturaleza” (p.66). Con los documentos científicos y políticos como el informe Brundtland se fija una postura la cual piensa que se puede

² Obtenido de Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (24 de julio de 2018) Diferencia entre sustentable y sostenible. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/diferencia-entre-sustentable-y-sostenible>

administrar los recursos del planeta entero por una elite eco-tecno-crática (Worster, 2008). Por otro lado, Martínez y Martínez (2016) indican que el discurso sobre el desarrollo sostenible es una respuesta a los límites del crecimiento. El termino, entonces, sirve para continuar por parte de los países industrializados con el crecimiento sin el contexto ético de tal crecimiento.

En definitiva "El desarrollo sustentable es un discurso complejo que genera una serie de acciones cuya validez es provisional y de corto plazo..." (Monteforte, 2020, p.70). Pero hoy en día es muy aceptado por dos características de su discurso: Lo atractivo y lo ambiguo. Se han manipulado los conceptos del desarrollo y la conservación donde se elabora una combinación que no dice nada en concreto. (Monteforte, 2020).

Finalmente, el desarrollo sostenible y las medidas han servido en alguna medida para disminuir la degradación del medio ambiente. Sería peor la situación actual sin medidas aplicadas de conservación, reciclado o energías limpias. Sin embargo, es necesario seguir con los análisis y ver más allá de las estrategias para entender las causas de la compleja situación en la que estamos inmersos hoy en día (Monteforte, 2020).

Ahora, el concepto de la sustentabilidad, que no es más claro ni más sencillo que el del Desarrollo sostenible. La sustentabilidad es un concepto sumamente amplio, relacionado con aspecto como la presión de una población, el cambio en los países, aumento con la pobreza, la degradación de la tierra y la contaminación ambiental (Zlotnik, 2005). Los estudios de la sustentabilidad involucran distintos enfoques como la antropología, ecología política, filosofía, ética y ciencias ambientales (Kopnina y Shoreman, 2015). Además "se debe considerar la sustentabilidad desde una perspectiva geográfica, cultural, política,

axiología y educativa para completar el carácter complejo que abarca este concepto” (Martínez y Martínez, 2016, p.140)

La sustentabilidad se puede aplicar en muchas escalas y contextos. Esta diversidad de perspectivas complica entender que se entiende por sustentabilidad. En sí, aun no existe una definición aceptada por todo el mundo y puede ser por el hecho de cómo fue creada. Es posible que se espere mucho con este concepto. Las grandes expectativas han creado un concepto confuso y discutido (Farley y Smith, 2014).

La definición colectiva de la sustentabilidad tiene relación con aspectos políticos e implicación de nuestras acciones y comportamientos diarios. Los programas, acciones, políticas y ejercicios de sustentabilidad varían en los objetivos, metas y resultados. Por lo tanto, la sustentabilidad no significa lo mismo para todos, significa todo para todos. (Farley y Smith, 2014). Se debe intentar redefinir la sostenibilidad de una manera que sea informada, teniendo como objetivo remplazar falsos conceptos, para abordar elementos multidisciplinarios que encierren el concepto sin ser dar una definición demasiado larga. (Farley y Smith, 2014).

La sustentabilidad implica un vínculo estrecho entre la sociedad y la naturaleza. Puede ayudar a comprender la relación entre estos sistemas y la relación existente en la génesis de los problemas ambientales. Debe impulsar la conciencia, los valores y los comportamientos para la toma de decisiones. (Martínez y Martínez, 2016)

Las propuestas entorno a la sustentabilidad debe estar constituida por la necesidad de todos los actores involucrados, teniendo en cuenta las responsabilidades basadas en un marco de principios sociales equitativos. (Martínez y Martínez, 2016).

Hay propuestas como la Neo-sustentabilidad basadas en viejas ideas y nuevas críticas para ser una especie de concepto revisado. En esta visión

se corrige la interpretación amplia de la sustentabilidad, agrega precisión y simplicidad de una manera que hace insostenible el abuso al planeta (Farley and Smith, 2014). A pesar de este tipo de interpretaciones estrictas, ninguna de ellas solucionara los daños pasados por la humanidad, pero "nos pondrá en una nueva trayectoria que busque el bienestar y la suficiencia sobre el mal consumo y la inequidad" (Farley and Smith, 2014, p.163).

Para concluir esta parte del capítulo, es posible decir que no hay aun una definición de sustentabilidad clara, concisa y de utilidad para todos. Sin embargo, es necesario tener en cuenta un enfoque. Monteforte (2020) nos dice que:

"La sustentabilidad es un proceso regional/local, no global, a menos que se considere como global la suma de lo local. Su éxito radica en que sea a pequeña escala (a escala humana, en la que influimos y confluimos seres humanos comunes y corrientes, pero conscientes de su papel como actores históricos del cambio social), en la autolimitación y autocontención. No debemos soñar con un mundo sustentable, debemos construir comunidades sustentables. Crear estas comunidades sustentables que prosperen dentro de sus límites biofísicos ya no debe ser considerado un objetivo distante y utópico, sino como un asunto que se debe de tratar urgente y contundentemente". (p.196)

Esta visión de la sustentabilidad será tomada en cuenta para el presente trabajo y da cabida a lo que hacen las universidades, siendo actores importantes de las decisiones tomadas a lo largo del tiempo.

III.2 Campus sustentables

Teniendo en cuenta la grave crisis ambiental y social en la que la humanidad está inmersa, las universidades han jugado un papel importante “para crear un futuro justo y sostenible” (Cortese, 2003, p. 17).

Para Farley y Smith (2014) “las universidades tienen la responsabilidad de desarrollar la conciencia, el conocimiento, las tecnologías y las herramientas necesarias para diseñar sistemas más sostenibles en todos los niveles de interacción humana” (p.137). En el mismo sentido el Reporte Essex menciona que las universidades tienen la libertad de desarrollar ideas innovadoras, estar relacionados con la sociedad, ser partícipes de experimentos y contribuir con la creación de conocimiento (Essex Report, 1995).

Entonces las universidades “Como bastión del conocimiento permiten encabezar la búsqueda de soluciones a la compleja problemática ambiental” (Batllori, 2008, p.11). Las universidades deben ser partícipes principales de estos procesos, a pesar de las dificultades comunes como los límites burocráticos, sistemas contraproducentes, baja calidad de la experimentación y la falta de financiamiento adecuado. (Essex Report, 1995)

La UNESCO (1987) por su parte, con objeto de alcanzar el desarrollo sostenible, planteó en consecuencia con lo anterior, tres objetivos principales para la educación ambiental (figura 3):

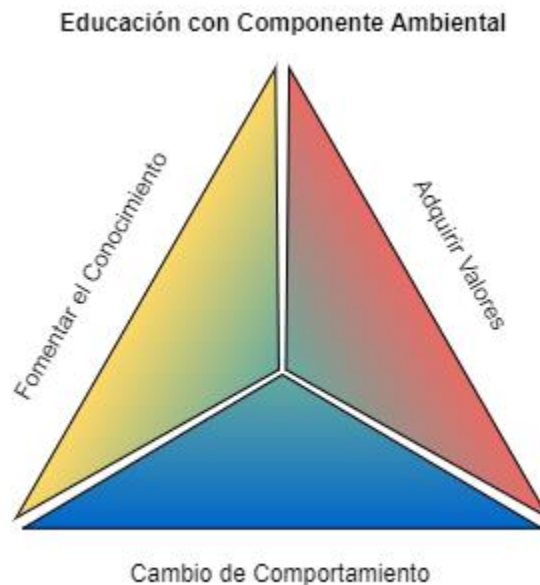


Figura 3. Componentes del modelo para la educación ambiental para la sustentabilidad

Fuente: UNESCO. International Congress on Environmental Education and Training. Moscú/París, 1987.

Por otro lado, la ONU declaró al periodo 2005-2014 “La década de la educación por el desarrollo sostenible”, asegurando que el papel de la educación en el logro de la sostenibilidad es fundamental ya que no hay posibilidad de lograrlo, si no hay un cambio educativo (ONU, 2002). Las universidades son “nuestra mayor esperanza de incorporar la sostenibilidad en la corriente principal y ampliar el alcance de los actores involucrados en asumir el desafío de la sostenibilidad” (Farley and Smith, 2014, p. 136).

Farley y Smith (2014) señalan que los campus universitarios son sistemas ecológicos, con entradas y salidas, circuitos de retroalimentación, procesos interdependientes. Sin embargo, puede que los campus universitarios no solo sean sistemas ecológicos, sino sistemas socio-ecológicos (figura 4). Este tipo de sistemas son complejos y están

acoplados o vinculados a las sociedades y aspectos ecológicos (Jacques, 2015).

Según la definición de Jacques (2015), un sistema es “un conjunto organizado de partes que crean un todo unificado más grande que ninguna de las partes podrían haber producido por si solas” (p.46) y un sistema complejo es “aquel que tiene muchas partes internas y muchas relaciones entre estas partes, por lo que cambiar una parte produce resultados en su mayoría impredecibles” (P.46). Por otro lado, Ayers (2017) define a los sistemas como “un conjunto de componentes que interactúan o son interdependientes que forman un todo integrado” (p.8).

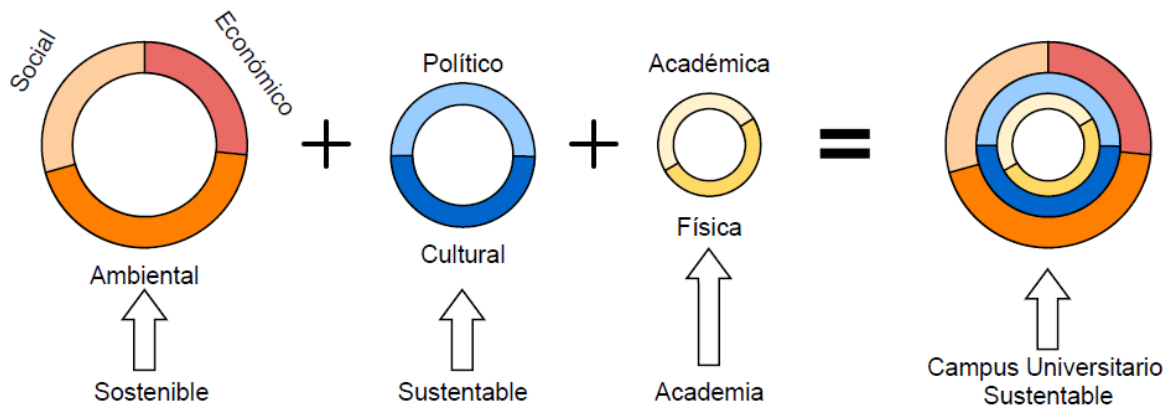


Figura 4. Sistema del campus universitario

Las instituciones de educación superior son “sistemas abiertos y complejos los cuales se encuentran en un proceso de permanente autoorganización” (Reporte y Evaluación de la Sustentabilidad para Instituciones de Educación Superior [RESIES], 2019, p.4). Para Nixon (2002), las instituciones de educación superior son como microcosmos de la sociedad misma, ya que: albergan personas, se mantienen las instalaciones, se distribuyen insumos, se hacen compras, se administran proyectos y procesos, se hacen balances financieros y todo está relacionado a una legislación ambiental. Que una comunidad universitaria lleve a cabo sus tareas y actividades diarias, es una prueba de las formas

de lograr una vida en el campus ambientalmente responsable (Essex report, 1995).

El esfuerzo hecho por las escuelas de educación superior para incorporar en sus planes de estudio a la dimensión ambiental es una cuestión compleja, Batllori (2008) señala que este aspecto no es nada sencillo, ya que es el producto de la interacción de diversos aspectos socioambientales que necesitan un enfoque teórico y práctico, que lleve a su comprensión y solución.

Los hechos más importantes sobre la educación ambiental en el mundo son lo que se detallan en la tabla 2.

Tabla 2. *Eventos históricos sobre educación ambiental*

Año	Acontecimiento
1949	La UNESCO realiza un estudio internacional sobre la preocupación por el medio ambiente y sus implicaciones educativas.
1968	Algunos países expresan la necesidad de organizar una educación relacionada con el ambiente. En Inglaterra surge el <i>Consejo para la educación ambiental para la sustentabilidad</i> , organismo coordinador de organizaciones dedicadas al ambiente y educación.
1971	En París, Francia, se lleva a cabo la primera reunión del <i>Consejo Internacional de Coordinación del "Programa sobre el Hombre y la Biosfera"</i> . Conocida como programa MAB. Es un proyecto con relación al conocimiento de ciencias naturales y sociales para la conservación de los recursos.
1972	Se efectúa en Estocolmo, Suecia, la <i>Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano</i> . En el documento " <i>Declaración sobre el Medio Humano</i> " el principio 19 de este documento habla de lo indispensable de la educación en aspectos ambientales.

1975	En Belgrado, Yugoslavia, se llevó a cabo el " <i>Seminario Internacional de Educación Ambiental</i> " donde el documento "Carta del Belgrado" define conceptos básicos de la educación ambiental.
1977	En la <i>Conferencia Intergubernamental de Educación Ambiental</i> realizada en Tbilisi, Georgia, URSS, se establecieron directrices importantes de educación ambiental para años posteriores. Reunión en Bogotá, Colombia, donde dijo que la educación ambiental es algo esencial en los procesos de ecodesarrollo.
1987	Se crea el <i>Informe Brundtland</i> , dando las bases conceptuales de la Educación Ambiental para el Desarrollo.
1992	En 1992 en Rio de Janeiro, Brasil, se celebró la <i>Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo</i> . El principio número 10 de la <i>Declaración de Rio</i> hace hincapié en la educación ambiental para la sustentabilidad. Se realiza la <i>Jornada Internacional de Educación Ambiental</i> donde surge el <i>Tratado de Educación Ambiental para sociedades sustentables y responsabilidad global</i> donde se señala la forma de tratar los problemas e insta a los educadores ambientales a tratar situaciones conflictivas reales.
1998	Se celebra en Grecia la <i>Conferencia Internacional sobre Medio Ambiente y Sociedad: Educación y Conciencia Pública para la Sustentabilidad</i> . Donde los objetivos se basan en el papel de la educación ambiental y la movilización en varios ámbitos.
2002	Se lleva a cabo la Cumbre de Johannesburgo en Sudáfrica, donde se propuso la <i>Década para la Educación para el Desarrollo Sustentable</i> . Además, se reafirmó en el Capítulo 36, la educación como fundamento de la sustentabilidad.
1992-2006	Congresos Iberoamericanos de Educación ambiental. Generaron interés en la educación ambiental en América Latina. Se prioriza el intercambio regional de experiencias sobre educación. ^a

Fuente: Batllori (2008) a. Zabala y García (2008)

Un hecho a resaltar, que es resultado de este esfuerzo, es que la educación superior es el productor principal de quienes gestionaran algún día las instituciones o desarrollaran nuevas compañías de la sociedad (Farley y Smith, 2014). La universidad prepara a las personas que administrarán las instituciones en el futuro y por otro lado serán los maestros de las generaciones futuras (Essex Report, 1995).

El manual RESIES (2019), nos dice que una institución que implemente la iniciativa de sustentabilidad en la formación o investigación pero que no considere mejoras en sus operaciones o gestión de operaciones diarias, es una institución que no pone en práctica lo que trata de enseñar. Esto puede tener un efecto negativo en el aprendizaje entre la teoría y práctica de la sustentabilidad. Por otro lado, esto puede significar también una oportunidad para completar el proceso formativo, complementándolo con la experiencia cotidiana de habitar espacios que transitan hacia la sustentabilidad.

Este movimiento como dice Clugston y Calder (1999) provoca un cambio importante en el paradigma general de la academia, donde lo hace consciente y reflexivo acerca del papel que juega la institución en los sistemas sociales y ecológicos. Es decir, lo hace consciente del papel importante del sistema socio ecológico que es la universidad en sí.

El movimiento sustentable en la educación superior inicio en 1990 con la Declaración de Talloires, firmado por 265 universidades en más de 40 países (Farley and Smith, 2014). "Este documento es un compromiso con la sostenibilidad ambiental en la educación superior" (Association of University Leaders for a Sustainable Future [ULSF], 2015)

El reconocimiento de que tan importante puede significar este movimiento se ve reflejado en las muchas declaraciones y cartas que siguieron

después de 1990 a nivel global y en muchas partes del mundo, como se puede ver en la tabla 3.

Tabla 3. *Declaraciones y cartas relevantes del movimiento sustentable en el mundo*

Año	Declaración/ Carta	Aplicación	Descripción
1990	Declaración de Talloires	Global	Primera declaración enfocada para el sector de educación superior
1991	Declaración de Halifax	Global	La obligación ética y moral de las universidades de abordar la sustentabilidad es reconocida.
1993	Declaración de Swansea	Global	La declaración puso especial atención en los compromisos descritos en documentos anteriores.
1994	Carta de la universidad CPERNICUS de desarrollo sustentable	Regional: Europa	Cambio de paradigma en las universidades europeas.
2001	Declaración de Lüneburg	Global	Preparación de la cumbre mundial de desarrollo sustentable en Johannesburgo
2002	Declaración de Ubuntu	Global	Llamada para un aprendizaje global de la sustentabilidad. Se sugirieron redes y centros especializados.
2005	Declaración del Compromiso de las universidades con el desarrollo sostenible.	Global	Destaca las oportunidades clave para incluir la sustentabilidad en la educación superior en el proceso de Bologna.
2005	Comunicado de Bergen	Regional: Europa	Las universidades deberían construir principios de sustentabilidad.
2008	Declaración de la Conferencia regional en Educación superior en América latina y el Caribe. (CRES)	Regional: América latina y el Caribe	La CRES ha intentado contribuir a identificar los principales problemas de la región, para la conferencia mundial de la UNESCO de 2009.

2008	Declaración de sustentabilidad de Sapporo en Cumbre universitaria G8	Global	El objetivo fue desarrollar en común el reconocimiento de la necesidad para la sustentabilidad global, discutir la responsabilidad de las universidades.
2008	Carta de Promoción de sustentabilidad en la red de educación e investigación de posgrado.	Regional: Asia-Pacífico	Una alianza de varias instituciones de educación superior en Asia y el Pacífico que se comprometieron para trabajar juntos para integrar el desarrollo sustentable en sus cursos de posgrado.
2009	Conferencia Mundial en Educación superior	Global	Llamada de los gobiernos para incrementar la inversión en educación superior, alentando la diversidad y fortaleciendo la cooperación regional para las necesidades de la sociedad.
2009	Declaración de Turín en Educación y investigación para el desarrollo sustentable responsable.	Global	El objetivo fue reconocer el importante rol que deberían de tener las instituciones de educación superior y organizaciones de investigación científica en el apoyo a la sostenibilidad en todos los niveles de la sociedad.
2010	Compromiso de UNICA de Green Academic Footprint	Regional: Capitales de Europa	Se hizo énfasis en la posición única de las universidades principales en Europa.
2011	Declaración de las Américas "Por la sustentabilidad de y desde la universidad"	Regional: Inter Americana	Compromiso de universidades para asumir la responsabilidad institucional de la crisis ambiental y alentar a otros actores sociales a hacer lo mismo.
2012	Compromiso de prácticas sustentables en institutos de educación	Internacional	Desarrollado por la conferencia de las naciones unidas Rio+20

	superior en la Conferencia de las naciones unidas sobre desarrollo sustentable		
--	--	--	--

Fuente: Tilbury (2012)

Dlouhá (2014) señala que después de la conferencia Rio+20 se presentaron de forma practica la descripción general de los métodos para ecologizar la universidad, centrada en el cambio de cinco áreas:

1. Cultura universitaria: Se incluye una combinación de aspectos de enseñanza, investigación, gestión universitaria y comunicación con el público
2. Administración ambientalmente amigable de los campus universitarios: ahorro de energía, gestión de residuos, aseguramiento de la biodiversidad, apoyo en comercio justo, reducción de la huella de carbono, otras opciones para ecologizar las operaciones del día a día.
3. Cambio curricular: estos cambios se refieren a los enfoques inter y transdisciplinarios y el desarrollo del pensamiento crítico. Estos cambios promueven el desarrollo de competencias importantes, como actuar en situaciones complejas, cooperar y mantener diálogo, así como también el arte de anticiparse al futuro.
4. Compromiso comunitario: El traspaso sistemático de los limites académicos y el diálogo con la sociedad.
5. Conexión de sistemas: Incluye los puntos anteriores y crea condiciones para su realización. Esto resulta de las políticas a la educación en varios niveles.

Todo estos estos puntos ayudan a incrementar el interés de las universidades en las necesidades de la sociedad Dlouhá (2014)

Como menciona Farley y Smith (2014) después de la declaración de Talloires, muchas organizaciones de campus sustentables nacieron, como el American College and University Presidents' Climate Commitment (ACUPCC); Association for the Advancement of Sustainability in Higher Education (AASHE); Sustainability Tracking, Assessment and Rating System (STARS); International Sustainable Campus Network (ISCN). Estas organizaciones tienen criterios en relación con la sustentabilidad para incluir a las universidades, como la incorporación del tema en el plan de estudios, los programas de investigación y la divulgación para la conciencia ambiental. Como podemos ver en la figura 5 el ISCN tiene presencia en cuatro continentes y esta relaciona en más de veinte países



Figura 5. Miembros de la Red de Campus Sustentable de la International Sustainable Campus Network (ISCN).

Fuente: Tomado de 2018 WEF-ISCN Report: Educating with Purpose(p.8), por ISCN, 2018.

Las redes de campus son asociaciones voluntarias, que se orientan principalmente en procesos de comunicación (Dlouhá et al. 2017). Las redes son agentes de cambio para la misión educativa central de las Instituciones de Educación superior (IES) y las operaciones sostenibles en el campus, donde utilizan herramientas de evaluación relevantes. (Dlouhá et al. 2017).

Dlouhá et al. (2017), menciona que las redes de universidades agregan valor en el aspecto de las políticas de desarrollo sustentable en comparación a los campus no asociados en redes universitarias. Las redes representan un motor de motivación que alienta a las universidades a realizar sus compromisos sustentables.

Hoy en día hay muchas herramientas y recursos disponibles para ayudar en el proceso de implementación del campus sustentable (Nixon, 2002). El proceso de ecologizar una institución es por medio de la medición y evaluación de los impactos sociales y ambientales. Una herramienta de medición y evaluación en todas sus variaciones se puede denominar Evaluación de la sustentabilidad del campus (Nixon, 2002).

Actualmente hay herramientas enfocadas al contexto Latinoamericano como Manual RESIES y tiene el mismo objetivo de facilitar la transición de las IES hacia la sustentabilidad. Esta herramienta fue creada por la Red Campus Sustentable (RCS). Uno de sus modelos (SIES) muestra la estructura de las IES con un enfoque sustentable (figura 6).

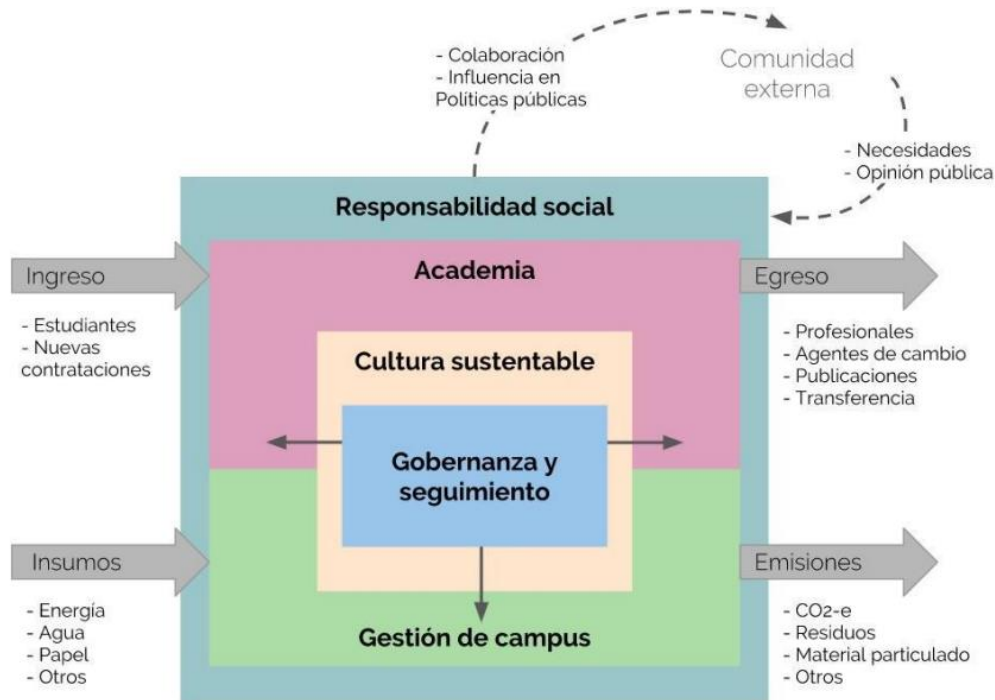


Figura 6. Estructura de los campus sustentables según el Manual RESIES

Fuente: Tomado de *Reporte y Evaluación de la Sustentabilidad para Instituciones de Educación Superior* (P.6), Red de Campus sustentable, 2019

Como podemos observar en el diagrama, la parte administrativa que lleva el seguimiento se ubica en el centro, con la función de coordinar todo lo relacionado con la institución. De este núcleo surge la cultura sustentable que direcciona e ilustra las acciones para la comunidad. En la parte superior se encuentra a la academia, encargada de la formación y la investigación. En la parte inferior se encuentra la gestión del campus, como base para el funcionamiento de todas las demás las actividades de las IES. Finalmente, el modelo se encuentra rodeado por la Responsabilidad social, un componente importante para las acciones internas y la promoción externa de la sustentabilidad

III.3 Indicadores de Sustentabilidad

En cualquier país, ciudad, empresa, institución, incluso escuela, que ha decidido dirigir sus acciones hacia una perspectiva enfocada en la sustentabilidad, a su comunidad les interesa conocer el progreso de los objetivos planteados.

Para cualquier nivel, como lo señala Castillo (2012), la evaluación de estos objetivos requiere una metodología multidimensional para conocer las tendencias de cambio y contribuir a prevenir eventos no deseables en los objetivos. Por lo tanto, estos procesos de evaluación para la sustentabilidad se encargan de identificar y calificar la interacción entre los subsistemas (ambientales), con el fin de mejorar las condiciones que influyen en el sitio de estudio (Castillo, 2012).

De este modo, Kruijf y Van Vuuren (1996) señalan que la evaluación de la sustentabilidad en nuestras sociedades requiere información en este aspecto.

La información está en relación de dos factores, el tiempo de muestra, como dice Ayers (2017), que para cuantificar la sustentabilidad y medir su progreso, se necesita estimar la cantidad de capital, natural, social y económico a lo largo del tiempo; y el sitio de estudio y el método, como dice Fredericks (2015), donde señala que los datos relacionados con la sustentabilidad frecuentemente se recolectan usando diferentes métodos y supuestos y son diferentes dependiendo del contexto y la extensión del área en la que se aplique.

Un modelo para medir la sustentabilidad debe incluir indicadores que identifiquen la presión de las actividades humanas en el estado actual de cada uno de los subsistemas y sus consecuencias (Kruijf y Van Vuuren, 1996). En el mismo enfoque, Fredericks (2015) afirma que la sustentabilidad es una compleja y multifacética meta, que necesita

múltiples indicadores para monitorear su progreso. Y debido a su complejidad, la medición de lo sustentable debe realizarse utilizando un enfoque menos costoso y arduo que involucre una gran variedad de indicadores (Armon y Hänninen, 2015).

La evaluación de la sustentabilidad tiene una gran relación con los indicadores de sustentabilidad, como lo muestra la figura 7.

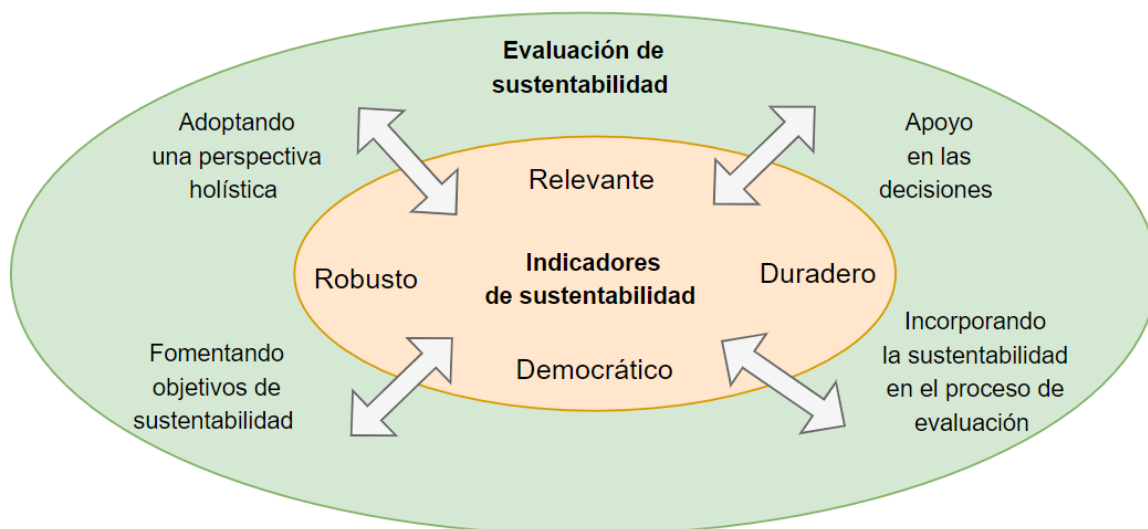


Figura 7. Relación entre la evaluación e indicadores de sustentabilidad

Fuente: Adaptado de "Sustainability Assessment and Indicators: Tools in a Decision-Making Strategy for Sustainable Development" (p.16), por T. Waas, h., Hugé, T., Block, T., Wright, F., Benitez-Capistros y A., Verbruggen, 2014, Sustainability, 6 (9)

Los indicadores, entonces, actúan como una herramienta para medir los objetivos hacia la sustentabilidad, Waas et al. (2014) argumenta que los indicadores muestran el desempeño como una medida de la distancia al objetivo. Y como tal, la información que se comunica con los indicadores puede convertirse en conocimiento acerca de la sustentabilidad de un proceso en particular (Figura 8).

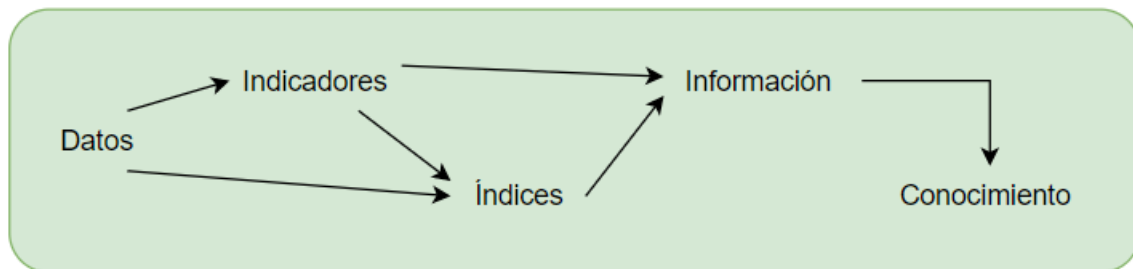


Figura 8. Proceso de creación del conocimiento a partir de datos

Fuente: Adaptado de "Sustainability Assessment and Indicators: Tools in a Decision-Making Strategy for Sustainable Development" (p.14), por T. Waas, h., Hugé, T., Block, T., Wright, F., Benitez-Capistros y A., Verbruggen, 2014, Sustainability, 6 (9)

Para cualquier aspecto, los indicadores de sustentabilidad deben contener todos los elementos relevantes para su construcción y las interacciones entre cada uno de ellos (Kruijf y Van Vuuren, 1996).

III.3.1 Características de los indicadores de sustentabilidad

III.3.1.1 Definiciones

Hay diversos enfoques en las cuales está definido el término "indicador". En general, estas definiciones están relacionadas a los temas de sustentabilidad.

Para la OECD (2005) un indicador es un parámetro que intenta describir el estado de un fenómeno, entorno o área, y con una importancia que va más allá del valor mismo del parámetro. Cabe mencionar que para la OECD un parámetro es una cantidad que es medida u observada.

Hay enfoques que lo ven como una "herramienta". La OECD (2005) lo define como una herramienta, como muchas otras, que se debe

interpretar en un contexto específico. En el mismo sentido, Waas et al (2014), define que los indicadores son herramientas para ayudar en la toma de decisiones relacionadas a la sustentabilidad, pueden ser utilizadas en distintos campos/diciplinas y ser aplicados en diversos contextos socio ambientales. Con un enfoque similar la Environmental Protection Agency [EPA] (2012) los define como: “Los indicadores de sostenibilidad son una herramienta poderosa para centrar la atención en importantes tendencias ambientales, económicas y sociales que brindan señales de cambio” (p.26).

Por otra parte, la definición de la EPA abarcar diversos ámbitos, su enfoque ve a los indicadores como un valor numérico que se origina de mediciones reales de una presión, estado o condición ambiental, exposición o salud humana o condición ecológica, en un dominio geográfico específico, cuyas tendencias a lo largo del tiempo representan la atención sobre tendencias del entorno en la condición del medio ambiente o la salud humana (EPA, 2012)

Otras definiciones tienen un enfoque más técnico de lo que es un indicador. Como Waas et al (2014), señala que, un indicador es la representación operativa de un atributo (calidad, característica, propiedad) de un sistema dado, mediante una variable cuantitativa o cualitativa (por ejemplo, números, gráficos, colores, símbolos) (o función de variables), incluido su valor, relacionado a un valor de referencia. El mismo autor propone un esquema que ejemplifica su definición integradora y técnica (Figura 9).

Otro enfoque se centra en la evaluación del progreso, como Fredericks (2015) describe, los indicadores son métodos, cuantitativos en su mayoría, para evaluar el estado de un sistema complejo o monitorear el progreso de un objetivo.

Y también hay definiciones más sencillas como la de Armon y Hänninen (2015) donde definen a los indicadores ambientales como eventos simples que nos permiten saber que está sucediendo en el entorno. Y la definición de la EPA (2012), que los define como una medida resumida que proporciona información acerca del estado o el cambio en el sistema que se está midiendo.

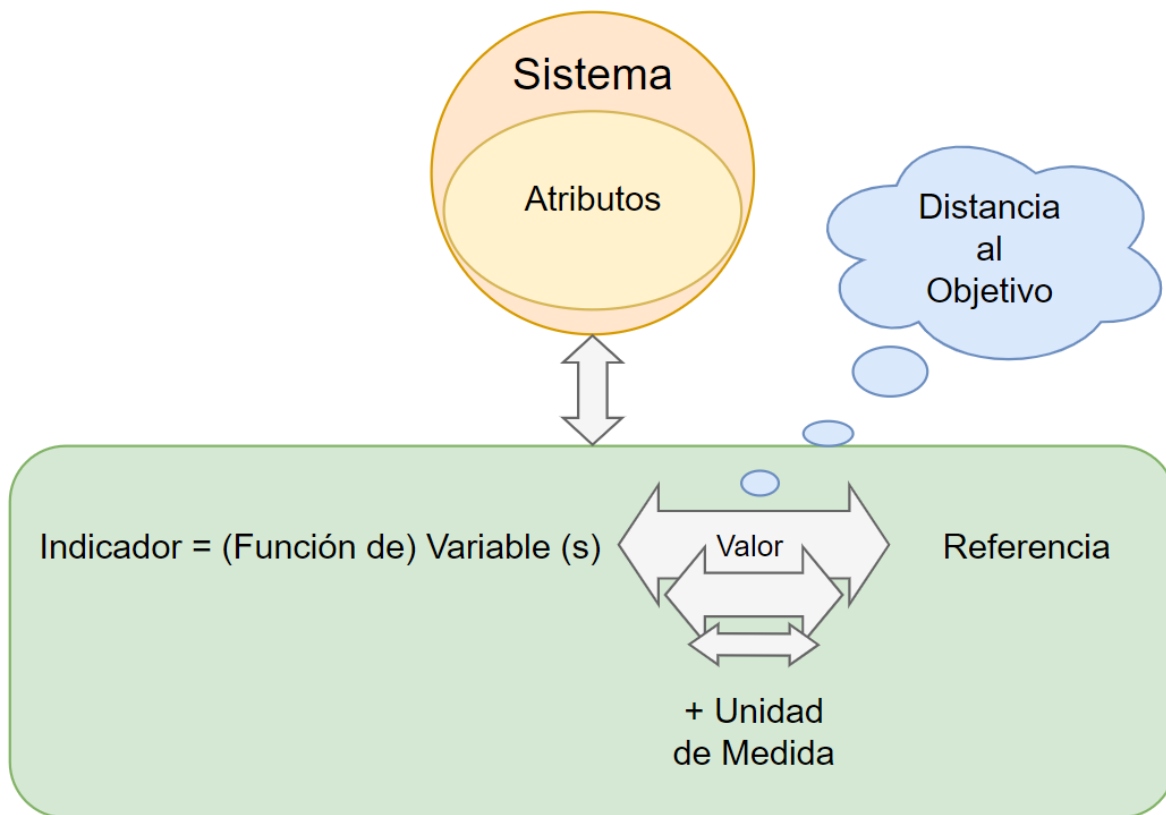


Figura 9. Presentación esquemática de la definición integral de un indicador

Fuente: Adaptado de "Sustainability Assessment and Indicators: Tools in a Decision-Making Strategy for Sustainable Development" (p.8), por T. Waas, h., Hugé, T., Block, T., Wright, F., Benitez-Capistros y A., Verbruggen, , 2014, Sustainability, 6 (9)

III.3.1.2 Aspectos relevantes para el diseño de indicadores

Al construir o diseñar indicadores se deben de tener en cuenta criterios distintos. Los cuales se agruparán en tres principales aspectos (OECD, 1993):

1. La relevancia para los tomadores de decisiones,
2. La solidez analítica y
3. La medición.

Con el propósito de incluir un enfoque más completo se agregó una sección donde se mencionan algunos de los errores al momento de construir indicadores.

En primer lugar, los indicadores están fuertemente influidos por sectores a los que serán dirigidos. Los indicadores deben desarrollarse teniendo en cuenta a los grupos de interés a los que será destinados, de esto dependerá el tipo de indicadores, características y transparencia que deben de tener (Kruijf y Van Vuuren, 1996).

La relevancia de los indicadores varía de acuerdo con el país y el contexto a que serán aplicados. Para considerarse e interpretarse en el contexto adecuado, se debe tener en cuenta las características ecológicas, geográficas, sociales, económicas del sistema de estudio (OECD, 2005). Así mismo, dentro de un mismo país varían conforme a la necesidad de los usuarios o al sector que serán destinados (Figura 10).

A continuación, se enlistarán todos aspectos pertinentes de las relevancias que debe tomarse en cuenta para el diseño de indicadores.

Los indicadores deben:

1. Ser significativos, comprensibles, claros e inequívocos. (ONU, 2007; OECD, 2005; Fiksel, 2009; kruijf y Van Vuuren, 1996; Waas et al, 2014)

2. Estar dentro de las capacidades de desarrollo de los interesados (ONU, 2007; Waas et al, 2014)
3. Proporcionar una visión clara de las condiciones ambientales, presiones ambientales y respuestas de la sociedad (OECD, 2005; Waas et al, 2014)
4. Responder a cambios en el ambiente y en las actividades humanas relacionadas (OECD, 2005; Kruijf y Van Vuuren, 1996; Waas et al, 2014)
5. Ser aplicables a distintas escalas, según sea el caso (OECD, 2005; Waas et al, 2014)
6. Tener preferentemente un valor con el cual puedan ser comparados y ser medidos (OECD, 2005; Waas et al, 2014)
7. Ser Integrales para proporcionar una visión general y reconocer los problemas que pueden influir en el desempeño (Fiksel, 2009)
8. Un significado más amplio que su significado inmediato (Kruijf y Van Vuuren, 1996)
9. Ser prácticos para permitir una implementación rentable y conveniente (Fiksel, 2009; Waas et al, 2014)
10. Ser democráticos, con la participación y el apoyo de los interesados (Waas et al, 2014)
11. Ser relevantes por sus atributos de sustentabilidad (Waas et al, 2014)

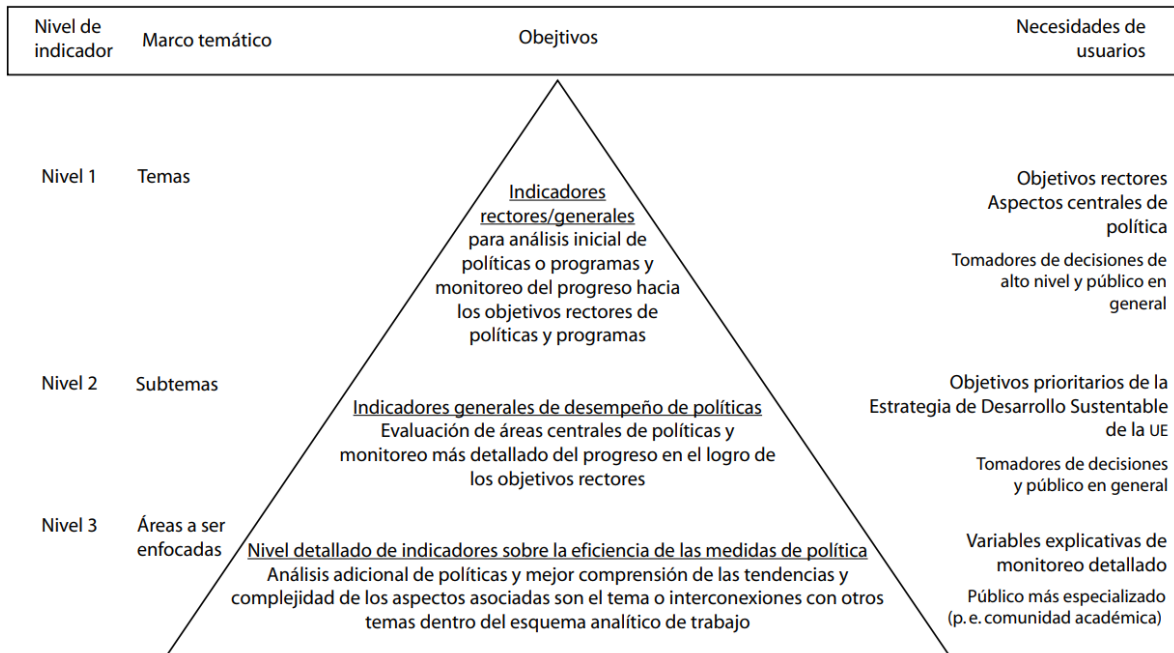


Figura 10. Pirámide de indicadores - Jerarquizando las prioridades ambientales, objetivos de políticas y niveles de decisión

Fuente: Obtenido de "Experiencia del INEGI en la elaboración de indicadores ambientales y de desarrollo sustentable" (p.39), por C. López, 2008. Instituto de Geografía UNAM

El otro aspecto que influye en el desarrollo de los indicadores es la solidez con la cual son analizados y construidos. Los indicadores no solo tienen que ser relevantes para evaluar el progreso (ONU, 2007) tienen que ser suficientemente completos (conceptualmente) para captar la naturaleza multidimensional de la sustentabilidad (ONU, 2007).

A continuación, se puntualizan los aspectos de solidez analítica para el desarrollo de indicadores:

1. Tener conceptos solidos (ONU, 2007)
2. Estar teóricamente bien fundamentados (OECD, 2005; kruijf y Van Vuuren, 1996; Waas et al, 2014)
3. Estar basados en acuerdos internacionales (ONU, 2007; OECD, 2005)

4. Ser capaces de relacionarse con modelos económicos, de desarrollo y sistemas de información (OECD, 2005)
5. Ser eficaces para respaldar las evaluaciones y el seguimiento través del tiempo (ONU, 2007; Fiksel, 2009)
6. De ser posible, tener una metodología clara y estandarizadas para facilitar la comparación (Waas et al, 2014)

El último de los aspectos para considerar es la medición. Este aspecto, como sugiere la OECD (2015), se refiere a la calidad de los datos y al hecho de medir, y deben de tomarse en cuenta con el fin de evitar interpretaciones erróneas. El cómo se miden los indicadores es distinto dependiendo del indicador.

A continuación, se enlistan los factores tomados en cuenta para cubrir este aspecto:

1. Ser objetivos en términos de técnicas de medición y verificabilidad, para ser aplicados en distintos ámbitos. (Fiksel, 2009)
2. Consistentes en diferentes instalaciones, teniendo en cuenta la diversidad de los sitios de estudio. (Fiksel, 2009)
3. Ser diferentes en cuanto a las diferentes escalas espaciales donde será aplicado (EPA, 2012)
4. Tener costos razonables y ser reproducibles (kruijf y Van Vuuren, 1996)

Ser apropiados para escalar en el tiempo y geográficamente (kruijf y Van Vuuren, 1996; Waas et al, 2014)

Un aspecto importante relacionado a la medición también son las características de los datos para elaborar indicadores. A continuación, se enlistarán los aspectos relevantes:

1. Ser medibles de forma repetida (Waas et al, 2014)

2. Estar en disponibilidad con una adecuada relación costo/beneficio (OECD, 2005; Waas et al, 2014)
3. Estar documentados y tener de calidad reconocida (OECD, 2005; ONU, 2007)
4. Ser actualizados con frecuencia y con procedimientos confiables. (OECD, 2005; Waas et al, 2014)
5. Recientes respecto a la publicación de los indicadores (OECD, 2005)

En esencia, no es necesario que cualquier indicador que sea desarrollado tengan todas las características antes mencionadas y que cubran todos los criterios, pero es deseable que un grupo de indicadores debe de cubrir dichos aspectos (Fiksel, 2009).

Hay dos elementos para la ONU (2007) que son muy importante como criterios de selección, y son la disponibilidad y relevancia. Como lo muestra la figura 11 hay solo un pequeño conjunto de indicadores que cumplen con estas características para ser tomados en cuenta.

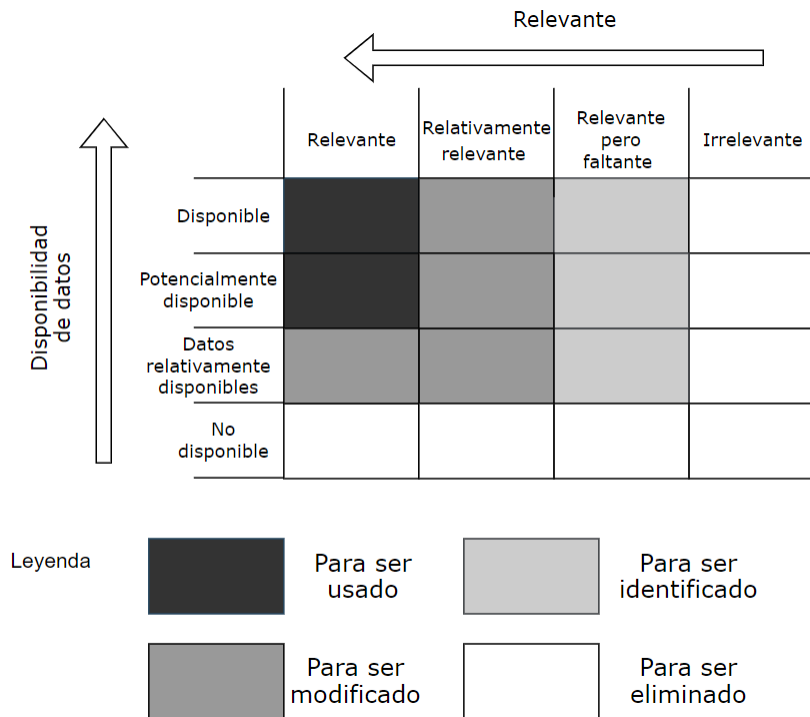


Figura 11. Matriz de adaptación de indicadores de sustentabilidad

Fuente: Adaptada de "Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies" (p.34) por Organization de las Naciones Unidas, 2007

Finalmente hay elementos o practicas a la hora de desarrollar indicadores que se convierten en errores. Para Waas et al (2014) estos errores son:

- Agregación excesiva
- Ocultar información relevante más detallada
- No medir los elementos importantes
- Usar un modelo sesgado
- Falsificaciones deliberadas para apoyar intereses particulares
- Exceso de confianza a los indicadores
- Indicadores no asociados al sistema real

Además, la ONU (2007) agrega que, al usar muchos indicadores, los resultados se vuelven difíciles de manejar e interpretar por parte de los tomadores de decisiones o grupos interesados.

III.3.1.3 Usos y funciones de los indicadores de sustentabilidad

Los indicadores pueden realizar muchas funciones y ser usados en muchos ámbitos prácticos. Waas et al (2014) señala que las funciones más fundamentales de cualquier indicador son tres:

- Interpretar la sustentabilidad
- Medir el impacto y estructurar la información
- Ejercer influencia en la toma de decisiones

Como primer término, interpretar la sustentabilidad se refiere a dos aspectos, el primero de ellos es "operacionalizar el desarrollo sostenible" (Waas et al, 2014, p.10), es decir, fomentar conceptos con un significado sencillo de entender y alejar la sustentabilidad de elementos abstractos (Rigby et al, 2001); el segundo aspecto se refiere al "aprendizaje social" (Waas et al, 2014, p.10), es decir, que los indicadores facilitan el aprendizaje continuo entre los interesados (Meadows, 1998). El desarrollo y la aplicación de los indicadores de sustentabilidad podría considerarse una forma de aprendizaje social (Bell y Morse, 2004)

Estructurar la información y medir el impacto, tiene dos principales elementos, los cuales son "Estructurar la complejidad y comunicar la información" e "identificación de brechas de conocimiento y datos" (Waas et al, 2014, p.10).

Estructurar la complejidad y comunicar la información hace referencia a organizar lo complejo que puede resultar la información, los indicadores de sustentabilidad hacen que un sistema sea observable, medible y observable (Waas et al, 2014). Los indicadores de sustentabilidad podrían servir como un puente en momentos de tensión entre los campos ambientales y sociales (Waas et al, 2014). Una forma de organizar la información por parte de los indicadores es reducir la cantidad de

parámetros y mediciones que comúnmente se necesitarían para dar el estado exacto de una situación (OECD, 2005).

Los indicadores de sustentabilidad pueden ser vistos como herramientas de comunicación, que simplifican la transmisión de los resultados de la medición, ideas y pensamientos (ONU, 2007; Kruijf y Van Vuuren.1996; OECD, 2005). Otra utilidad de los indicadores de sustentabilidad puede sugerir información para llenar brechas de datos y conocimiento (Hodge et al, 1999)

Finalmente, la función de ejercer influencia en la toma de decisiones está constituida principalmente por dos factores: "el aprendizaje social" y "el demostrar responsabilidad y evaluación comparativa" (Waas et al, 2014, p.10)

La primera de ellas ya fue mencionada con anterioridad, sin embargo, es importante recalcar que la influencia ejerce, como lo argumenta Waas et al (2014) señalando que, los indicadores de sustentabilidad podrían inducir un cambio en la mentalidad los encargados de tomar decisiones y por lo tanto cambiar sus decisiones y comportamientos.

Los indicadores de sustentabilidad pueden usarse para demostrar la responsabilidad de las partes interesadas con la sociedad al comunicar sobre el desempeño sustentable de un sistema (Bebbington, Brown y Frame, 2007). También pueden servir como una sencilla herramienta comparativa entre sistemas (Waas et al, 2014), que no podrían ser comparadas tan fácilmente por lo complejo de su naturaleza.

Otros factores importantes de esta función es llegar a mejores decisiones y a crear acciones más efectivas, ya que simplifica, aclara y hace que la información esté disponible para los encargados de formular acciones y políticas (ONU, 2007).

Los Indicadores de sustentabilidad pueden ayudar a incluir el conocimiento de las ciencias sociales y físicas en la toma de decisiones, así mismo pueden servir como una alerta para prevenir contratiempos en distintos ámbitos. (ONU, 2007)

Para la formulación de políticas, Kruijf y Van Vuuren (1996) señalan que los indicadores de sustentabilidad son vistos como una herramienta en el proceso de planificación, ya que ayudan el desarrollo de políticas, en la implementación y visibilizan los problemas y sus causas. Sin embargo, depender de indicadores incorrectos y un exceso de confianza en ello puede conducir a información errónea, lo que resulta en una mala política. Un esquema de como las políticas y acciones se aplican a la sustentabilidad esta ejemplificado en la figura 12.

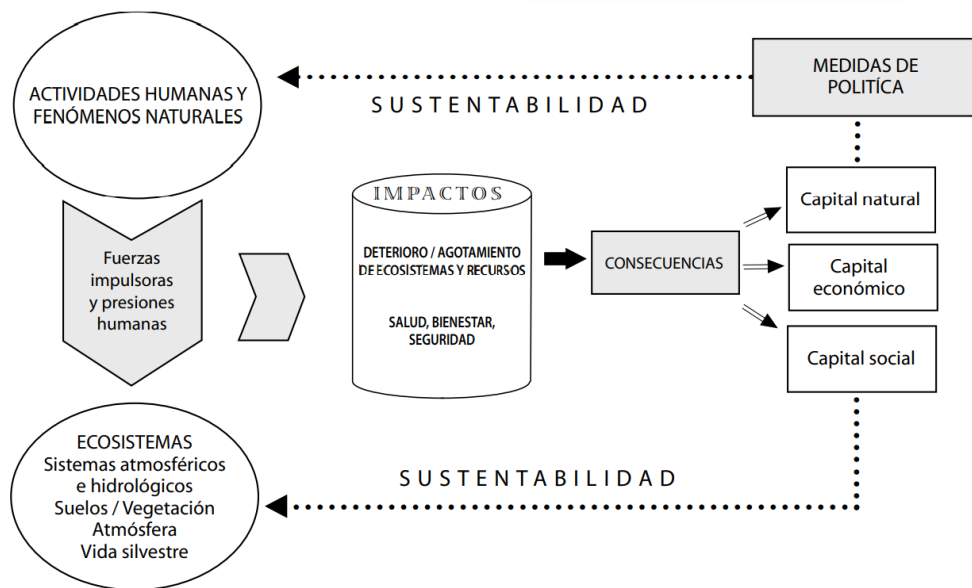


Figura 12. Proceso de causa-efecto de la sustentabilidad y las políticas

Fuente: Obtenido de "Experiencia del INEGI en la elaboración de indicadores ambientales y de desarrollo sustentable" (p.35), por C. López, 2008. Instituto de Geografía UNAM

Los indicadores de sustentabilidad también pueden ayudar a medir y configurar el progreso hacia los objetivos de sustentabilidad (ONU, 2007),

así mismo, medir y evaluar el curso del progreso las políticas y sus metas (Kruijf y Van Vuuren, 1996).

A pesar de los distintos usos y funciones se le puede dar a los indicadores de sustentabilidad, la OECD (2005) señala que, estos no tienen la función de proporcionar una imagen completa de los problemas ambientales, son solo una herramienta de evaluación. Se requiere una interpretación objetiva y concisa, orientadas a las acciones para que adquiera un significado completo. Se deben complementar con más información cualitativa.

Al ser conscientes de que los indicadores son solo una herramienta y hay más factores que se deben de tomar en cuenta en la toma de decisiones (Waas et al, 2015). Hezri (2004) por otro lado hace una clasificación útil:

- **Uso instrumental:** Este ocurre cuando existe un vínculo directo o relaciones lineales entre los indicadores y los resultados de las decisiones (uso para las acciones y políticas). Los cambios en los valores de los indicadores proporcionan evidencia empírica que inducirá las correspondientes políticas y respuestas de gestión.
- **Uso conceptual:** Ocurre cuando los indicadores sensibilizan o modifican la comprensión de un individuo de un problema o situación. Al pasar tiempo, el uso conceptual puede posteriormente inducir resultados de decisión.
- **Uso táctico:** este se produce cuando los indicadores, o el proceso de recolección de información, se usan como táctica de retraso, como sustituto de la acción o para desviar críticas. Esto tiene poca relevancia para la esencia del indicador o lo que mide.
- **Uso simbólico:** es cuando los indicadores se usan para dar garantías simbólicas de que quienes toman las decisiones. En otras palabras, los indicadores se utilizan como signo de alguna otra realidad.

III.3.1.4 Diversas Clasificaciones

Es esta parte se abordará las distintas formas de clasificar y agrupar a los indicadores de sustentabilidad. Al menos las siguientes tipologías son de interés ya que tocan varios aspectos importantes de los IS (Waas et al, 2015). Según el mismo Waas, en la práctica, estos son temas que frecuentemente se encuentran en discusión y controversia.

En primer lugar, una de las formas en las que la OECD (2005) los clasifica, es llamada análisis de desempeño y los agrupa en tres categorías:

- Indicadores de desempeño de objetivos cuantitativos: Estos están enfocados en compromisos. Un ejemplo de estos, son lo que se relacionan con acuerdos internacionales o normas nacionales.
- Indicadores de desempeño de objetivos cualitativos: Estos indicadores están relacionados a metas o fines. Generalmente abordan el concepto de desempeño de dos maneras:
 - Relacionada a la ecoeficiencia de las actividades humanas, vinculada a nociones flexibles. Por ejemplo, emisiones contra PIB.
 - Relacionada a la sustentabilidad del uso de los recursos naturales. Por ejemplo, la intensidad de los recursos forestales o hídricos.
- Indicadores descriptivos: Estos no están vinculados a algún objetivo específico. Describen condiciones y tendencias y son usados en informes del estado del ambiente. Por ejemplo: Calidad de los ríos, especies amenazadas.

Otra de las Tipologías especialmente amplia y reunida por Waas et al (2015) clasifica a los indicadores en grupos con distinciones en un solo

bloque y hace un análisis de lo que conforma dicho bloque. La clasificación es la siguiente:

- Descriptivo versus Normativo.

Los indicadores descriptivos solo describen una situación real, mientras que los normativos hacen una comparación (Weterings, 1993, como se citó en Waas et al, 2015). Sin embargo, comúnmente un indicador siempre incluye un valor de referencia, por lo tanto, la mayoría de los indicadores son naturalmente normativos (Bakkes et al, 1994)

- Cuantitativo versus Cualitativo

Los indicadores cuantitativos se basan en datos y brindan información cuantitativa (numérica) mientras que los indicadores cualitativos se basan en datos cualitativos y brindan información no numérica. (Waas et al, 2015). A pesar de su notable diferencia, entre ellos son complementarios, y debemos tener cuidado de entender e interpretar al mundo únicamente de forma cuantitativa y decidir solo con ellos (Waas et al, 2015)

- Objetivo versus Subjetivo

Este tipo de indicadores son sencillamente identificables entre sí, ya que los objetivos se miden y son detectados por instrumentos externos al individuo, mientras que los subjetivos son producidos por juicios individuales, no verificables por otros. Meadows (1998) dice que al final todos los indicadores son parcialmente subjetivos, ya que su desarrollo está lleno de elecciones subjetivas y son implícitas.

- Comunidad versus Expertos

Estos indicadores se distinguen por quien son los que los desarrollan. Cuando la comunidad o partes interesadas los desarrollan, se dice que tiene un enfoque "de abajo hacia arriba" (bottom up), mientras que

cuando los expertos son los que los desarrollan, se dice que tiene un enfoque “de arriba hacia abajo” (top down) (Singh et al., 2012). Se puede hacer una combinación de estos enfoques, pero incluir la participación en el desarrollo de indicadores, Singh (2012) señala que, incrementa la influencia de la IS en la toma de decisiones. En la práctica, los IS son desarrollados principalmente por expertos con influencia de las partes interesadas (Bell y Morse, 2008).

- ex-ante versus ex-post

El término ex ante quiere decir: efectos o valoración con anterioridad³ y por lo tanto proporciona información para la evaluación de los efectos por adelantado y ayuda en la elección de varias opciones antes de su implementación (Waas et al, 2015). Ahora bien, el término ex post significa: efectos o valoración con posterioridad¹ y por lo tanto proporciona información después de tomadas las decisiones y sirven para evaluar su implementación (Waas et al, 2015).

La OECD (2005) trabaja en varios tipos de indicadores y cada uno tiene un propósito correspondiente. Estos indicadores son aplicados para sistemas grandes, como países, regiones de países o ciudades.

- Indicadores ambientales Centrales (CEI)

Es un conjunto mínimo de indicadores, está hecho para países y es publicado periódicamente. Se usa para el seguimiento del progreso ambiental y los factores involucrados en el

- Indicadores ambientales Clave (KEI)

³ Consultado de Diccionario Jurídico y Social. (15 de enero de 2022). Ex Ante – Ex Post <https://diccionario.leyderecho.org/ex-ante-ex-post/#:~:text=En%20conexi%C3%B3n%20con%20la%20historia%20del%20derecho%20romano%2C,anterioridad.%20Ex%20post%3A%20efectos%20o%20valoraci%C3%B3n%20con%20posterioridad>

Tiene similitudes a los "CEI" al tener el mismo propósito, pero son usados para comunicar al público y son más pequeños. Estos indicadores deben considerarse junto con otra información.

- Indicadores ambientales por Sector (SEI)

Este tipo de indicadores están hechos para sectores, con el fin de integrar las preocupaciones medioambientales de un sector en las políticas. Son indicadores relacionados a más ámbitos y no solo al ambiental.

- Indicadores ambientales Desacoplados (DEI)

Estos indicadores sirven para supervisar el progreso hacia la sustentabilidad en un periodo determinado en un país.

La EPA (2012) propone, con un enfoque integral de sistemas holísticos, cuatro tipos de indicadores. Estos indicadores son aplicables a un marco particular, ejemplificado en la figura 13, que ayuda a capturar las interacciones entre tres sistemas : industrial, sociedad, medio ambiente (Fiksel, 2009).

- Indicadores de Resultado Adverso (AOI): Indica destrucción de valor por impacto sobre el medio ambiente, empresas, comunidad o individuos.
- Indicadores de Flujo de Recursos (RFI): Indica presiones relacionadas con la tasa de consumo de recursos como materiales, energía, tierra o agua.
- Indicadores de la Condición del Sistema (SCI): Estos indicadores indican el estado de los sistemas en cuestión.
- Indicadores de Creación de Valor (VCI): Este tipo de indicadores se refiere a la creación de valor a través del enriquecimiento del entorno natural, comunidades, empresas o personas.

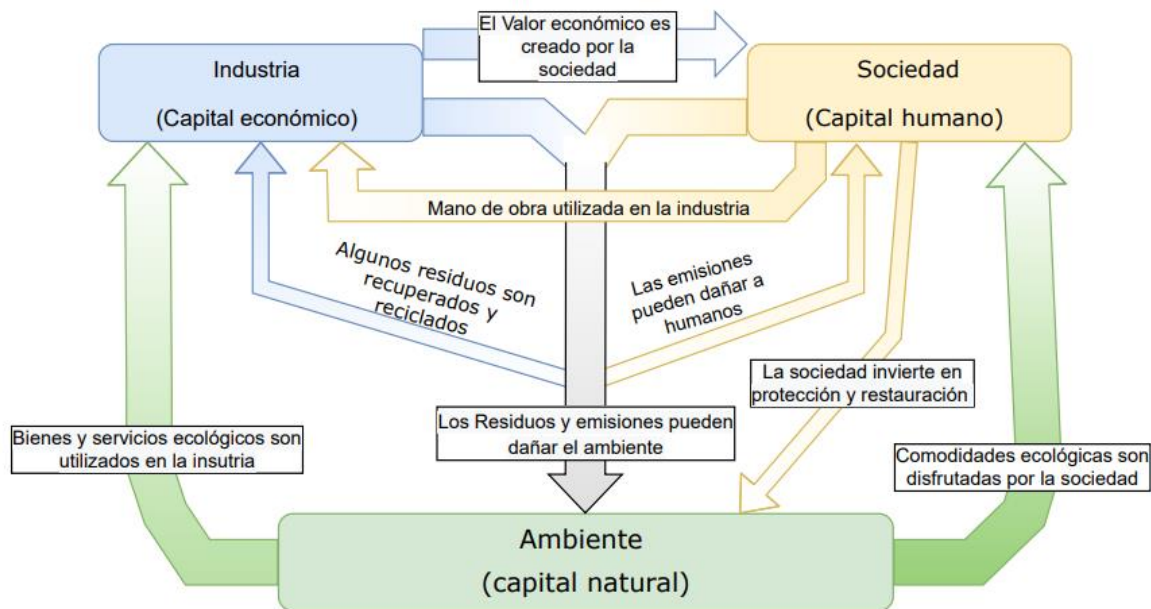


Figura 13. Interconexión entre sistemas y su flujo de recursos

Fuente: Obtenido de A Framework for Sustainability Indicators at EPA (p.10), por J., Fiksel, T., Eason y H., Frederickson, 2012, EPA

III.3.2 Elementos Históricos de los indicadores para la sustentabilidad

III.3.2.1 Inicio de los indicadores

En el mundo, los indicadores tomaron relevancia cuando apareció la Agenda 21 y más específicamente el Capítulo 40. Este es un plan de acción, adoptado en la *Cumbre de la Tierra* de Rio de Janeiro en 1992, para desarrollar indicadores de desarrollo sustentable que puedan proporcionar una base sólida para la toma de decisiones en todos los niveles. (ONU, 2007)

En 1995 la Comisión de Desarrollo Sustentable (CDS) de las naciones unidas aprobó el Programa de Trabajo acerca de Indicadores de desarrollo sustentable (INEGI, 2000). Este programa, como dice, ONU (2007), comprendía varias etapas:

- Elaboración de consenso para una lista básica de indicadores de desarrollo sustentable
- Desarrollo de fichas metodológicas relaciones
- Debate sobre políticas
- Pruebas
- Evaluación y revisión de indicadores

El resultado de estos esfuerzos resulto en 134 indicadores. Durante 1995 y 1996 las organizaciones participantes elaboraron fichas metodológicas para cada indicador, esta información se publicó en un libro de amplia difusión llamado Libro Azul. ONU (2007).

De 1996 a 1999, 22 países de todo el mundo se sometieron a las pruebas piloto con los indicadores. Estos países son los siguientes:

África: Ghana, Kenia, Sudáfrica, Marruecos y Túnez.

Asia / Pacífico: China, Filipinas, Maldivas y Paquistán.

Europa: Alemania, Austria, Bélgica, Finlandia, Francia, Reino Unido y República Checa.

América: Barbados, Bolivia, Brasil, Costa Rica, México y Venezuela.

De 1999 a 2000, se revisó el conjunto de indicadores y se evaluaron los resultados de las pruebas nacionales. Los países consideraron que el proceso de prueba fue exitoso, sin embargo, encontraron que el conjunto de indicadores era excesivo para ser manejado fácilmente. En consecuencia, el grupo de indicadores al ser revisado se redujo a 58 indicadores. ONU (2007).

En 2005 se inició un proceso para revisar los indicadores de desarrollo sostenible de la CDS. Las perspectivas acerca de los indicadores han evolucionado y su experiencia en la aplicación ha aumentado. Estos

avances logrados provocan que las metodologías de los indicadores se actualicen periódicamente.

III.3.2.2 Indicadores ambientales en México

El inicio de los indicadores ambientales en México dio sus primeros pasos en 1993 cuando el entonces Instituto Nacional de Ecología (INE) participo en el Taller Norteamericano de Información Ambiental junto a las agencias ambientales de Canadá y Estados Unidos (Rodríguez y Flores, 2008). “El objetivo del taller fue general una base de información para realizar el informe del estado del ambiente en la región de América del Norte” (Rodríguez y Flores, 2008, p.15).

México, al adherirse a la Agenda 21, se comprometió en adoptar medidas nacionales en materia de sustentabilidad, y también acciones orientadas a la generación de indicadores para medir y evaluar políticas y estrategias de desarrollo sustentable (INEGI, 2000). Cuando se aprobó el Plan de trabajo para el desarrollo de indicadores, si bien México comenzó su participación de manera informal desde que inicio la convocatoria, fue a partir a partir de 1997, cuando se sumó formalmente a los otros 21 países voluntarios para forma parte de la prueba piloto mundial para desarrollar indicadores. (INEGI, 2000).

La publicación *Avance en el Desarrollo de Indicadores para la Evaluación del Desempeño Ambiental de México 1997* constituyo el siguiente paso para la construcción de indicadores (Rodríguez y Flores, 2008). Se utilizo el Marco PER, con modificaciones surgidas de experiencias de otros países, con el propósito de establecer un conjunto de indicadores que sirvieran de herramientas para evaluar el desempeño de las políticas ambientales (Rodríguez y Flores, 2008).

En el Año 2000 dos documentos fueron relevantes para el desarrollo en México de los indicadores: *Indicadores de Desarrollo Sustentable en México y Evaluación del Desempeño Ambiental. Reporte 2000*. En el primero, elaborado por el INEGI, se documentaron 113 de los 134 indicadores posibles que propuso la CDS (Rodríguez y Flores, 2008). El segundo, fue la continuación para integrar un sistema de indicadores, se hicieron actualizaciones y se siguió trabajando con el modelo PER (Rodríguez y Flores, 2008).

En 2006 se publicó un significativo documento llamado *Indicadores Básicos del Desempeño Ambiental de México: 2005* que tenía el propósito de ser un informe al alcance de los usuarios (Rodríguez y Flores, 2008). Esta obra presente cerca de 140 indicadores y 450 variables complementarias. Este conjunto de indicadores era uno de los que integraban el Sistema Nacional de Indicadores Ambientales (SNIA) (Rodríguez y Flores, 2008).

También en 2006 se publicaron los progresos alcanzados por México relativos a la Iniciativa Latinoamericana y Caribeña para el Desarrollo Sostenible (ILAC). Donde la ILAC tenía por objetivo desarrollar y aplicar procesos de evaluación para monitorear el progreso en el cumplimiento de los acuerdos internacionales y lo hizo a través de indicadores nacionales y regionales de sustentabilidad (Rodríguez y Flores, 2008).

El SNIA es un sistema que recopila, organiza y difunde información relacionada con el ambiente y los recursos naturales. Este es parte del Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SNIARN). El objetivo principal del SNIA es la integración y difusión de la iniciativa nacional de indicadores ambientales con la intención de brindar información confiable y oportuna a los tomadores de decisiones y público e general (Rodríguez y Flores, 2008).

Actualmente el SNIA ofrece diversos conjuntos de indicadores ambientales⁴:

- Conjunto básico del desempeño ambiental
- Conjunto de indicadores clave
- Conjunto de indicadores de crecimiento verde
- Conjunto de indicadores estatales
- Conjunto de indicadores regionales
- Conjunto de indicadores internacionales

Para finalizar, estos conjuntos de indicadores pueden ser encontrados en la página del SNIARN. Se puede encontrar una pequeña descripción de lo que trata cada conjunto de indicadores, así como, también los enlaces que dirigen a cada base de datos.

III.4 Sitio de Estudio

III.4.1 Campus universitario

La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) tiene presencia en la mayor parte de la República Mexicana (Figura 14). Está conformada por *Campus, Unidades Académicas*, espacios dedicados a la *Investigación Humanística, Investigación científica, Docencia, Gestión Institucional* y *Sitios de Extensión Universitaria*.

⁴ Consultado de SEMARNAT. (15 de enero de 2022). Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales. <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/sistema-nacional-de-informacion-ambiental-y-de-recursos-naturales>

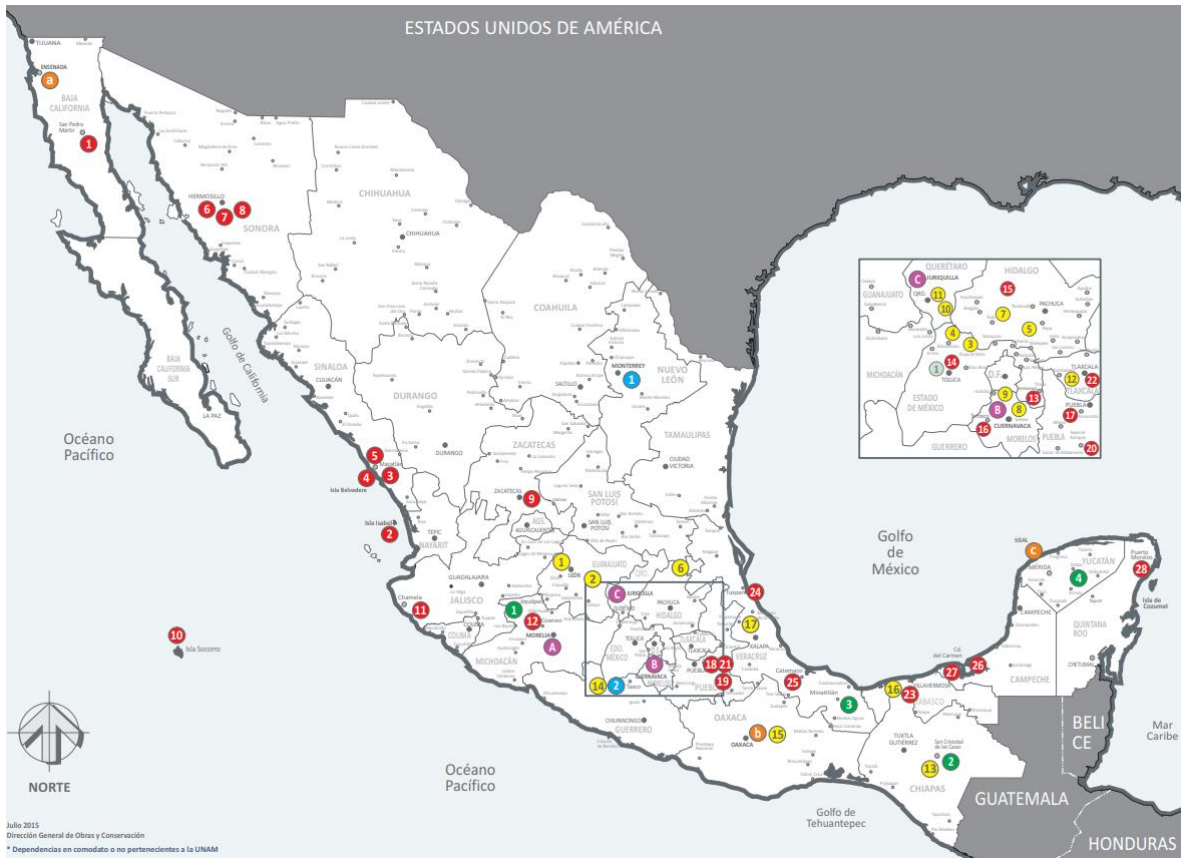


Figura 14. Presencia de la UNAM en la república mexicana

Fuente: Obtenido de *La UNAM en la República Mexicana*, por Mapas UNAM, 2015, Universidad Nacional Autónoma de México

<https://www.planeacion.unam.mx/Agenda/2015/disco/xls/159.pdf>

El Campus principal es “Ciudad Universitaria” (C.U.) y este es uno de los espacios más grandes con el que cuenta la Universidad. Tal campus está ubicado en la Ciudad de México, en la Alcaldía de Coyoacán (Figura 15). Al estar dentro de la Ciudad de México está rodeada de zonas residenciales.

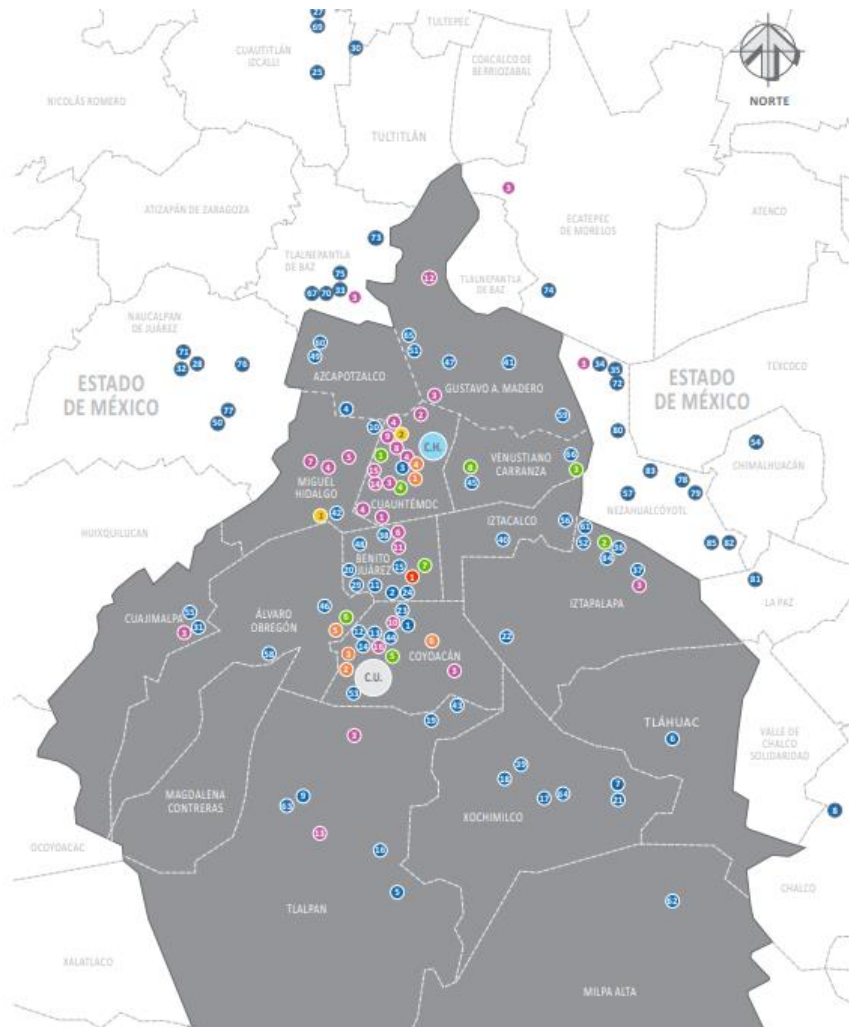


Figura 15. Presencia de la UNAM en la ciudad de México

Fuente: Obtenido de *La UNAM en el área Metropolitana de la Ciudad de México*, por Mapas UNAM, 2015, Universidad Nacional Autónoma de México
<https://www.planeacion.unam.mx/Agenda/2015/disco/xls/160.pdf>

C.U. tiene una extensión de 733 hectáreas⁵, en ella se distribuyen más de 2000 edificios⁶. Además de los recintos educativos, de investigación y administración, C.U. cuenta con un estadio, lugares deportivos, áreas recreativas, áreas naturales, salas de conciertos y bibliotecas (Figura 16).

⁵ Obtenido de Fundación UNAM. (15 de enero de 2022). Sabes cómo se construyó Ciudad Universitaria. <https://www.fundacionunam.org.mx/donde-paso/sabes-como-se-construyo-ciudad-universitaria/#:~:text=Sabes%20c%C3%B3mo%20se%20construy%C3%B3%20Ciudad%20Universitaria.%20El%20terreno,%E2%80%9Cuna%20obra%20maestra%20del%20genio%20creativo%20del%20hombre%E2%80%9D.>

⁶ Obtenido de Quobit México. (15 de enero de 2022). Algunos datos curiosos sobre Ciudad Universitaria. <https://www.quobit.mx/algunos-datos-curiosos-sobre-ciudad-universitaria.html>



Figura 16. Mapa de Ciudad Universitaria

Fuente: Obtenido de *Ciudad Universitaria*, por Mapas UNAM, 2015, Universidad Nacional Autónoma de México

<https://www.planeacion.unam.mx/Agenda/2015/disco/xls/161.pdf>

La UNAM tiene una matrícula numerosa. Un total de 366,93 alumnos en el ciclo escolar 20-21⁷ y con un total de 41,542 académicos hasta 2021.

⁷Datos obtenidos de Portal de Estadística Universitaria. (15 de enero de 2022). La UNAM en Números. <https://www.estadistica.unam.mx/numeralia/>

Desde 2019 la UNAM forma parte de la Red Internacional de Campus Sustentables (ISCN, por sus siglas en inglés). Las instituciones que firman la carta compromiso de la ISCN tienen el objetivo de trabajar para mejorar el futuro y participar en el intercambio de buenas prácticas de sustentabilidad en universidades.⁸ Y en este año (2022) la UNAM será sede de 15ª Conferencia internacional de la ISCN (Figura 17).



Figura 17. Evento principal de la ISCN en 2022

Fuente: Obtenida de *Actualización de la conferencia ISCN 2022*, Por International Sustainable Campus Network, 2022, ISCN, <https://international-sustainable-campus-network.org/iscn-2022-conference-update/>

III.4.2 Facultad de Química

La Facultad de Química de la UNAM se encuentra dentro de Ciudad Universitaria, es una de las 17 facultades y escuelas que residen en el Campus. Fundada en 1916 y nombrada Facultad de Química en 1965⁹, esta escuela cuenta con un total de 9 edificios y una unidad de posgrado, la mayoría ubicados en la cercanía de la Facultad, sin embargo, hay otros

⁸ Gaceta UNAM. (15 de enero de 2022). UNAM, en Red Internacional de Campus Sustentables. <https://www.gaceta.unam.mx/unam-en-red-internacional-de-campus-sustentables/>

⁹ Obtenido de Facultad de Química UNAM. (15 de enero de 2022). Historia de la facultad de Química <https://quimica.unam.mx/la-facultad/historia-de-la-facultad/>

recintos fuera de C.U., como en la Ciudad de México y en Yucatán, siendo estos la Antigua Escuela de Ciencias Químicas y la Unidad Académica Sisal, respectivamente.

En cifras, la facultad cuenta con una cantidad de 8,966 alumnos, 1,203 académicos y con 172 en el SNI. Tiene una oferta académica constituida por 6 carreras, las cuales son:

- Química
- Ingeniería Química
- Ingeniería Química Metalúrgica
- Química de Alimentos
- Química Farmacéutico Biológica
- Ingeniería Química en Materiales

Capítulo V

Metodología

Para el desarrollo de este trabajo, la metodología se encuentra integrada en varias actividades llevadas a cabo por etapas, las cuales, se describen a continuación.

Etapa 1. Revisión bibliográfica

Esta etapa consistió en, realizar una revisión documental de la historia y la parte conceptual de los términos sustentable, sostenible y sustentabilidad, así mismo, se buscó una definición que fuera integral con distintas posturas y que reflejará el alcance de nuestro trabajo.

En segundo lugar, se realizó una revisión de la importancia que tiene la sustentabilidad para los campus de las universidades en el mundo, una revisión acerca de la historia de la educación ambiental, las declaraciones más importantes y lo hecho por los otros campus alrededor del mundo.

Finalmente se detallaron las características fundamentales y las clasificaciones que deben de tener los indicadores y sus funciones como una herramienta de sustentabilidad. También se llevó a cabo una revisión de los primeros usos de los indicadores en el mundo y su presencia en México.

Además de los temas mencionados anteriormente, conceptualmente se trataron muchos términos a lo largo de la revisión bibliográfica y se presentan en los resultados (figura 21). Estos conceptos están divididos en tres aspectos: la sustentabilidad, campus sustentables y los indicadores de sustentabilidad.

En este caso, al ser un mapa mental, solo se mencionan los aspectos clave y los elementos que tienen una descripción más compleja. Para ello, esta

información se puede encontrar de manera más detallada y descrita en la sección "IV. Marco teórico" del presente trabajo.

Etapa 2. Selección de indicadores

En esta etapa, se analizó la pertinencia de la selección, basándonos principalmente en un marco de referencia llamado "The Natural Step", el cual se fundamenta en el pensamiento sistémico. Básicamente significa que cuando una de las partes del sistema resulta afectada, esta afecta a todas las demás partes dentro del mismo sistema. Esta herramienta permite a las comunidades integrar de manera rentable consideraciones ambientales y sociales dentro de las decisiones estratégicas y las operaciones diarias (Natural Step).

Este marco de referencia integra cuatro condiciones dentro de un sistema (Figura 18), y estas condiciones tienen el propósito de no incrementar de forma sistemática los siguientes aspectos:

1. Concentraciones de sustancias extraídas de la tierra,
2. Concentraciones de sustancias producidas por la sociedad,
3. Degradación por medios físicos,
4. Condiciones que sometan a los sistemas sociales para satisfacer sus necesidades básicas.

Siendo los primeros tres elementos pertenecientes al componente ambiental y el último al componente social. Para este trabajo se tomaron en cuenta solo los componentes ambientales debido principalmente a la extensión del tema y con el fin de explorar solo una de las áreas de la sustentabilidad.

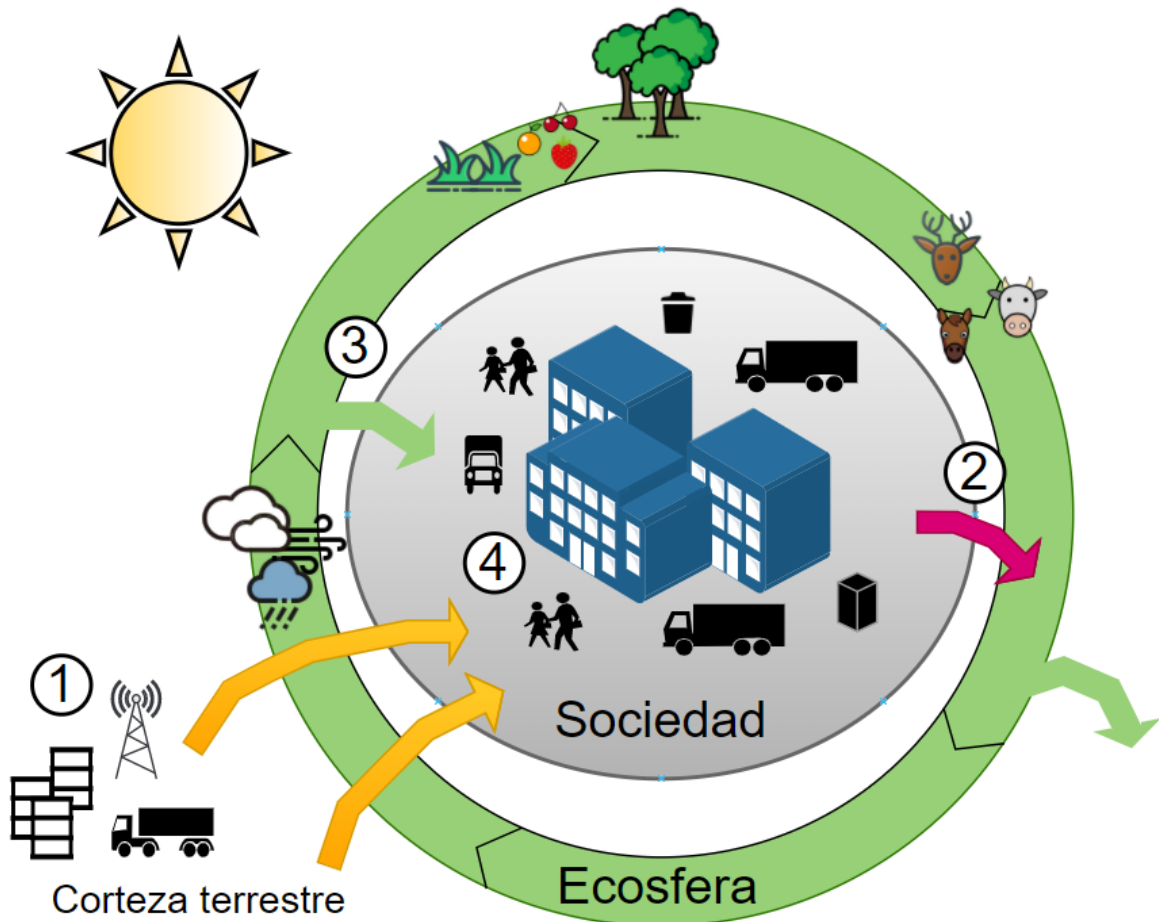


Figura 18. Esquema "The Natural Step"

Fuente: Adaptado de The Natural Step (p.2), sin autor, 2000,
<https://web.stanford.edu/class/me221/readings/NaturalStepOverview.pdf>

Un aspecto importante para considerar de este marco de referencia es que se usó, no como una herramienta, sino como un esquema base, con la finalidad de sustentar que el uso de estos indicadores particularmente es válido y útil en otras partes del mundo.

Así mismo, otro punto que influenció la selección de los indicadores fue la información disponible para elaborarlos. Como ya se mencionó, se contó con información limitada y algunas veces incompleta, lo que provocó que algunos indicadores quedaran fuera de este trabajo.

Etapa 3. Recopilación de la información

Esta etapa necesito el acercamiento al área de servicios generales de nuestra facultad, la cual tienen a su cargo el mantenimiento de instalaciones y equipo, así como la información de consumo de agua y energía de las instalaciones. Para la recopilación de esta información se acordaron y llevaron a cabo reuniones virtuales, correos electrónicos y charlas informales con el fin de solicitar la mayor información que fuera posible al área de servicios generales y de mantenimiento de la Facultad.

Al recibir la información, lo principal fue realizar un registro detallado en nuestra base de datos, con el fin de discriminar la información más útil e identificar qué elementos faltantes para la base de un indicador. Al encontrar información faltante, en algunos casos se volvió a consultar al área de servicios generales para solicitar más información.

Esta etapa fue paralela a la "Selección de indicadores" ya que la disponibilidad de información influyó de manera significativa la selección de dichos indicadores.

Etapa 4. Elaboración de los indicadores

Esta etapa represento la parte más importante del trabajo. Después de la selección, recopilación y registro de la información, el paso siguiente fue su procesamiento. Cada indicador tuvo un proceso independiente de elaboración y se trabajó en ellos mientras las etapas de selección y recopilación seguían activas.

Principalmente para esta etapa se necesitaron de tres elementos para la elaboración de los indicadores, siendo estos:

- La información recopilada
- Factores de Conversión

- Estimaciones

El primer paso fue determinar las unidades que tendría cada indicador. Se optó por utilizar unidades que fueran comunes, principalmente para la comunidad universitaria.

Se necesitó del uso de estimaciones debido a distintas razones. La primera, debido a la falta de información detallada, relacionada a la situación sanitaria y las condiciones "a distancia" de la facultad. Otra razón fue que se usaron valores hipotéticos propios de las actividades diarias y las dimensiones físicas del campus, como el tiempo que dura un semestre o las distancias recorridas por un auto. Muchas otras de estas estimaciones se basaron en datos que fueron adaptados a las condiciones del presente trabajo con respecto a la operación diaria de la Facultad de Química. Finalmente, otra razón no menos importante fue el desarrollo de entrevistas con el personal a cargo del mantenimiento de la Facultad de Química y del Instituto de ingeniería que amablemente nos ofreció ayuda.

Otro elemento que se necesitó para la elaboración de indicadores fue el uso de factores de conversión, para llegar a las unidades deseadas, para lo cual se consultaron documentos gubernamentales, artículos científicos y páginas web de la Universidad.

Finalmente, con todos estos componentes (Datos recopilados, estimaciones y factores de numéricos) se procedió a realizar los cálculos que definieron el valor final de cada indicador, ilustrado en la figura 19, cuidando el análisis dimensional en cada caso.

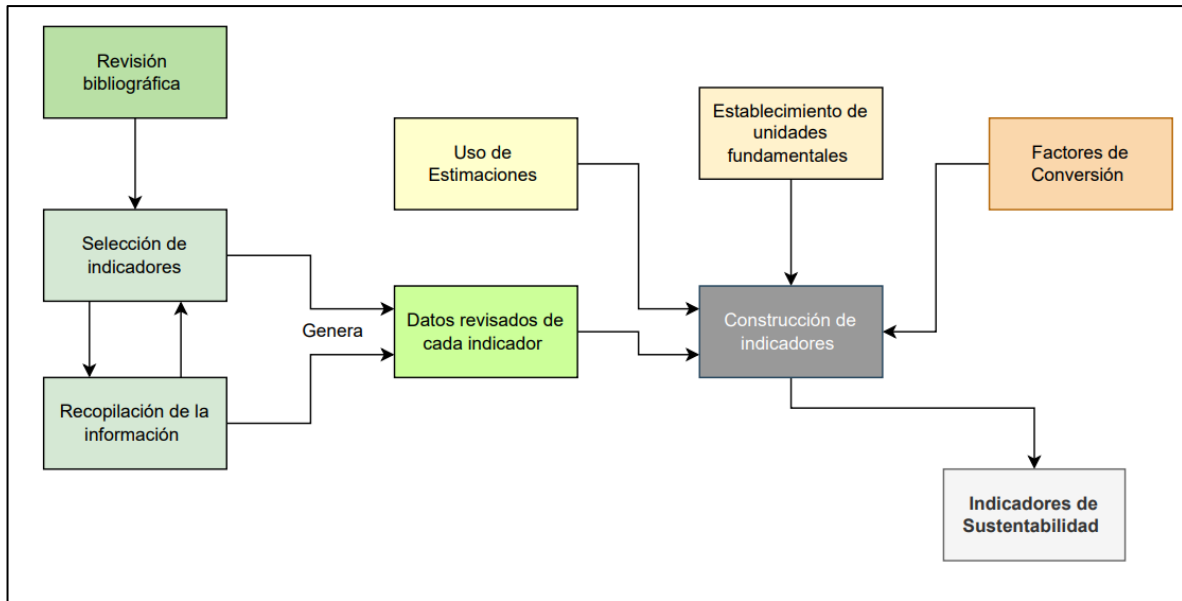


Figura 19. Proceso de creación de indicadores de sustentabilidad

Fuente: Elaboración propia

Además, para cada indicador, se ordenaron los elementos que lo componían de forma descendente y con esto se construyeron gráficas de bloques mostrando que elemento del indicador era el más significativo, es decir, contribuía más al valor del indicador.

Esta parte puede ser consultada con mayor detalle en el capítulo VI “Análisis de Resultados”

Etapa 5. Evaluación Costo-Beneficio

Como parte de este trabajo, se realizó un ejercicio de evaluación económica con el uso de uno de los indicadores que se elaboraron, esto con el fin de explorar los potenciales usos que se podrían obtener para la sustentabilidad de las actividades diarias de la Facultad de Química de la UNAM.

Esta evaluación se realizó con base en un análisis de sensibilidad, donde se variaban algunos aspectos de la evaluación, para observar cual era el elemento que más impactaba al valor del VPN (Valor presente neto), siendo este el valor a observar durante el análisis.

En este caso se tomó el indicador de "Agua" y se determinó una situación hipotética con una inversión de un elemento del indicador que se pudiera cambiar, en este caso, relacionada a la compra de equipo y su ahorro en consumo de agua a largo plazo. Para el análisis de sensibilidad se varió la Tasa de Retorno de la Inversión, el tamaño de la inversión y el esquema de la inversión a lo largo del tiempo. Este proceso se encuentra ilustrado en la figura 20. Este análisis contempla tanto el ahorro de agua como el ahorro monetario que pueda surgir de esta situación hipotética.

Un elemento importante que resaltar, es que el periodo de evaluación de este análisis se tomó de 4 años, es decir, el ciclo administrativo de un director de la Facultad de Química.

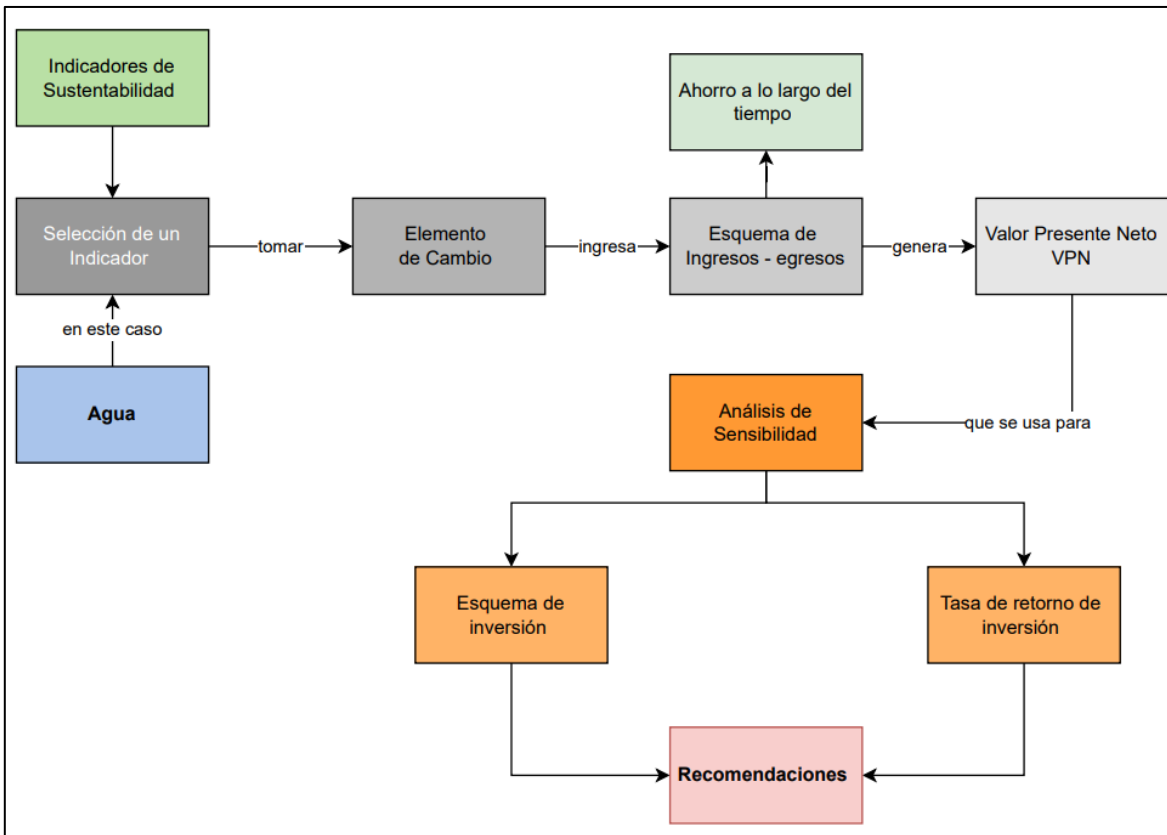


Figura 20. Proceso de la evaluación económica

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, al final del proceso de evaluación económica, se van a generar recomendaciones relacionadas con el elemento de cambio y en este caso sobre el indicador "Agua". Esta parte puede ser consultada a profundidad en el capítulo VI "Análisis de Resultados"

Capítulo V

Resultados

V.1 Revisión Bibliográfica

La revisión conceptual de los aspectos que conforman la parte teórica para la construcción de los indicadores se presenta en la figura 21.

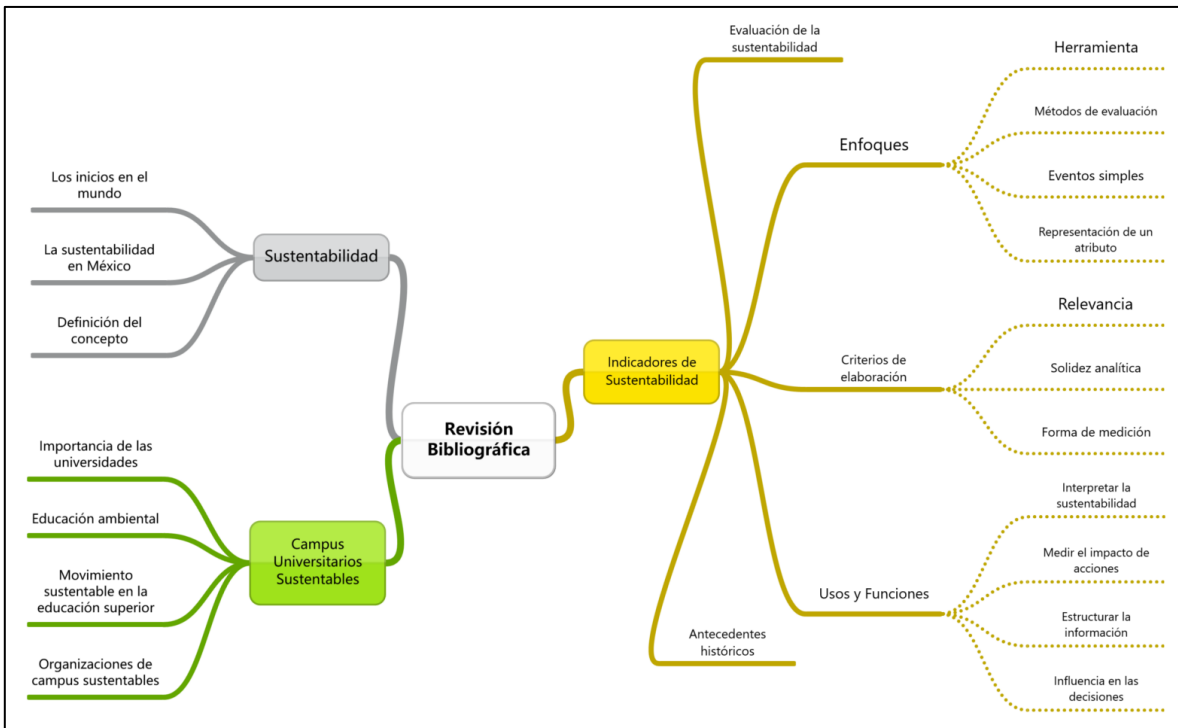


Figura 21. Mapa mental de los conceptos abordados en el marco teórico

Fuente: Elaboración propia

Dicha revisión resultó de suma importancia para determinar el marco de referencia de nuestro trabajo, en este caso se usó el modelo “The Natural Step”, el cual sirvió como esquema para seguir y sustentar a los indicadores seleccionados. En las siguientes secciones se detalla la influencia de este marco de referencia para los indicadores.

V.2 Indicadores de Sustentabilidad

En esta parte se detallan todas las características esenciales relacionadas a los indicadores de sustentabilidad, así como, los valores obtenidos por cada indicador. Se construyeron 4 indicadores de sustentabilidad, siendo estos indicadores:

- Agua
- Aire
- Energía eléctrica
- Residuos de Manejo Especial

Para fines de este trabajo solo se consideró el aspecto ambiental de la sustentabilidad, en primer lugar, debido a la extensión del trabajo, y, en segundo lugar, por la naturaleza de los datos que se pudieron recopilar.

En la Figura 22, podemos ver la zona y los edificios que son considerados en este trabajo. Los edificios en cuestión son los edificios A, B, C y D. Estos se encuentran remarcados con color rojo dentro la figura 22.



Figura 22. Zonas y edificios considerado para la investigación

Fuente: Elaboración propia

V.2.1 Agua

Este indicador describe el consumo de agua al año. Hay muchos elementos por los cuales una escuela, en sus actividades diarias, consume cierta cantidad de agua. En este caso se contemplan únicamente dos elementos (Figura 23), el primero de ellos es el consumo de agua por medio del uso de inodoros y urinarios, así como el lavado de manos que implica el uso del baño. El otro aspecto que considera el indicador es el consumo de agua por la generación de agua destilada, que se produce en las instalaciones, y que sirve para distintos usos en todos los laboratorios de la Facultad de Química.

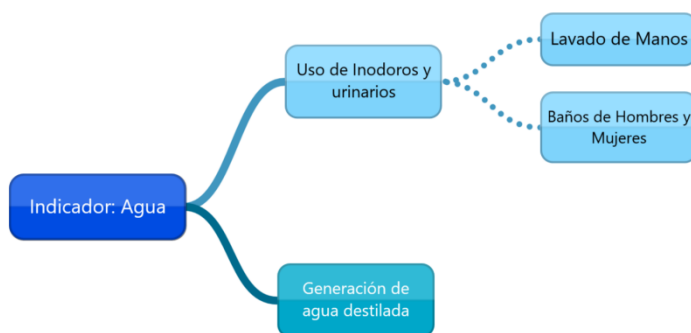


Figura 23. Aspectos que conforman el indicador "Agua"

Fuente: Elaboración propia

Para este indicador se eligió una unidad que fuera fácil de interpretar, principalmente para la comunidad universitaria, la unidad considerada fue el de $[m^3/año]$.

El primer elemento que el indicador, el consumo por el uso de baño, se basa principalmente en el consumo de agua por el hecho de usar el inodoro y urinario, así como también el consumo de agua por el lavado de manos que esto involucra. Los valores obtenidos de esta parte del indicador se encuentran en la Tabla 4.

Primero se necesitó encontrar un valor para el número de estudiantes que se encontrarían en la Facultad de Química (Edificios A, B, C y F) en un día

normal de actividades. Para ello se utilizó el valor¹⁰ de la población estudiantil total en la Facultad de Química en el periodo 2019 - 2020, multiplicado a un factor (75%) que estima la cantidad de estudiantes que se encontrarían en los edificios antes mencionados y multiplicado a otro factor más (50%), el cual estima la cantidad de estudiantes que utilizan el baño en un día promedio dentro de los edificios delimitados.

En segundo lugar, se necesitó encontrar la cantidad de veces que utiliza el baño una persona que pasa la mayor parte del día en la Facultad. Estos datos se basaron en un artículo web¹¹, que señala la cantidad de veces que se usan en una empresa, para este caso se modificó la cantidad al 50% debido al cambio entre una empresa y una escuela. Se utilizó el mismo estimado tanto para el caso de hombres y mujeres.

También se necesitó del tiempo del lavado de manos para poder calcular la cantidad de agua consumida en esta acción. Para ello se utilizó un estimado del tiempo recomendado para lavarse las manos¹² modificándolo a la mitad debido a que solo se está considerando el enjuagado de manos como la mayor parte del consumo de agua.

Finalmente, el último estimado se refiere a la cantidad de días considerados en un año escolar. Se tomaron en cuenta los seis días de la semana de dos semestres, se contaron también las semanas de exámenes y los periodos intersemestrales, además se restaron los 13 días inhábiles marcados en el calendario escolar (251 días). Siendo este el valor usado para realizar los cálculos de este y otros indicadores.

¹⁰ Obtenido de: Sin autor (sin fecha). Población Escolar Licenciatura 2019-2020 [Archivo Excel]. De Población UNAM. [Agenda Estadística UNAM 2020 / 017.xlsx \(live.com\)](#)

¹¹ Obtenido de: Sin autor (29 de Julio de 2012). How many times do you flush the toilet per day? You might be surprised!. EARTH CONSULTANTS. [How many times do you flush the toilet per day? You might be surprised! – Earth Consultants \(leansixsigmaenvironment.org\)](#)

¹² Obtenido de: Sin autor (10 de agosto del 2021). Muéstreme los fundamentos científicos: Cómo lavarse las manos. CDC. [Muéstreme los fundamentos científicos: Cómo lavarse las manos | El lavado de las manos | CDC](#)

Tabla 4. Proceso para el cálculo del consumo de agua por el uso de urinarios e inodoros.

	Numero de estudiantes base ¹	Corrección para la delimitación de los edificios ²	Núm. de descargas estimadas ³ (inodoro)	Núm. de descargas estimadas ³ (urinario)	Tiempo estimado para lavado de manos ⁴ [seg]	Descarga inodoro [L/descarga]	Descarga urinario [L/descarga]
Mujeres	3943	1479.0	3		15	6	
Hombres	3412	1280.0	1	2	15	6	3
	Flujo del grifo de lavabo [L/min]	Total por descargas [L/día]	Total por lavado de manos [L/día]	Total combinado por descargas [L/día]	Total por uso de baño [L/día]	Total por uso de baño ⁵ [L/año]	Total por uso de baño [m ³ /año]
Mujeres	8.3	26622.0	9206.8	41982.0	59156.8	14848350.5	14848.4
Hombres	8.3	15360.0	7968.0				

¹ De acuerdo con la agenda Estadística 2020 de la UNAM, en el documento Población escolar por licenciatura 2019 – 2020.

<https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.planeacion.unam.mx%2FAgenda%2F2020%2Fdisco%2Fxls%2F017.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK>

² Corrección teniendo en cuenta que el 75% de la población se encuentra en los edificios A, B, C y F, además contando que el 50% de estos utiliza los baños

³ Modificado del 50% del valor recomendado en el siguiente artículo

<http://leansixsigmaenvironment.org/index.php/how-many-times-do-you-flush-the-toilet-per-day-you-might-be-surprised/>

⁴ Modificado del 50% del valor recomendado del siguiente artículo

<https://www.cdc.gov/handwashing/esp/show-me-the-science-handwashing.html>

⁵ Días activos de dos semestres escolares sin contar periodos vacacionales

El Segundo de los elementos que conforman al indicador es el consumo de agua por la generación de agua destilada. Los valores obtenidos en esta parte del indicador se encuentran en la Tabla 5.

La mayor parte de los datos para esta sección fueron obtenidos por parte del personal del Laboratorio de Ingeniería Química. Esta parte del indicador cuenta únicamente con dos aspectos la cantidad de agua que se va a destilar y la cantidad de agua usada para enfriamiento. Se uso un estimado de tiempo donde solo se consideran las 16 semanas de clases en un semestre.

Tabla 5. Proceso para el cálculo del consumo de agua por la generación de agua destilada

Cantidad de Agua destilada [L/semana]	Cantidad de agua para enfriamiento [L/semana]	Consumo por semana [L/semana]	Semanas estimadas ¹ [Semanas/año]	Consumo total [L/año]	Total por agua destilada [m ³ /año]
2100	60000	62100	32	1987200	1,987.2

¹ considerando las 16 semanas que hay por semestre sin contar periodos vacaciones, semanas de exámenes y periodos intersemestrales

Estos valores condujeron a la construcción del indicador que se presenta en la figura 24. En este esquema se presentan elementos clave para presentar el indicador como: El nombre del indicador, el esquema de referencia, el título, los elementos que lo conforman, y el valor obtenido.

Indicador: Agua	Consumo anual de agua proveniente de las actividades diarias en Facultad de Química	
Dimensión: Ambiental	Esquema "NS": Condición 3, degradación por medios físicos	
Elementos que lo conforman:	Valor Obtenido: 16,890.12 m³/año	
<ul style="list-style-type: none"> • Consumo de agua por el uso de baño • Consumo de agua por generación de agua destilada 		

Figura 24. Esquema de presentación para el indicador Agua

Fuente: Elaboración propia

Como puede verse en la figura 25, la parte que más demanda consumo de agua para la facultad de Química es el uso de baños. Esta noción puede parecer clara y simple, sin embargo, tiene una utilidad más importante.

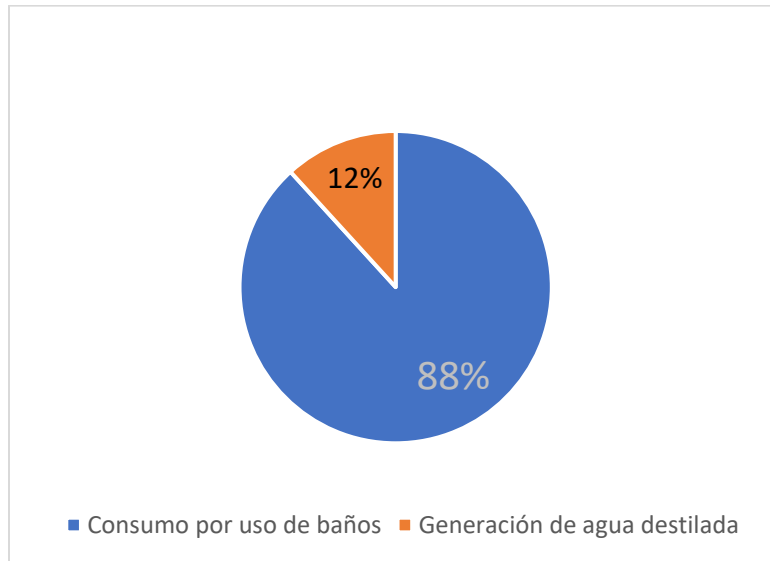


Figura 25. Comparación de los aspectos que conforman el indicador graficado por área

Fuente: Elaboración propia

Dentro del esquema "The Natural Step" (NS) este indicador se basa en el tercer postulado, es decir, en la degradación por medios físicos. Este postulado está relacionado con las interacciones físicas que tiene la humanidad con la biosfera y con la capacidad de regeneración de los medios naturales. Esta condición del esquema NS, pide evaluar los impactos físicos en distintas escalas, siendo una de ellas, la cantidad de agua que se consume diariamente. La misma condición busca establecer formas de reducir nuestra dependencia a las prácticas ecológicamente destructivas y no dañar la capacidad regenerativa de la naturaleza de forma permanente (Rosenblum, 2000).

Como se mencionó en el marco teórico, los indicadores tienen entre sus utilidades la de estructurar la información y ejercer influencia en la toma de decisiones. Al usar este indicador se pueden realizar acciones correctivas o influir en decisiones relacionado a proyectos de inversión o mejora.

Por lo tanto, este indicador puede servir para ejercer influencia en la toma de decisiones e incluso ya cumplió la función de estructurar la información del consumo de agua, al menos bajo los aspectos ya mencionados.

V.2.2 Aire

Este indicador representa la cantidad de emisiones de CO₂ al año, tanto de fuentes móviles como de fuentes fijas. En general, hay distintas actividades diarias en las escuelas que generan gases de CO₂. Para este caso se contemplan tres elementos que conforman al indicador (Figura 26), y están agrupados en fuentes fijas y fuentes móviles.

De fuentes fijas tenemos las plantas eléctricas, usadas en casos de emergencia cuando hay cortes de energía eléctrica y la caldera, que se usa para la generación de agua destilada y generación de vapor para las actividades dentro del laboratorio de Ingeniería Química de la Facultad. En el caso de fuentes móviles, se tomó en cuenta a los automóviles que ingresan diariamente al estacionamiento de la Facultad de Química.

La unidad que utiliza este indicador fue el [Mg/año], refiriéndose a Mega gramos de CO₂ generados por año.

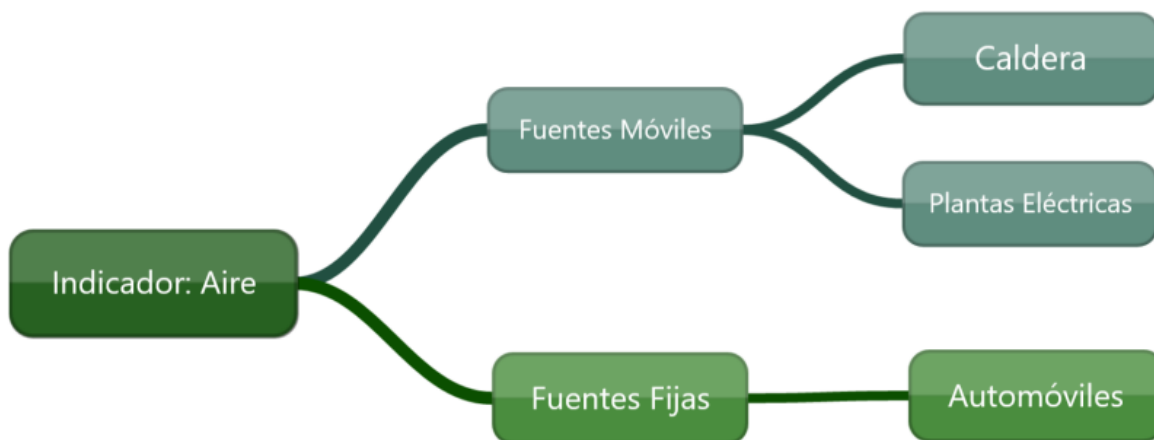


Figura 26. Aspectos que conforman el indicador "Aire" para nuestro estudio

Fuente: Elaboración propia

El primer elemento que corresponde al indicador es la emisión por el uso de automóviles (Tabla 6). Este uso está asociado a los vehículos de los estudiantes, directivos, docentes, investigadores y trabajadores.

Para realizar este cálculo primero se determinó la distancia recorrida por los automóviles desde que entran al campus y se dirigen a la Facultad, hasta su salida por la misma ruta donde entraron. Para estimar este valor se tomaron tres rutas distintas, siendo estas: Cerro del agua, Av. Insurgentes Sur y Av. Universidad. Además, se tomaron en cuenta las distancias de las tres distintas zonas de estacionamiento (Profesores, Alumnos, Edificio F). En total se midieron nueve caminos para llegar a los estacionamientos de la Facultad y el valor utilizado es el promedio aritmético de estos caminos hipotéticos.

Después, se necesitó estimar el número de automóviles que llegarían en un día normal de actividades en la Facultad de Química. Para obtener este valor se contaron los cajones de las tres zonas de estacionamientos, sin embargo, determinar la frecuencia con la entran y salen resultaría complicado por las condiciones a distancia, se decidió tomar el número de cajones de aparcamiento como el valor estimado y después multiplicado

por dos, esto debido a que nunca se llenan por completo todos los espacios y a lo largo del día entran y salen automóviles. El hecho de multiplicar por dos se encuentra en la tabla como estimado de vaciado, pues es visto como si se ocupara cada espacio dos veces al día

El último estimado para este elemento, se refiere a la cantidad de días considerados en un año escolar (dos semestres) y se tomara el mismo valor que se usó en el indicador Agua, es decir, 251 días.

Tabla 6. Proceso de cálculo para la emisión correspondiente al uso de automóvil

Fuente Factor de emisión	Factor de Emisión [g CO ₂ /km auto]	Distancia recorrida Entrada y salida ¹ [km/día]	Emisión [g CO ₂ /auto*día]	Núm. Autos ² [auto]
NOM 163 SCFI 2013	180.1	4.79	862.68	400
Emisión por día [g CO ₂ /día]	Días estimados ³	Emisión por año [kg/año]	Corrección por frecuencia de vaciado [kg CO ₂ /año]	Emisión total [Mg CO ₂ /año]
345071.6	251	86612.97	173225.94	173.23

1 estimado para el recorrido desde la entrada al campus hasta el cajón de estacionamiento.

2 número de cajones de estacionamiento de las tres zonas de

3 días activos en un año escolar, únicamente no se cuentan los periodos vacacionales

El siguiente elemento corresponde a las emisiones por fuentes fijas. La primera de estas fuentes son las plantas eléctricas (Tabla 7). Las plantas generadoras se usan algunas veces al año cuando hay cortes de energía eléctrica o cuando se va a realizar algún mantenimiento en las instalaciones de la Facultad. Hay un total de seis plantas generadoras de energía, estas utilizan como combustible Diesel y cuentan con diferentes capacidades de combustible.

El único estimado empleado en esta sección fue la cantidad de combustible usada cuando se encienden las plantas generadoras. Se

estima que se utiliza el 10% de la capacidad de cada generador. Esto fue establecido por medio de reuniones con el personal de mantenimiento de la Facultad de Química. Así mismo ellos proporcionaron la frecuencia con la que se usan dichas plantas generadoras.

Tabla 7. Proceso de cálculo para la emisión correspondiente de plantas eléctricas

Fuente Factor de emisión ¹	Tipo de combustible que utiliza	Factor de Emisión [Mg CO ₂ / Mj]	Poder calorífico del combustible ² [Mj/bl]	Ubicación del generador
ACUERDO	Diesel	0.0000741	5990	B
				EX-USAI
				F-2
				A
				F-1
Capacidad de combustible [l]	Consumo estimado de combustible ³ [l]	Emisión por uso ⁴ [Mg CO ₂]	Frecuencia de uso al año	Emisión total [Mg CO ₂ / año]
500	50	1.40E-01	3	0.42
2000	200	5.58E-01	3	1.68
300	30	8.38E-02	3	0.25
300	30	8.38E-02	3	0.25
300	30	8.38E-02	3	0.25
Total=				2.85

1 Obtenido de Secretaria de Gobernación. (2015). ACUERDO que establece las particularidades técnicas y las fórmulas para la aplicación de metodologías para el cálculo de emisiones de gases o compuestos de efecto invernadero. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5406149&fecha=03/09/2015

2 Obtenido de Secretaria de Energía y Comisión nacional para el uso eficiente de la energía. (2021). Lista de combustibles y sus poderes caloríficos 2021 que se considerarán para identificar a los usuarios con un patrón de alto consumo, así como los factores para determinar las equivalencias en términos de barriles equivalentes de petróleo https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/619062/Lista_Combustibles_2021_26feb2021.pdf

3 se utilizó el 10% de la capacidad de las plantas generadoras

4 se utilizó un Factor de conversión: 1 bl = 158.987304 l

El último de los elementos que conforman este indicador corresponde nuevamente a las emisiones por fuentes fijas. Esta sección describe la cantidad de CO₂ emitida por el uso de la Caldera (Tabla 8). La caldera es

utilizada para la generación de vapor, el cual que se utiliza para producir agua destilada.

Para calcular la cantidad de CO₂ emitido se necesitó saber cuánto combustible se consumía y la frecuencia con lo que esto se hacía. El primer término lo proporcionaron los operadores de la caldera y se utilizó el valor como lo reportaron.

El segundo termino fue el tiempo en el que esta caldera es operada, solo se tomaron en cuenta las semanas activas durante un semestre, sin tomar en cuenta periodos de exámenes o intersemestrales. Se estima que es la mayor parte del tiempo

Tabla 8. Proceso de cálculo para la emisión correspondiente a la caldera

Tipo de combustible que utiliza	Factor de Emisión ¹ [kg CO ₂ / Tj]	Poder calorífico del combustible [Mj/kg]	Consumo combustible ² [kg/semana]
Gas LP	65082.90	46.16	215
Semanas consideradas por semestre ³	Consumo combustible [kg/año]	Emisión total [kg CO ₂ / año]	Emisión total [Mg CO ₂ / año]
16	6880	20669.08	20.67

1 Obtenido del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2014). *Factores de emisión para los diferentes tipos de combustibles fósiles y alternativos que se consumen en México*. informe técnico.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/110131/CGCCDBC_2014_FE_tipos_combustibles_fosiles.pdf

2 tomando en cuenta el consumo semanal reportado pro los operadores

3 tomando en cuenta 16 semanas por semestre

Estos valores llevaron a la elaboración del indicador, siendo este presentado en la figura 27. Este esquema al igual que indicador agua presenta la siguiente información: El nombre del indicador, el esquema

de referencia, el título, los elementos que lo conforman, y el valor obtenido.

Indicador: Aire	Emisiones de CO₂ relacionada con las actividades diarias en Facultad de Química	
Dimensión: Ambiental	Esquema "NS": Condición 1, Aumento de la concentración de sustancias contaminantes	
Elementos que lo conforman:	Valor Obtenido: 196.74 Mg CO₂ / año	
<ul style="list-style-type: none"> • Fuentes Móviles: Automóviles • Fuentes Fijas: Plantas de Electricidad • Fuentes Fijas: Caldera 		

Figura 27. Esquema de presentación para el indicador aire

Fuente: Elaboración propia

En la figura 28 es posible observar la comparación entre los valores de emisión. El valor que más emite, claramente, es el uso de automóviles,

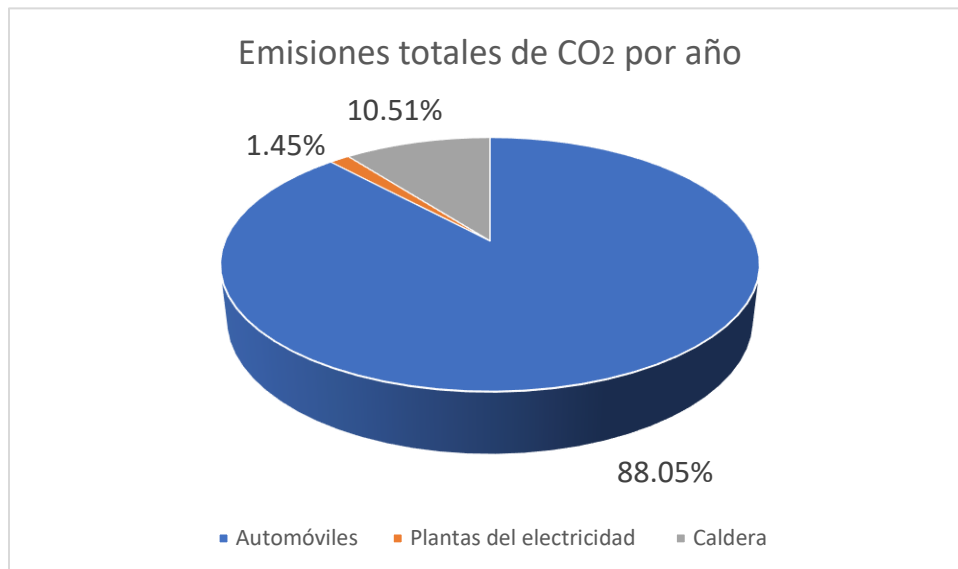


Figura 28. Comparación de los aspectos que conforman el indicador Aire

seguido al uso de la caldera. Esto funciona para identificar que elemento podría ser abordado primero para un análisis más profundo y que implicaciones tendría.

En el esquema "The Natural Step" (NS) este indicador está fundamentado con el primer postulado, es decir, el incremento de la concentración de sustancias contaminantes. Este postulado señala que se debe tener en cuenta el equilibrio entre las sustancias extraídas de la tierra (como el petróleo) con otros sistemas como la atmósfera o la biosfera (Rosenblum, 2000).

Como lo menciona Rosenblum (2000), durante millones de años los combustibles y los minerales estuvieron atrapados dentro de la tierra y los sistemas donde existían seres vivos estaban expuestos en cantidades mínimas a los contaminantes asociados a estas sustancias. Los sistemas vivos actuales no están acondicionados para soportar grandes cantidades de contaminantes debido a la quema de combustibles fósiles o a las actividades relacionadas con la minería. En consecuencia, se corre el riesgo de destruir estos sistemas vivos.

Este indicador se enfoca en la cantidad de CO₂ emitida por distintas fuentes, sin embargo, el CO₂ no representa un contaminante peligroso en la atmósfera como el enfoque NS señala. Durante el proceso de combustión el CO₂ no es el único producto, se producen otros gases que representan un peligro más directo para la sociedad, como el CO, los NO_x, el SO₂. Por esta razón se decidió tomar este gas de efecto invernadero como un aspecto representativo de las sustancias contaminantes.

V.2.3 Energía Eléctrica

El siguiente indicador representa el consumo de energía eléctrica al año. Como en todo edificio de cualquier índole, cuenta con un sistema de instalación eléctrica conectado a la red local de su ubicación. Y se hace

uso de esta red de energía para la mayoría de las actividades diarias. Los edificios escolares no son la excepción, cuentan con muchos dispositivos conectados a esta red de energía y se usan para las actividades de docencia, administrativas, de mantenimiento e investigación.

Este indicador contempla distintos dispositivos que generan consumo de energía (Figura 29). Están clasificados por su proceso de cálculo. En el primer grupo podemos encontrar los dispositivos que usa la parte administrativa y de docencia de la Facultad (Computadoras y Tabletas), además de elementos que son útiles para toda la comunidad como los servidores; otro elemento que se considera son los elevadores que se encuentran ubicados los edificios A y B; y finalmente los extractores de aire que sirven para ventilar algunos espacios como salones y laboratorios.

En el siguiente grupo podemos encontrar las luminarias y se contaron para los cuatro edificios antes mencionados (A, B, C y D).

El último grupo lo conforman los refrigeradores, congeladores y ultra congeladores. En general estos aparatos están ubicados dentro de los laboratorios.

Para este indicador se utilizó la unidad [MWh/año] para reportar el valor del indicador.

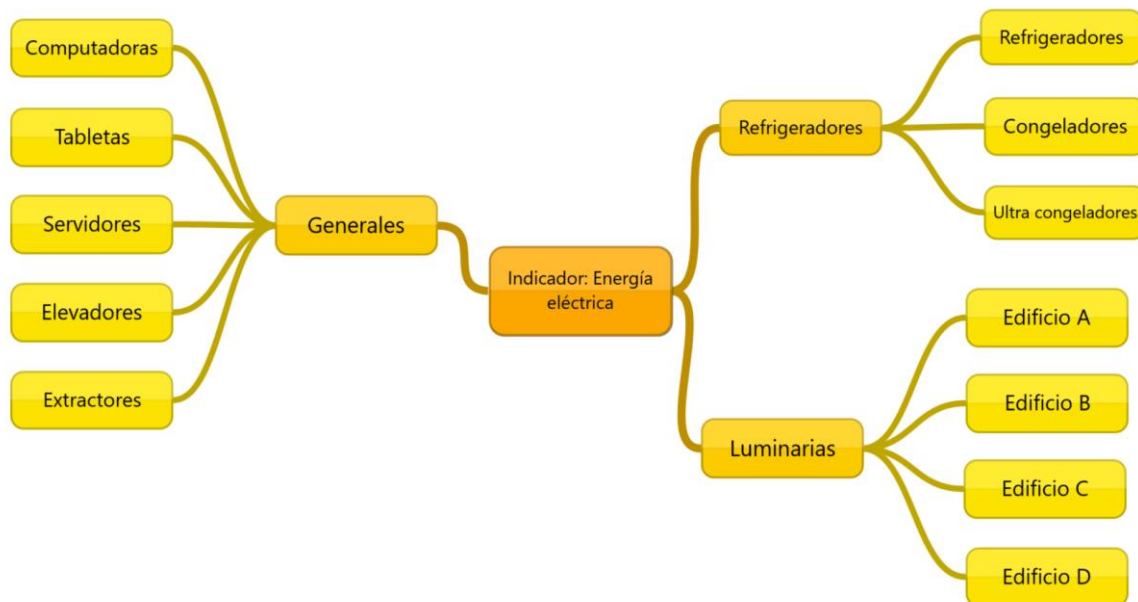


Figura 29. Aspectos que conforman el indicador Energía eléctrica para nuestro estudio

El primer grupo que conforma este indicador tiene un proceso de cálculo similar (Tabla 9). En el proceso se utilizaron tres estimados.

El primero de ellos se utilizó para estimar la potencia de algunos elementos donde hay gran variedad de dispositivos que conforman el elemento, este es el caso de las laptops, de alto rendimiento y tabletas. En otros casos la potencia fue reportada junto los datos que el área de mantenimiento nos proporcionó, siendo estos: el servidor, los extractores y los elevadores.

La siguiente parte de estos estimados se centran en las horas que los dispositivos se encuentran en funcionamiento. El primer caso son las Laptops, donde el valor utilizado fue de ocho horas, haciendo referencia a un horario laboral estándar en el cual pueda ser utilizado el dispositivo. El siguiente valor fue el de las computadoras de alto rendimiento, se eligió un valor más alto (doce horas), debido a que estos equipos son utilizados principalmente por el área de investigación. Para el valor de las tabletas se utilizó la mitad de una jornada laboral de ocho horas, considerando

que su uso no es indispensable en periodos de tiempo largos. En el caso del elevador se tomó un valor estimado igual dos horas continuas, en realidad se usa a lo largo del día sin embargo calcular su frecuencia de uso en las condiciones a distancias resultaría complicado. Finalmente, el valor estimado para los extractores de aire, tal valor se estimó en doce horas, debido a que aproximadamente es el periodo de tiempo donde se tienen clases en los laboratorios y salones de la Facultad.

El último de ellos son los días en los que se considera el uso de los dispositivos. En la mayoría de los casos se tomó el mismo valor que en los ejercicios pasados de cálculo, es decir, 252 días. Solo hay un elemento que cuenta con un valor diferente en el periodo de tiempo, estos son los servidores, ya que funcionan todo el año para mantener las páginas webs activas de la Facultad.

Tabla 9. Cálculo de la contribución de consumo de la parte “generales” para el indicador energía eléctrica

Tipo	Subtipo	Cantidad [Unidades]	Potencia [W/unidad]	Horas activas al día [h/día]	Días estimados ¹ [días/año]	Acumulado en un año [h/año]	Consumo total al año [kWh/año]
Computadoras	Laptop	602	45	8	251	2008	54396.7
	Alto rendimiento	62	975	12		3012	182075.4
Servidores	NA	24	1500	24	365	8760	315360.0
Tablet	NA	20	4.5	4	251	1004	90.4
Elevador	NA	2	2200	2		502	2208.8
Extractores	5 hp	49	3728.50	12		3012	550281.9
	1 hp	170	745.70	12		3012	381828.2

1 días activos en un año escolar, únicamente no se cuentan los periodos vacacionales. Para los servidores se tomaron en cuenta todo el año.

El segundo grupo que conforman este indicador son las luminarias por edificio (tabla 10). Para esta sección del indicador solo se utilizaron dos estimados.

En primer lugar, se utilizó un valor de las horas en las cuales se hace uso de las luminarias. Se estimo que doce horas serian representativas de cuánto tiempo pasan activas las luminarias en toda la Facultad. Para el

estimado de los días, nuevamente se utilizó el valor estimado en las secciones anteriores, es decir, 251 días.

Tabla 10. *Cálculo de la contribución de consumo de la parte “luminarias” para el indicador energía eléctrica*

Tipo	Subtipo	Sumado de todas las luminarias [W]	Horas activas al día [h/día]	Días estimados ¹ [días/año]	Acumulado en un año [h/año]	Consumo total al año [kWh/año]
Luminarias por Edificio	Edificio A	221756	12	251	3012	667929.1
	Edificio B	126369				380623.4
	Edificio C	33392				100576.7
	Edificio F	69580				209575.0

1 días activos en un año escolar, únicamente no se cuentan los periodos vacacionales

El valor de la potencia necesitada para las luminarias y por edificio se calculó de manera independiente y puede verse en el Anexo 1. Esta información se obtuvo por medio del área de mantenimiento.

Finalmente, la última sección de este indicador (Tabla 11) involucra a los refrigeradores, congeladores y ultra congeladores.

El proceso de cálculo para los refrigeradores y congeladores se tomaron de la Tabla 2, de la sección 6 “Especificaciones” en la NOM-015-ENER-2018. Las ecuaciones para calcular el consumo de energía máximo fueron necesario el valor del volumen total ajustado. Este valor se estimó con el promedio aritmético de la capacidad (volumen) de los refrigeradores y congeladores que se pueden encontrar en el mercado.

El proceso de cálculo para el ultra congelador fue diferente de los anteriores. Este valor se tomó directamente de un proveedor¹.

Tabla 11. Cálculo de la contribución de consumo de la parte “refrigeradores” para el indicador energía eléctrica

Tipo	Cantidad	Volumen promedio [L]	Ecuación de la NOM-015-ENER-2018 ² [kWh/año]	Valor diario por unidad [kWh/día]	Valor anual por unidad [kWh/año]	Consumo total al año [kWh/año]
Refrigeradores	93	393.60	0,250 VA + 201,6	No aplica	300.00	27900.0
Congeladores	9	226.50	0,348 VA + 260,9	No aplica	339.72	3057.5
Ultra congeladores ¹	9	no aplica	no aplica	17.48	6380.2	57421.8

1 Obtenido de DELCA científica. (27 de abril de 2022), Ultracongelador Ultra Congelador MDFU-5586SC-PA de 485 Litros/ 17.1 Pies Cúbicos <https://www.delca.com.mx/ultra-congelador-mdfu-5586sc-pa-de-485-litros-17-1-pies-cubicos/>

2 Obtenido de NORMA Oficial Mexicana NOM-015-ENER-2018, Eficiencia energética de refrigeradores y congeladores electrodomésticos. Límites, métodos de prueba y etiquetado. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5529394&fecha=28/06/2018

Al juntar todas las secciones se conduce a la creación del indicador, este se presenta la figura siguiente (Figura 30). El esquema presenta elementos importantes que componen al indicador, como en los anteriores contiene lo siguiente: El nombre del indicador, el esquema de referencia, el título, los elementos que lo conforman, y el valor obtenido.

Indicador: Energía Eléctrica	Emisiones de CO₂ relacionada con las actividades diarias en Facultad de Química	
Dimensión: Ambiental	Esquema "NS": Condición 1, Aumento de la concentración de sustancias contaminantes	
Elementos que lo conforman:	Valor Obtenido: 2933.3 MWh / año	
<ul style="list-style-type: none"> • Elementos generales • Luminarias • Refrigeradores 		

Figura 30. Esquema de presentación para el indicador energía eléctrica

Fuente: Elaboración propia

En la figura 31 podemos ver la distribución y las contribuciones de los elementos que conforman al indicador. Podemos ver que el elemento que más peso tiene en el indicador son las luminarias del edificio A. Y en una situación hipotética donde se trate de encontrar elementos para disminuir el consumo energético, es posible decir, que las luminarias del edificio A pueden ser el primer aspecto para considerar.

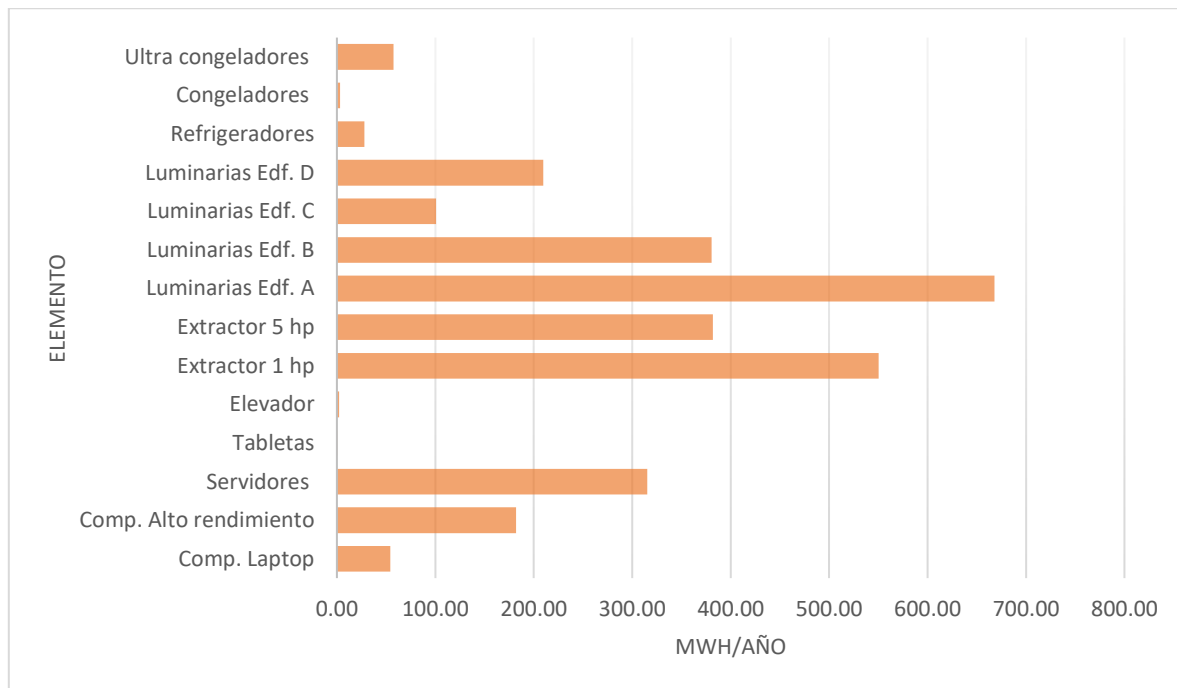


Figura 31. Comparación entre el consumo de los diferentes aspectos del indicador

Fuente: Elaboración propia

En el esquema "The Natural Step" (NS) este indicador se fundamenta, al igual que el indicador: Aire, con el primer postulado, el incremento de la concentración de sustancias contaminantes.

Este indicador se asocia a este postulado a pesar de que su relación no es directa. El consumo energético se puede asociar directamente con las emisiones de CO₂, y las emisiones de CO₂, como se mencionó en el segundo indicador, son vistas como un contaminante representativo de

otras sustancias contaminantes que están dentro de los productos de la combustión.

V.2.4 Residuos de Manejo Especial (RME)

Este indicador representa la cantidad de residuos de manejo especial (RME) que se generan al año derivado de las actividades diarias en la Facultad de Química.

Para efecto de nuestro trabajo, tomamos como base la definición establecida en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR), en el artículo 5º fracción XXX "*Residuos de Manejo Especial: Son aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos*" y corresponden a los residuos provenientes de actividades de salud y de laboratorio indicados en la NOM-161-SEMARNAT-2011.

Este indicador contempla distintos elementos como los que se muestran en la figura 32.

Algodón	Hisopos	Gasas	Vendas
Ropa desechable Batas, Filipina quirúrgica, pantalón quirúrgico, calcetas blancas, botas de lona, campos quirúrgico, cofias, gorros tipo ninja, gorro capuz, entre otros		Gautes	Cubrebocas
		Material de plástico: Jeringas tubo milimétrico, pulseras de indentificación, líneas, tubos de venoclisis, puntas de micropipeta, bolsas de soluciones isotónicas y tubos eppendorf	
Material de vidrio laboratorio: Pipetas, matraz, vaso de precipitados, porbetas, etc		Otros: Sanitas, abatelenguas, viales, etc.	

Figura 32. Elementos que conforman los residuos de manejo especial

Fuente: Elaboración propia

Un punto importante de aclarar es que, como bien lo establece la definición de RME, en esta categoría entran residuos sólidos urbanos de tipo domiciliario como vidrio, papel, alimentos, plástico, etc., sin embargo, en el Campus de Ciudad Universitario el manejo y disposición de ese tipo de residuos se realiza a través de la Dirección General de Obras de manera centralizada y cada dependencia se encarga individualmente de la gestión de los indicados en la figura 32 a través de una empresa autorizada para dicho propósito.

Así mismo, cabe mencionar que cada uno de estos materiales señalados en el indicador cumplen con la condición de no estar contaminados con agentes biológicos o productos químicos, para no ser considerados como

residuos peligrosos biológico-infecciosos o residuos peligrosos químicos respectivamente.

Para este indicador se tomaron dos consideraciones. La primera fue la unidad seleccionada, para este indicador fue el [m³/año] debido a que es la forma en la que se tiene que reportar este tipo de residuos para su disposición final. La siguiente consideración es el periodo de tiempo de evaluación, para ello se tomaron diez meses de generación sin contar periodos vacacionales.

A pesar de que no se disponía con la información suficiente para detallar al indicador, con la información obtenida por la UGA se pudo completar el cuadro de presentación (figura 33). Dicho diagrama, como los realizados con anterioridad, cuenta con todos los elementos correspondientes.

Indicador: Residuos	Cantidad de residuos de manejo especial de las actividades diarias de la Facultad de química	
Dimensión: Ambiental	Esquema "NS": Condición 2, Aumento de productos creados por la sociedad	
Elementos que lo conforman:	Valor Obtenido: 17 m³ / año	
<ul style="list-style-type: none"> • Material de Algodón • Ropa desechable • Guantes y cubrebocas • Material de Plástico • Material de vidrio • Otros 		

Figura 33. Esquema de presentación para el indicador residuos

Dentro del esquema "The Natural Step" este indicador se basa en el segundo postulado, es decir, en el aumento de sustancias producidas por la sociedad. Tal postulado señala que la creación y acumulación de sustancias o productos creados por el hombre no debe rebasar la reintegración a los ciclos naturales. Este enfoque señala que hay que

disminuir la cantidad de desechos generados por la sociedad en general y disminuir nuestra dependencia a estos materiales (Rosenblum, 2000).

La SEMARNAT (2016) sugiere que el reusó y el reciclaje es fundamental para reducir la presión sobre los ecosistemas. De forma paralela se disminuyen tanto el uso de energía y agua necesarios para su procesamiento, como la necesidad de espacio para su disposición final.

Para disminuir la cantidad generada de los RME una de las mejores opciones sería el reusó y la reducción de estos materiales, como lo señala la SEMARNAT. Otro principio que puede ser utilizado es la valorización de los residuos, para recuperar algún valor intrínseco o aprovechar su poder calorífico, se pueden encontrar la formas para la reincorporación en las actividades donde se utilizan estos materiales.

VI.3 Análisis Económico

En esta sección se describe el proyecto de inversión involucrado con la compra de equipo nuevo y los beneficios asociados a la implementación de medidas en el proyecto.

En primer lugar, se presenta el cálculo total de la inversión del proyecto. Después, con el uso del "indicador agua", se estima la cantidad de agua y la cantidad de dinero que se ahorra al año.

Finalmente, se presenta la evaluación del proyecto de inversión, usando principalmente un análisis de sensibilidad relacionado con la variación de la TMAR (Tasa mínima aceptable de retorno), y el cambio en el esquema de pago.

Cabe destacar que este análisis económico solo considera una parte del indicador agua, es decir, el uso de baños. Al utilizar solo una parte de un solo indicador, se destaca el potencial que tiene el desarrollar indicadores

de sustentabilidad para dar pie a nuevos estudios relacionados con distintos temas, como económicos, sociales y ambientales.

Es importante mencionar que este análisis nace de una situación hipotética con la compra de equipos nuevos (inodoros, urinarios y llaves para lavabo). Y a lo largo del análisis se utilizan valores estimados e hipotéticos fundados en la revisión de la literatura presentada.

VI.3.1 Inversión del proyecto

El proyecto de inversión parte desde el supuesto donde se decide comprar equipo nuevo para remodelar los baños de los edificios A, B, C y F. La compra se centra en los inodoros, urinarios y llaves para lavabo. En la Tabla 12 podemos encontrar los costos unitarios por el tipo de equipo y el número de equipos que se están considerando.

Tabla 12. Cálculo de la inversión total para el proyecto de inversión

Tipo	Unidades	Costos por unidad	Costos por tipo
Llaves ¹	129	\$ 7,260.36	\$ 936,586.44
Urinario ²	52	\$ 3,334.72	\$ 173,405.44
Inodoro ³	108	\$ 6,126.64	\$ 661,677.12
Total=			\$ 1,771,669.00

1 obtenido de Sin Autor (27 de abril de 2022) EBF-615 Optima® Battery-Powered Deck-Mounted Low Body Faucet <https://www.sloan.com/commercial-bathroom-products/faucets/optima/ebf-615>

2 obtenido de Sin Autor (27 de abril de 2022) SLOAN DESEMPEÑO DE FLUXÓMETRO EN UN INODORO DE TANQUE https://www.sloan.com/es/commercial-bathroom-products/flushometers/sloan/sloan-186?variation_flush_volume=0.125

3 obtenido de Sin Autor (27 de abril de 2022) SLOAN 186 Sloan® Expuesta Manual Mingitorio Fluxómetro https://www.sloan.com/sites/default/files/2019-04/18-SVC-031%20Pressure%20assisted%20Brochure_F1-Spanish_0.pdf

Cada uno de los equipos fueron cotizados con una distribuidora (SLOAN) y la información de estos es considerada más adelante en la presente sección. Las unidades para cada tipo de equipo fueron reportadas por el área de mantenimiento de la Facultad.

VI.3.2 Uso del indicador

El siguiente paso en el proyecto de inversión es identificar el ahorro con los nuevos equipos, para ello se usa el "indicador agua". De este indicador únicamente se utiliza una de las secciones, siendo tal, el uso de baños. En la tabla 13, se presenta un comparativo entre los resultados usando el mismo proceso de cálculo que se usó para calcular el indicador.

Tabla 13. Comparación de los resultados con el proceso de cálculo del consumo de agua por uso de baño

	Numero de estudiantes base	Corrección para la delimitación de los edificios	Núm. de descargas estimadas (inodoro)	Núm. de descargas estimadas (urinario)	Tiempo estimado para lavado de manos [seg]	Descarga inodoro [L/descarga]	Descarga urinario [L/descarga]
Mujeres	3768	1413	3		15	6	
Hombres	3368	1263	1	2	15	6	3
Mujeres	3768	1413	3		15	3.8	
Hombres	3368	1263	1	2	15	3.8	0.47
	Flujo del grifo de lavabo [L/min]	Total por descargas [L/día]	Total por lavado de manos [L/día]	Total combinado por descargas [L/día]	Total por uso de baño [L/día]	Total por uso de baño [L/año]	Total por uso de baño [m³/año]
Mujeres	8.3	25434.00	8795.93	40,590.00	57,248.10	14,426,521.20	14,426.52
Hombres	8.3	15156.00	7862.18				
Mujeres	1.3	16108.20	1377.68	22,094.82	24,703.92	6,225,387.84	6,225.39
Hombres	1.3	5986.62	1231.43				

Como se puede apreciar en la tabla 13, los números en rojo representan la información de descarga de los nuevos inodoros y urinarios, así como también, información del flujo de las nuevas llaves del lavabo. Siguiendo el mismo proceso de cálculo se llega al valor total de consumo de agua por uso del baño. Se puede decir que existe un ahorro significativo en cuanto al consumo de agua.

El ahorro en el consumo de agua se puede lograr por medio del proyecto de inversión. Sin embargo, se necesita evaluar tal proyecto de inversión para determinar si la compra de los nuevos equipos resulta conveniente o no para la Facultad.

VI.3.2 Evaluación del proyecto de inversión

Se comienza identificando los flujos netos de efectivo relevantes, es decir, ingresos y egresos (Aching, 2006). Para los egresos, identificamos la inversión que se tiene que hacer para la compra de los nuevos equipos. En el caso de los ingresos se calcularon y se muestran en la tabla 14:

Tabla 14. Cálculo del ahorro total considerando el 100% de inversión

Consumo total de Agua [m ³ /año]	Tarifa del agua ¹ [\$/m ³]	Costo al año [\$/año]	Ahorro al año [\$/año]
14,426.52	68.26	\$ 984,754.34	\$ 559,809.36
6,225.39		\$ 424,944.97	

1 Código fiscal de la Ciudad de México. Art. 173. 29 de diciembre de 2009 (México)

<https://data.consejeria.cdmx.gob.mx/index.php/leyes/codigos/932-codigo-fiscal#c%C3%B3digo-fiscal-de-la-ciudad-de-m%C3%A9xico>

En esta tabla, los ingresos no están definidos de forma directa, sin embargo, se consideraron los ahorros anuales como ingresos.

El valor utilizado para la tarifa de agua se obtuvo del código fiscal de la Ciudad de México (Código Fiscal de la Ciudad de México, 2009). Se usó el valor reportado en el artículo 173 sección I inciso a, el cual especifica el costo del agua potable suministrada por válvulas. Es importante aclarar que si bien este valor no representa un valor adecuado a la realidad es útil para realizar el análisis económico.

Una vez teniendo los ingresos y egresos identificados (tabla 15), el siguiente paso consiste en determinar el periodo de evaluación. Se considerará, como se mencionó en la metodología de este trabajo, un periodo de cuatro años, ya que es el ciclo administrativo de un director de la Facultad de Química. El último elemento que se necesita para

calcular el flujo neto de efectivo (FNE) es la tasa mínima aceptable de retorno (TMAR).

El valor de la TMAR se estimará de acuerdo con la naturaleza del proyecto. Al ser un proyecto donde hay dos aspectos importantes, siendo estos, el ahorro en el consumo de agua y el ahorro monetario, la tasa puede ser baja, menor al 10% (Baca, 2013). Se va a considerar una tasa a la mitad (5%) de la tasa señalada por Baca (2013).

Tabla 15. *Cálculo del valor presente neto*

Periodos	Inversión	Ahorro	FNE
0	\$ 1,771,669.00		-\$ 1,771,669.00
1		\$ 559,809.36	\$ 559,809.36
2		\$ 559,809.36	\$ 559,809.36
3		\$ 559,809.36	\$ 559,809.36
4		\$ 559,809.36	\$ 559,809.36
Tasa=	5.00%	VPN	\$ 213,387.29

Como se puede observar, con una tasa baja (5%) se obtiene un flujo neto positivo, esto puede ayudar a definir la aceptación o rechazo de un proyecto. Si el VPN es mayor a cero se puede aceptar el proyecto.¹³

Para seguir evaluando el proyecto es necesario hacer un análisis de sensibilidad, donde se van a variar dos aspectos: La tasa de retorno y el esquema de inversión.

Primero, se varió la tasa para encontrar la tasa interna de retorno (TIR), que es aquella en donde el proyecto encuentra el punto de equilibrio, es decir, al final del periodo establecido no se pierde ni se obtiene nada (Figura 34). Este punto de equilibrio esta solo relacionado con el dinero, porque en realidad el consumo de agua a lo largo del tiempo si ha

¹³ Sin autor (Sin año). Evaluación Económica [Archivo PDF]. <http://economia.unam.mx/secss/docs/tesisfe/GomezAM/cap4.pdf>

disminuido y se ha mantenido constante al menos con el esquema de inversión.

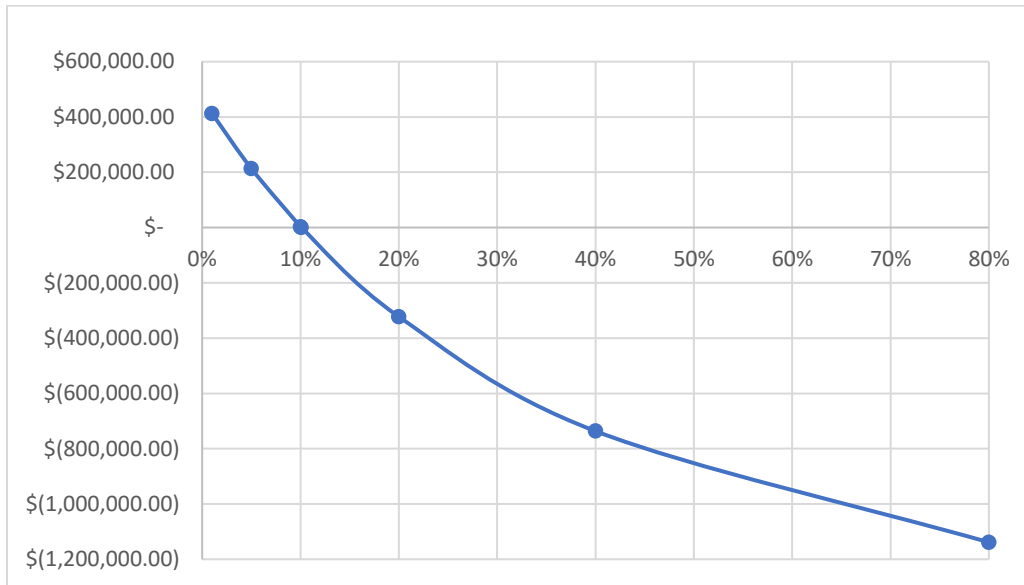


Figura 34. Variación de la tasa respecto al valor del VPN

Podemos ver que la tasa para el punto de equilibrio se acerca mucho al 10%, al calcularla el valor resulta ser 10.07%. Si continuamos disminuyendo la tasa obtenemos un valor más grande en el VPN, ya que estamos disminuyendo el interés que genera la inversión.

La próxima parte del análisis de sensibilidad es el cambio en el esquema de pagos. Teniendo en cuenta el esquema de inversión del 100%, se definieron cinco esquemas de inversión diferentes: 25%, 33%, 50%, 70% y 80% (Tablas 16-21). Se fijó la misma tasa como en el esquema del 100%, se tomó en cuenta y se evaluaron en el mismo tiempo.

Otro aspecto que se consideró en los esquemas de inversión fue establecer los pagos en el menor tiempo posible, dado que los periodos de una Dirección son de cuatro años.

Tabla 16. Cálculo del VPN en el esquema 25%

Esquema 25%				
Periodos	Inversión	Ahorro	FNE	Ahorro de agua [m ³ /año]
0	\$ 442,917.25		-\$ 442,917.25	
1	\$ 442,917.25	\$ 139,952.34	-\$ 302,964.91	2,050.28
2	\$ 442,917.25	\$ 279,904.68	-\$ 163,012.57	4,100.57
3	\$ 442,917.25	\$ 419,857.02	-\$ 23,060.23	6,150.85
4		\$ 559,809.36	\$ 559,809.36	8,201.13
Tasa=	5.00%	VPN	-\$ 438,676.21	20,502.83

Tabla 17. Cálculo del VPN en el esquema 33%

Esquema 33%				
Periodos	Inversión	Ahorro	FNE	Ahorro de agua [m ³ /año]
0	\$ 590,555.74		-\$ 590,555.74	
1	\$ 590,555.74	\$ 186,603.12	-\$ 403,952.62	2,733.71
2	\$ 590,557.51	\$ 373,206.26	-\$ 217,351.25	5,467.42
3		\$ 559,809.36	\$ 559,809.36	8,201.13
4		\$ 559,809.36	\$ 559,809.36	8,201.13
Tasa=	5.00%	VPN	-\$ 228,275.59	24,603.40

Tabla 18. Cálculo del VPN en el esquema 50%

Esquema 50%				
Periodos	Inversión	Ahorro	FNE	Ahorro de agua [m ³ /año]
0	\$ 885,834.50		-\$ 885,834.50	
1	\$ 885,834.50	\$ 279,904.68	-\$ 605,929.82	4,100.57
2	\$ -	\$ 559,809.36	\$ 559,809.36	8,201.13
3	\$ -	\$ 559,809.36	\$ 559,809.36	8,201.13
4		\$ 559,809.36	\$ 559,809.36	8,201.13
Tasa=	5.00%	VPN	-\$ 11,006.00	28,703.97

Tabla 19. Cálculo del VPN en el esquema 70%

Esquema 70%				
Periodos	Inversión	Ahorro	FNE	Ahorro de agua [m ³ /año]
0	\$ 1,240,168.30		-\$ 1,240,168.30	
1	\$ 531,500.70	\$ 391,866.55	-\$ 139,634.15	5,740.79
2	\$ -	\$ 559,809.36	\$ 559,809.36	8,201.13
3	\$ -	\$ 559,809.36	\$ 559,809.36	8,201.13
4		\$ 559,809.36	\$ 559,809.36	8,201.13
Tasa=	5.00%	VPN	\$ 78,751.32	30,344.19

Tabla 20. Cálculo del VPN en el esquema 80%

Esquema 80%				
Periodos	Inversión	Ahorro	FNE	Ahorro de agua [m ³ /año]
0	\$ 1,417,335.20		-\$ 1,417,335.20	
1	\$ 354,333.80	\$ 447,847.49	\$ 93,513.69	6,560.91
2	\$ -	\$ 559,809.36	\$ 559,809.36	8,201.13
3	\$ -	\$ 559,809.36	\$ 559,809.36	8,201.13
4		\$ 559,809.36	\$ 559,809.36	8,201.13
Tasa=	5.00%	VPN	\$ 123,629.98	31,164.31

Tabla 21. Cálculo del VPN en el esquema 100%

Esquema 100%				
Periodos	Inversión	Ahorro	FNE	Ahorro de agua [m ³ /año]
0	\$ 1,771,669.00		-\$ 1,771,669.00	
1		\$ 559,809.36	\$ 559,809.36	8,201.13
2		\$ 559,809.36	\$ 559,809.36	8,201.13
3		\$ 559,809.36	\$ 559,809.36	8,201.13
4		\$ 559,809.36	\$ 559,809.36	8,201.13
Tasa=	5.00%	VPN	\$ 213,387.29	32,804.53

Como se observa de las tablas 16 a 21, los únicos esquemas que resultan con un flujo de efectivo positivo son los de 70%, 80% y 100%. Esto se debe al corto periodo de evaluación. Con los esquemas de mayor inversión al principio se logran mejores ahorros (ingresos) que con los esquemas de baja inversión.

Otro punto importante para resaltar es que dentro las tablas del FNE se incluyó una columna del ahorro de agua para recalcar la importancia que tiene dentro de este análisis. Es claro que en cualquiera de los esquemas hay disminución en el agua que se consume anualmente, sin embargo, no en todos los esquemas resulto igual.

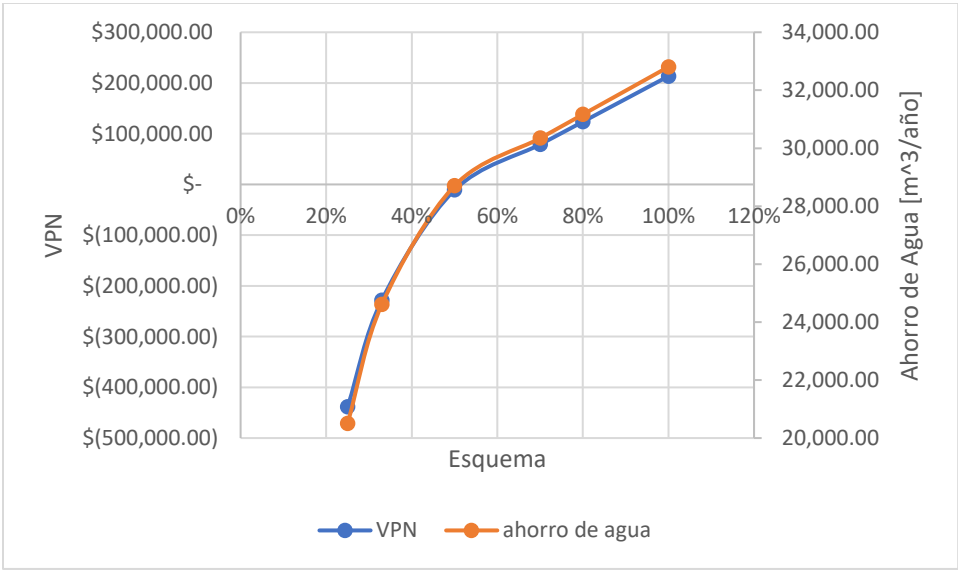


Figura 35. Variación del esquema de pago respecto al VPN y al consumo de agua

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en la figura 35, el VPN que representa el valor de la inversión final del periodo sigue la misma tendencia que el ahorro de agua modificando los esquemas de pago.

Por lo anterior, es posible decir que para el periodo de evaluación que se está tomando en cuenta y la tasa de retorno baja, la mejor decisión es enfocarse en los esquemas donde se haga una significativa inversión al principio del proyecto, pues se tiene como beneficio un mejor rendimiento de la inversión y además un mayor ahorro de agua a lo largo del tiempo.

Conclusiones

Se logró diseñar un conjunto de indicadores de desempeño ambiental aplicados a la Facultad de Química, con un alcance en los principales edificios donde realizan actividades de docencia e investigación. Es posible decir que con estos indicadores se establecen las bases para iniciar las primeras acciones para alcanzar un campus sustentable.

Se realizó una revisión exhaustiva sobre criterios, características, usos y funciones de los indicadores de desempeño ambiental en los campus. Se revisó la importancia que tienen las universidades con la sustentabilidad y como estas funcionan como un sistema socio-ecológico al que se le pueden aplicar herramientas de monitoreo ambiental mediante indicadores cuantitativos.

Se establecieron cuatro indicadores base (Aire, Agua, Energía eléctrica, Residuos de manejo especial) que describen la situación ambiental que vive la Facultad de Química en su operación y funcionamiento diario, de acuerdo al alcance establecido.

Para cada indicador se llevó a cabo un proceso de cálculo diferente, debido a la variedad en el origen de información recopilada. El ejercicio de cálculo sigue una secuencia lógica y clara, de tal manera que, es relativamente sencilla la actualización a la vez que se obtenga nueva información. En cada proceso se establecieron las dimensiones de cada valor, con el fin de facilitar la comprensión del proceso.

Con las herramientas de cálculo se cuantificó cada cifra final del conjunto de indicadores. Estos valores constituyen el elemento principal de cada indicador y están descritos en sus esquemas de presentación.

Se elaboró un análisis económico, que consistió en la evaluación de un proyecto de inversión. En este análisis se aplicó las propuestas para el

indicador de consumo de agua. Esto derivó en una recomendación a la situación hipotética planteada en el proyecto de inversión.

Después de plantear todo lo realizado en este trabajo, se puede decir que, cada uno de los objetivos particulares establecidos al principio de la investigación, se cumplieron en su totalidad.

Recomendaciones

De manera específica, las recomendaciones las podemos enfocar en los siguientes indicadores:

En el caso del indicador "agua" tenemos dos aspectos a considerar: El uso de baños y la generación de agua destilada. El primero de estos aspectos ya fue desarrollado en el análisis económico del presente trabajo. Para el otro aspecto, la generación de agua destilada, la recomendación es disminuir el agua de enfriamiento con un sistema de recirculación que se ajuste a las condiciones del laboratorio

Para el indicador "aire", tenemos tres aspectos a considerar: La caldera, el uso de automóviles y las plantas eléctricas.

La parte que más peso tiene dentro del indicador es el uso de automóviles. La recomendación para disminuir el impacto por tal aspecto podría ser autobuses que recojan en zonas estratégicas a los estudiantes que vienen de lugares más lejanos del campus. Otra posible alternativa sería que la universidad haga campañas relacionadas con el financiamiento de automóviles híbridos o eléctricos para las personas que trabajan en cualquier entidad académica o administrativa.

En los dos aspectos restantes, la caldera y el uso de plantas de energía eléctrica, no se generaron recomendaciones, ya que no se encontraron alternativas significativas a simple vista con los indicadores. Es posible que sea necesario de un estudio más detallado para encontrar planes que disminuyan significativamente las emisiones.

En el indicador "energía eléctrica" tenemos muchos aspectos a considerar, pero los agruparemos en: elementos generales, luminarias y refrigeradores.

En el caso de los refrigeradores, es difícil encontrar una alternativa que disminuya su consumo de energía eléctrica lo suficiente para justificar su inversión. Esto mismo ocurre con los extractores, computadoras, tabletas y servidores. Son equipos necesarios para las actividades diarias de docencia e investigación. Puede ser que se necesite un estudio más preciso de cómo hallar una alternativa de menos consumo.

En el caso de las luminarias, en muchas partes de los edificios involucrados, no se utilizan luminarias de bajo consumo como las de tipo LED. Una recomendación sería realizar un proyecto de inversión que busque cambiar todas las luminarias por unas de bajo consumo.

Una recomendación general para disminuir el consumo de energía eléctrica, puede ser un proyecto de inversión donde se decida instalar paneles solares en las azoteas de los edificios. Al contar con múltiples edificios no solo en la facultad, sino en todo el campus, puede resultar una opción viable en cuanto a la disminución del consumo de energía.

Finalmente, el último de los indicadores, el de "residuos". En este caso, la principal recomendación que puede darse es comenzar con campañas de reuso o reducción de los materiales que componen al indicador, como la ropa desechable utilizada, el material de algodón, los guantes, entre otros. También es posible redirigirlas a otras áreas, como las actividades deportivas que hay en la facultad, un ejemplo de ello sería las gasas y vendas a los grupos que entrenan artes marciales dentro del campus.

Es importante mencionar que para todas estas recomendaciones es necesario estudios, evaluaciones o análisis para determinar la factibilidad real de las acciones y propuestas.

Finalmente, la principal recomendación es completar los datos con mediciones reales, tarifas actualizadas, confirmación del número de equipos, número y tipo de instalaciones sanitarias, etc.

Referencias Bibliograficas

- Aching, C. (2006). Matemáticas Financieras Para Toma De Decisiones Empresariales. Serie MYPES
- Agenda Estadística 2020 de la UNAM, en el documento Población escolar por licenciatura 2019 – 2020.
<https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.planeacion.unam.mx%2FAgenda%2F2020%2Fdisco%2Fxls%2F017.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK>
- Armon, R. y Hänninen, O. (2015) Environmental Indicators. Springer
- Ayers, J. (2017). Sustainability An Environmental Science Perspective. CRC Press, Taylor & Francis Group
- Baca, G. (2013). Evaluación de Proyectos. (7ª ed). Mc Graw Hill
- Bakkes, J., van den Born, G., Helder, J., Swart, R., Hope, C., & Parker, J. (1994). An overview of environmental indicators: State of the art and perspectives. Nairobi: UNEP/RIVM.
<https://portals.iucn.org/library/node/20766>
- Batlloori, A. (2008) La educación ambiental para la sustentabilidad: un reto para las universidades. UNAM, Centro Regional de investigaciones Multidisciplinarias.
- Bebbington, J., Brown, J. y Frame, B. (2007) Accounting technologies and sustainability assessment models. Ecological Economics, 61 (2-3), 224–236. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.10.021>
- Bell, S. y Morse, S. (2004) Experiences with sustainability indicators and stakeholder participation: A case study relating to a 'Blue Plan' project in Malta. Sustainable Development 12(1).
<https://doi.org/10.1002/sd.225>

- Bell, S., & Morse, S. (2008). Sustainability indicators: Measuring the immeasurable. Earthscan
- Castillo, A. (2012) Indicadores de sustentabilidad en la lechería familiar [Tesis de Maestría, UNAM]. TESIUNAM.
- Ciudad Universitaria, por Mapas UNAM, 2015, Universidad Nacional Autónoma de México
<https://www.planeacion.unam.mx/Agenda/2015/disco/xls/161.pdf>
- Clugston, R. y W. Calder (1999), "Critical Dimensions of Sustainability in Higher Education", en W. Leal Filho (ed.), Sustainability and University Life, Nueva York, Peter Lang, pp. 31-46.
https://redcampussustentable.cl/wp-content/uploads/2018/03/3-Critical_dimensions_SHE.pdf
- Código fiscal de la Ciudad de México. Art. 173. 29 de diciembre de 2009 (México)
<https://data.consejeria.cdmx.gob.mx/index.php/leyes/codigos/932-codigo-fiscal#c%C3%B3digo-fiscal-de-la-ciudad-de-m%C3%A9xico>
- Constitución Política De Los Estados Unidos Mexicanos. Art 27. 5 de febrero de 1917 (México)
- Cortese, A. (2003) The Critical Role of Higher Education in Creating a Sustainable future. (Sin Editor), Planning for higher Education (pp. 15-22). Sin Editorial. <https://redcampussustentable.cl/wp-content/uploads/2018/03/6-CorteseCriticalRoleOfHE.pdf>
- DELCA científica. (27 de abril de 2022), Ultracongelador Ultra Congelador MDFU-5586SC-PA de 485 Litros/ 17.1 Pies Cúbicos
<https://www.delca.com.mx/ultra-congelador-mdfu-5586sc-pa-de-485-litros-17-1-pies-cubicos/>

Diccionario Jurídico y Social. (15 de enero de 2022). Ex Ante – Ex Post <https://diccionario.leyderecho.org/ex-ante-ex-post/#:~:text=En%20conexi%C3%B3n%20con%20la%20historia%20del%20derecho%20romano%2C,anterioridad.%20Ex%20post%3A%20efectos%20o%20valoraci%C3%B3n%20con%20posterioridad>

Dlouhá, J., Henderson, L., Kapitulčinová, D. y Mader, C., (2017) Sustainability-oriented higher education networks: Characteristics and achievements in the context of the UN DESD. *Journal of Cleaner Production*, (), 1-30. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.239>

Dlouhá, J., y Dlouhý, J., (2014) Higher education for sustainability – a change of education genre?. *ENVIGOGIKA*, 9(1), 1-31. <https://doi.org/10.14712/18023061.440>

Escobar Delgadillo, J. L. (2007) EL DESARROLLO SUSTENTABLE EN MÉXICO (1980-2007). *Revista Digital Universitaria*, 9(3), 1-13. <https://www.revista.unam.mx/vol.9/num3/art14/art14.pdf>

Essex Report: Workshop on the Principles of Sustainability in higher Education (1995). *Second Nature*. https://d3n8a8pro7vhmx.cloudfront.net/intentionalendowments/pages/1584/attachments/original/1497895026/The_Essex_Report.pdf?1497895026

Facultad de Química UNAM. (15 de enero de 2022). Historia de la facultad de Química <https://quimica.unam.mx/la-facultad/historia-de-la-facultad/>

Farley, H. y Smith, Z. (2014) Sustainability If it's everything, is it nothing?. Routledge, Taylor & Francis Group

- Fiksel, J. (2009) Design for Environment A guide to Sustainable Product Development. Green Manufacturing & systems engineering McGrawHill
- Fiksel, J., Eason, T. y Frederickson, H. (2012) A Framework for Sustainability Indicators at EPA. Erason T (Ed.). <https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-10/documents/framework-for-sustainability-indicators-at-epa.pdf>
- Fredericks, S. (2015). Ethics in sustainability indexes. En Kopnina, H. y Shoreman, E. (Ed.), Sustainability Key issues (pp. 92-106). Routledge, Taylor & Francis Group
- Gaceta UNAM. (15 de enero de 2022). UNAM, en Red Internacional de Campus Sustentables. <https://www.gaceta.unam.mx/unam-en-red-internacional-de-campus-sustentables/>
- Gligo, N. (2007) Estilos de desarrollo y medio ambiente en América latina, un cuarto de siglo después. México: CEPAL
- Gudynas, E. (2011). Desarrollo y sustentabilidad ambiental: diversidad de posturas, tensiones persistentes. En A. Matarán Ruiz y F. López Castellano (Eds.) La tierra no es muda: diálogos entre el desarrollo sostenible y el posdesarrollo. Universidad de Granada.
- Hezri, A. (2004) Sustainability indicator system and policy processes in Malaysia: a framework for utilisation and learning. Journal of Environmental Management, 73(4), 357-71. doi: 10.1016/j.jenvman.2004.07.010.
- Hodge, A., Hardi, P. y Bell, D. (1999) Seeing change through the lens of sustainability. En "Beyond Delusion: Science and Policy Dialogue on Designing Effective Indicators of Sustainable Development"; International Institute for Sustainable Development

<https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.planeacion.unam.mx%2FAgenda%2F2020%2Fdisco%2Fxls%2F017.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK>

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2014). Factores de emisión para los diferentes tipos de combustibles fósiles y alternativos que se consumen en México. informe técnico.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/110131/CGCCD_BC_2014_FE_tipos_combustibles_fosiles.pdf

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática. (2000) Indicadores de Desarrollo sustentable en México.
<https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2011/Desarrollo%20sustentable.pdf>

Jacques, P. (2015) SUSTAINABILITY THE BASICS. Routledge, Taylor & Francis Group

Kopnina, H. y Soreman-Ouimet, E. (Eds.). (2015) Sustainability Key issues. Routledge, Taylor & Francis Group

Kruijf, H.A.M y Van Vuuren, D. (1996) Following Sustainable Development in Relation to the North–South Dialogue: Ecosystem Health and Sustainability Indicators. ECOTOXICOLOGY AND ENVIRONMENTAL SAFETY, 40(1-2), 4–14
<https://doi.org/10.1006/eesa.1998.1635>

La UNAM en el área Metropolitana de la Ciudad de México, por Mapas UNAM, 2015, Universidad Nacional Autónoma de México
<https://www.planeacion.unam.mx/Agenda/2015/disco/xls/160.pdf>

La UNAM en la República Mexicana, por Mapas UNAM, 2015, Universidad Nacional Autónoma de México
<https://www.planeacion.unam.mx/Agenda/2015/disco/xls/159.pdf>

Lewandowski, I., et al.,(1999). "Sustainable crop production: definition and methodological approach for assessing and implementing sustainability", en Crop Science, num. 39, pp. 184-193

LEY GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS de 2003. 8 de octubre de 2003.
http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263_180121.pdf

López, C. (2008) Experiencia del INEGI en la elaboración de indicadores ambientales y de desarrollo sustentable. En López, J. y Rodríguez, M. (Eds.), Desarrollo de indicadores ambientales y de sustentabilidad en México (pp. 27-55). Instituto de Geografía, UNAM

Martínez Castillo, R. y Martínez Chávez, D. (2016) Perspectivas de la sustentabilidad: teórica y campos de análisis. Revista Pensamiento Actual, 16(26), 123-145.
<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/pensamiento-actual/article/view/25188/25454>

Meadows, D. (1998) Indicators and Information Systems for Sustainable Development. A Report to the Balaton Group. The Sustainability Institute

Monteforte, A. (2020). DESARROLLO SUSTENTABLE VS. SUSTENTABILIDAD: CONCEPTOS PARA LAS TRANSICIONES SOCIOECOLOGICAS [Tesis de licenciatura, Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, UNAM]. TESIUNAM

Nixon, A. (2002) IMPROVING THE CAMPUS SUSTAINABILITY ASSESSMENT PROCESS [Tesis de Doctorado, Universidad Western Michigan].

NORMA Oficial Mexicana NOM-015-ENER-2018, Eficiencia energética de refrigeradores y congeladores electrodomésticos. Límites, métodos de prueba y etiquetado.

https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5529394&fecha=28/06/2018

Obtenido de Fundación UNAM. (15 de enero de 2022). Sabes cómo se construyó Ciudad Universitaria.

<https://www.fundacionunam.org.mx/donde-paso/sabes-como-se-construyo-ciudad-universitaria/#:~:text=Sabes%20c%C3%B3mo%20se%20construy%C3%B3%20Ciudad%20Universitaria.%20El%20terreno,%E2%80%9Cuna%20obra%20maestra%20del%20genio%20creativo%20del%20hombre%E2%80%9D>

OECD (1993), OECD core set of indicators for environmental performance reviews, Environment Monographs, no. 83, Paris

Organización de las Naciones Unidas (2002). Informe de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible.

<https://undocs.org/es/A/CONF.199/20>

Organización de las Naciones Unidas (2007) Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies.

<https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/guidelines.pdf>

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (2005) Environment at a Glance. OECD Environmental Indicators.

https://www.oecd-ilibrary.org/environment/environment-at-a-glance_9789264012196-en

- Pierri, N. (2005). Historia del concepto de desarrollo sustentable. Universidad Santo Tomás.
<https://www.virtualpro.co/biblioteca/historia-del-concepto-de-desarrollo-sustentable>
- Portal de Estadística Universitaria. (15 de enero de 2022). La UNAM en Números. <https://www.estadistica.unam.mx/numeralia/>
- Quobit México. (15 de enero de 2022). Algunos datos curiosos sobre Ciudad Universitaria. <https://www.quobit.mx/algunos-datos-curiosos-sobre-ciudad-universitaria.html>
- Rigby, D., Woodhouse, P., Young, T. y Burton, M. (2001) Constructing a farm level indicator of sustainable agricultural practice. *Ecological Economics*, 39 (3), 463–478.
- Rodríguez, C. y Flores, A. (2008) El Sistema Nacional de Indicadores Ambientales (SNIA). En López, J. y Rodríguez, M. (Eds.), *Desarrollo de indicadores ambientales y de sustentabilidad en México* (pp. 15-26). Instituto de Geografía, UNAM
- Rosenblum, J. (2000). The Natural Step Framework [Archivo PDF] <https://web.stanford.edu/class/me221/readings/NaturalStepOverview.pdf>
- Secretaría de Energía y Comisión nacional para el uso eficiente de la energía. (2021). Lista de combustibles y sus poderes caloríficos 2021 que se considerarán para identificar a los usuarios con un patrón de alto consumo, así como los factores para determinar las equivalencias en términos de barriles equivalentes de petróleo https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/619062/Lista_Combustibles_2021_26feb2021.pdf

Secretaria de Gobernación. (2015). ACUERDO que establece las particularidades técnicas y las fórmulas para la aplicación de metodologías para el cálculo de emisiones de gases o compuestos de efecto invernadero.

http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5406149&fecha=03/09/2015

Secretaria de medio ambiente y recursos naturales (2018). Informe de la situación del medio ambiente en México: Compendio de estadísticas ambientales, indicadores clave, desempeño ambiental y de crecimiento verde.

<https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/index.html>

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (24 de julio de 2018) Diferencia entre sustentable y sostenible.

<https://www.gob.mx/semarnat/articulos/diferencia-entre-sustentable-y-sostenible>

SEMARNAT. (2011). Que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo (NOM-161-SEMARNAT-2011)

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/134113/20.-NORMA_OFICIAL_MEXICANA_NOM-161-SEMARNAT-2011.pdf

Sin autor (Sin año). Evaluación Económica [Archivo PDF].

<http://economia.unam.mx/secss/docs/tesisfe/GomezAM/cap4.pdf>

Sin autor (10 de agosto del 2021). Muéstreme los fundamentos científicos: Cómo lavarse las manos. CDC.

<https://www.cdc.gov/handwashing/esp/show-me-the-science-handwashing.html>

Sin Autor (2019) Reporte y Evaluación de la Sustentabilidad para Instituciones de Educación Superior: Manual de Usuario (versión 2). Red Campus Sustentable. [Manual-RESIES-1.pdf \(redcampussustentable.cl\)](#)

Sin Autor (21 de noviembre de 2021) Talloires Declaration. Association of University Leaders for a Sustainable Future (ULSF). https://redcampussustentable.cl/wp-content/uploads/2018/03/3-Critical_dimensions_SHE.pdf

Sin Autor (27 de abril de 2022) EBF-615 Optima® Battery-Powered Deck-Mounted Low Body Faucet
<https://www.sloan.com/commercial-bathroom-products/faucets/optima/ebf-615>

Sin Autor (27 de abril de 2022) SLOAN 186 Sloan® Expuesta Manual Mingitorio Fluxómetro
https://www.sloan.com/sites/default/files/2019-04/18-SVC-031%20Pressure%20assisted%20Brochure_F1-Spanish_0.pdf

Sin Autor (27 de abril de 2022) SLOAN DESEMPEÑO DE FLUXÓMETRO EN UN INODORO DE TANQUE
https://www.sloan.com/es/commercial-bathroom-products/flushometers/sloan/sloan-186?variation_flush_volume=0.125

Sin autor (29 de Julio de 2012). How many times do you flush the toilet per day? You might be surprised!. EARTH CONSULTANTS.
<http://leansixsigmaenvironment.org/index.php/how-many-times-do-you-flush-the-toilet-per-day-you-might-be-surprised/>

Sin autor (sin fecha). Población Escolar Licenciatura 2019-2020 [Archivo Excel]. De Población UNAM.
<https://www.planeacion.unam.mx/Agenda/2020/disco/> /

Sin nombre (2017) Importancia de las secretarías: SEMARNAT (Hoja técnica No.12). Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
<http://www3.uacj.mx/ICB/UEB/Documents/2019/Hojas%20Tecnicas%202019/14.%20SEMARNAT.pdf>

Singh, R. K., Murty, H. R., Gupta, S. K., y Dikshit, A. K. (2012). An overview of sustainability assessment methodologies. *Ecological Indicators*, 15(1), 281–299. doi:10.1016/j.ecolind.2011.01.007

The International Sustainable Campus Network [ISCN] (2018). 2018 WEF-ISCN Report: Educating with Purpose. SUSTAINABLE CAMPUS BEST PRACTICES FROM ISCN AND GULF UNIVERSITIES,
<https://international-sustainable-campus-network.org/iscn-sustainable-campus-best-practices/>

The Natural Step (p.2), sin autor, 2000,
<https://web.stanford.edu/class/me221/readings/NaturalStepOverview.pdf>

Tilbury D. (21 de noviembre de 2021) PEOPLES' SUSTAINABILITY TREATY ON HIGHER EDUCATION. Peoples Sustainability treaties.
<https://sustainabilitytreaties.org/draft-treaties/higher-education/>

UNESCO. International Congress on Environmental Education and Training. Moscú/París, 1987.

Waas, T., Hugé, H., Block, T., Wright, T., Benitez-Capistros, F. y Verbruggen, A. (2014) Sustainability Assessment and Indicators: Tools in a Decision-Making Strategy for Sustainable Development. *Sustainability*, 6 (9), 5512–5534

- Waas, T., Hugé, H., Verbruggen, A. y Block, T. (2015). Navigating towards sustainability. En Kopnina, H. y Shoreman, E. (Eds.), Sustainability Key issues (pp. 107-106). Routledge, Taylor & Francis Group
- Weterings, R. (1993). Indicatoren voor duurzame ontwikkeling. Rijswijk: Raad voor Natuur- en Milieuonderzoek (RMNO).
- Worster, D. (2008). Transformaciones de la Tierra. coscoroba ediciones
- Zabala, I., y García, M., (2008) Historia de la Educación Ambiental desde su discusión y análisis en los congresos internacionales. Revista de Investigación, 32(63), Sin páginas.
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-29142008000100011
- Zlotnik, A. (2005). Sustentabilidad: Hacia una visión integral [Tesis de Doctorado, UNAM]. TESIUNAM