

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingeniería

Sostenibilidad ambiental en el campus de la USFQ

Daniela María Chiquito Ríos

&

Marlon Josué Romo Gualinga

Ingeniería Ambiental

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito
para la obtención del título de
Ingeniero(a) Ambiental

Quito, 18 de agosto de 2020

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingeniería

HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA

Sostenibilidad ambiental en el campus de la USFQ

Daniela María Chiquito Ríos

Marlon Josué Romo Gualinga

Nombre del profesor, Título académico

Daniela Flor, MSc.

Quito, 18 de agosto de 2020

DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Nombres y apellidos: Daniela María Chiquito Ríos
Marlon Josué Romo Gualinga

Código: 00133027
00108127

Cédula de identidad: 0921520300
1722065172

Lugar y fecha: Quito, 18 de agosto de 2020

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

RESUMEN

La situación del COVID-19 es una oportunidad para establecer puntos de inflexión que permitan reducir la huella de carbono y otros impactos ambientales. El objetivo de este proyecto es apoyar a la Universidad San Francisco de Quito (USFQ) en su camino hacia un campus sostenible. Se realiza mediante la actualización de la huella de carbono año 2019, la construcción de una batería de indicadores de desempeño ambiental y la elaboración de un plan de acción que permita monitorear y mejorar el desempeño ambiental de la misma a través de los años.

La cuantificación de la huella de carbono se realiza considerando tres alcances. En el período 2019 se emiten 4837.66 toneladas CO₂ eq para el campus Cumbayá, 173.11 toneladas CO₂ eq para el campus en Galápagos y 223.6 toneladas CO₂ eq en el campus Tiputini. A partir de los resultados de la huella de carbono y el análisis de información primaria y secundaria, se identificó la oportunidad de establecer un sistema de gestión de información, mediante la construcción y seguimiento de ocho indicadores de desempeño ambiental normalizados mediante funciones de transformación en las áreas de energía, agua, acción climática, transporte y residuos. Mediante los indicadores, se observó que el desempeño de la universidad no alcanza en ningún indicador un índice de calidad ambiental mayor a 0.80, siendo 1 el máximo posible. Además, se analiza el impacto pre y durante COVID-19 en temas de energía, agua y transporte, demostrando una reducción del 37%, 31% y 94% respectivamente. Así, se identifican las áreas prioritarias: energía, transporte, residuos y agua, considerando los escenarios pre, durante y post COVID-19, se establecen planes de acción con metas y cronogramas específicos para cada una de las actividades propuestas como formar el comité de sostenibilidad, establecer una estrategia cero basura, determinar días específicos para modalidad teletrabajo e implementar un sistema de eficiencia energética y ahorro de agua; las cuáles fueron seleccionadas mediante un análisis multicriterio y de costo-beneficio.

Palabras clave: Sostenibilidad, indicadores, GEI, COVID-19, desempeño, huella de carbono, plan de acción.

ABSTRACT

The situation of COVID-19 is an opportunity to establish turning points that allow reducing the carbon footprint and other environmental impacts. The objective of this project is to support the Universidad San Francisco de Quito (USFQ) on its way to a sustainable campus. Through the update of the carbon footprint year 2019, construction of a battery of environmental performance indicators and the elaboration of an action plan that allows monitoring and improving its environmental performance throughout the years. The quantification of the carbon footprint is made considering three scopes and for the period 2019, 4837.66 tons CO₂ eq are emitted for the Cumbayá campus, 173.11 tons CO₂ eq for the campus in Galapagos and 223.6 tons CO₂ eq on the Tiputini campus. Based on the results of the carbon footprint and the gathering of primary and secondary information, an opportunity to establish an information management system is identified, through the construction of eight standardized environmental performance indicators through transformation functions in the energy, water, climate action, transport and waste areas. It is observed that none of the university's performance indicators exceeded the environmental quality index of 0.80 over 1. In addition, the impact pre and during COVID-19 on energy, water and transport issues is analyzed, showing a reduction of 37%, 31% and 94% respectively. Thus, priority areas: energy, transport, waste and water, considering the pre, during and post COVID-19 scenarios, action plans are established with specific goals and schedules for each of the proposed activities such as creating a sustainability committee, establish a zero waste strategy, determine specific days for a telecommuting modality, and implement an efficient system for energy and water savings; these initiatives were selected through a multi-criteria analysis and a cost-benefit analysis.

Key words: Sustainability, indicators, GHG, COVID-19, performance, carbon footprint, action plan.

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción	11
2. Justificación y Objetivos	13
2.1 Justificación.....	13
2.2 Objetivos.....	13
3. Grupos de Interés	14
4. Revisión Literaria.....	16
5. Metodología	23
5.1 Levantamiento de información secundaria.....	23
5.2 Levantamiento de información primaria.....	23
5.2.1 Encuesta.....	23
5.2.2 Entrevistas.....	25
5.3 Huella de carbono	25
5.4 Impacto visitas USFQ.....	31
5.5 Escenarios pre y durante COVID-19.....	31
5.6 Normalización	32
5.7 Plan de Acción.....	33
6. Resultados y Discusión	36
6.1 Impactos ambientales más relevantes mencionados por profesores INA	36
6.2 Actualización Huella de Carbono USFQ para período 2019.....	37
6.3 Indicadores de desempeño ambiental	42
6.4 Impacto de visitas.....	46
6.5 Balance de masa de agua.....	48
6.6 Resultados preliminares 2020: Durante pandemia COVID-19.....	49
7. Plan de Acción.....	52
7.1.1 Primera etapa.	52
7.1.2 Segunda etapa.	52
I) <i>Recolección Agua Lluvia.</i>	53
II) <i>Paneles Solares.</i>	53
III) <i>Campus “Cero Basura”.</i>	54
IV) <i>Teletrabajo.</i>	54
Conclusiones y Recomendaciones	58
Referencias Bibliográficas.....	60
Anexo A: Información secundaria	66

Anexo B: Encuesta Pancho Bus.....	68
Anexo C: Entrevistas Profesores INA	71
Anexo D: “Un día en un campus sostenible USFQ”	72
Anexo E: Aproximación emisiones GEI asociadas al servicio del Pancho Bus	74
Anexo F: Estimación del caudal de aguas residuales	76
Anexo G: Impacto de visitas en campus Cumbayá USFQ	77
Anexo H: Entrevista a encargado de área de seguridad.....	80
Anexo I: Entrevista a encargado de planta física.....	82
Anexo J: Entrevista a encargada de sostenibilidad GM-OBB	84
Anexo K: Entrevista/conversatorio con Juan Sebastián Proaño.....	87
Anexo L: Datos de universidades y óptimos utilizados en benchmark de indicadores	88
Anexo M: Balance de masa de agua.....	90
Anexo N: Análisis costo-beneficio.....	96
Anexo O: Actividades detalladas del Plan de Acción	108
Anexo P: Plantillas para gestión de información.....	116

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de Indicadores STARS y THE	22
Tabla 2. Tamaño de población y muestra de la encuesta realizada.....	25
Tabla 3. Especificaciones para refrigerantes tipo R22 y R410	28
Tabla 4. MCA- Criterios y ponderaciones.....	34
Tabla 5. Clasificación de impactos ambientales más mencionados.....	36
Tabla 6. Emisiones de alcances 1,2 y 3 para el Campus Cumbayá (2017,2019)	37
Tabla 7. Emisiones de campus Galápagos (2017,2019)	40
Tabla 8. Emisiones de campus Tiputini (2017,2019)	41
Tabla 9. Batería de indicadores de desempeño ambiental USFQ.....	43
Tabla 10. Valores USFQ (2017-2019) en base de los indicadores ambientales definidos	44
Tabla 11. Análisis costo-beneficio para recolección agua lluvia.....	53
Tabla 12. Análisis costo-beneficio para implementación de paneles solares	53
Tabla 13. Análisis costo-beneficio para campus Cero Basura	54
Tabla 14. Análisis costo-beneficio para teletrabajo	55
Tabla 15. Resumen de medidas del plan de acción	57
Tabla 16. Recopilación de información secundaria	66
Tabla 17. Resumen de respuestas de los profesores INA.....	71
Tabla 18. Anexo G1: Cantidad de agua descargada según distintos tipos de baños.....	77
Tabla 19. Anexo G2: Pesos de residuos de alimentos dentro del campus Cumbayá	79
Tabla 20. Anexo L1: Datos de universidades y óptimos para benchmark	88
Tabla 21. Anexo M1. Volumen y peso de los componentes del balance de masa	91
Tabla 22. Anexo N1: Especificaciones realizadas en el análisis costo-beneficio para recolección agua lluvia	96
Tabla 23. Anexo N2: Asunciones realizadas para análisis costo-beneficio de recolección agua lluvia.....	98
Tabla 24. Anexo N3: Asunciones realizadas para análisis costo-beneficio para paneles solares	98
Tabla 25. Anexo N4: Energía utilizada por un computador	99
Tabla 26. Anexo N5: Consumo de energía total para área administrativa	99
Tabla 27. Anexo N6. Especificaciones para cálculo de paneles solares.....	100
Tabla 28. Anexo N7: Costos de inversión paneles solares.....	101
Tabla 29. Anexo N8: Accidentes de tránsito Quito 2019.....	102
Tabla 30. Anexo N9: Emisiones por transporte de Staff USFQ.....	105
Tabla 31. Anexo N10: Emisiones totales por teletrabajo	1055
Tabla 32. Anexo N11: Variación de emisiones totales por teletrabajo	106
Tabla 33. Anexo N12. Beneficios por ser campus cero basura.....	1066
Tabla 34. Anexo N13: Costos de inversión por ser campus cero basura.....	107
Tabla 35. Anexo N14: Costos de operación y mantenimiento de campus cero basura.....	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Matriz poder-interés	¡Error! Marcador no definido.
Figura 2. Función de transformación de oxígeno disuelto	33
Figura 3. Distribución de emisiones del alcance 1 del campus Cumbayá.....	38
Figura 4. Desempeño USFQ (2017,2019) en base a 7 indicadores previamente establecidos	46
Figura 5. Distribución de consumo de agua entre visitas y usuarios USFQ (2019)	47
Figura 6. Distribución de generación de residuos entre visitas y usuarios USFQ (2019).....	47
Figura 7. Balance de masa de agua en campus Cumbayá	48
Figura 8. Consumo de energía 2019 y 2020 en campus Cumbayá	49
Figura 9. Consumo de agua 2019 y 2020 en campus Cumbayá.....	50
Figura 10. Emisiones por transporte 2019 y 2020	51
Figura 11. Emisiones de GEI previas a la pandemia y durante-post pandemia si se aplica la modalidad de teletrabajo sugerida.....	55

1. INTRODUCCIÓN

Desde 1970, la humanidad ha agravado el déficit ecológico del planeta, hasta tal punto que se excede en un 60% la capacidad que tiene la tierra para regenerarse, es decir, se han utilizado 1.6 planetas hasta el día de hoy. En el 2019, la población agotó la biocapacidad de la naturaleza del año entero, el 29 de julio. Sin embargo, en el 2020 esta fecha se movió al 22 de agosto, es decir, se redujo en un 9.3% (Footprint Network, 2020). La pandemia ocasionada por una enfermedad infecciosa COVID-19 a finales del 2019, ha generado una crisis sanitaria, social y económica alrededor del mundo (Gobierno de la República del Ecuador, 2020). Sin embargo, la COVID-19 es la razón principal por la cual la huella de carbono a nivel mundial ha disminuido en un 14.5 % (Footprint Network, 2020). El indicador de huella de carbono muestra el impacto ambiental como resultado de las emisiones asociadas a la generación de GEI (gases efecto invernadero) para una entidad, actividad o ciclo de vida (AEC, 2019). Los GEI son los componentes, naturales o antropogénicos, gaseosos presentes en la atmósfera capaces de absorber y/o emitir radiación infrarroja desde la superficie terrestre, nubes y/o atmósfera. Los principales en la atmósfera terrestre son: dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O), metano (CH_4), vapor de agua (H_2O) y ozono troposférico (O_3). Además, existen otros como el hexafluoruro de azufre (SF_6), hidrofluorocarbonos (HFC) y perfluorocarbonos (PFC) (IPCC, 2018; Protocolo Kioto, 1998).

Sin embargo, a pesar de la reducción de GEI, otros impactos ambientales han incrementado durante la pandemia, por ejemplo, ha existido un aumento en la generación y el consumo de plásticos de un sólo uso, tanto a nivel doméstico como hospitalario (equipos de protección personal, guantes, mascarillas, envases de comida, entre otros) (Eljarrat, 2020). De igual manera para prevenir la propagación del virus, el consumo de agua ha incrementado, por las recomendaciones de la OMS sobre frecuentar el lavado de manos, ropa y superficies en contacto con objetos potencialmente infectados (buses, pasamanos, sillas, entre otros) (Montes, 2020).

Con sus respectivos cuidados, los gobiernos buscan cambios para sacar a sus países de la crisis, disminuyendo los estándares ambientales y permitiendo la operación de industrias no-sostenibles, que sólo llevan a un declive acelerado del planeta o un “modelo con forma de L”. Sin embargo, según encuestas en Reino Unido, sólo el 9% de los entrevistados quieren volver a la “normalidad” pre-crisis. El “modelo con forma de V” con fuertes articulaciones en innovación y economías verdes/sostenibles; es el escenario perfecto para la salud humana, económica y del planeta. Un escenario donde los emprendimientos sostenibles pueden florecer, con más oportunidades de trabajo en torno a un futuro de inclusión (Degnarain, 2020).

Es necesario generar acciones que direccionen a la universidad hacia un campus sostenible, especialmente, post-covid. Ser sostenible implica buscar calidad ambiental, justicia social y una economía viable/equitativa a corto y largo plazo (se apoyan en los 17 “Objetivos de Desarrollo Sostenible”), pero también es una acción operativa que debe implementarse día a día. Sin descuidar las necesidades de la sociedad globalizada pero sí anticipando respuestas a las nuevas demandas de la sociedad del futuro (Aznar, et al, 2014). En diferentes escalas, las universidades y las ciudades tienen problemas similares. Por lo tanto, planes piloto de desarrollo sostenible en instituciones podrán trasladarse a otras universidades o a ciudades (Aznar, et al, 2014; Rivas, 2011). Es un esfuerzo conjunto, y existen ya varias iniciativas, por ejemplo, en el 2011, las universidades que integran el proyecto “Greening Universities” publicaron un “kit de herramientas” con el fin de inspirar, alentar y apoyar a otras universidades en el desarrollo e implementación de estrategias propias en torno a la sostenibilidad. Esta herramienta contiene: estrategias para iniciar con los cambios, definición y el uso de indicadores de sostenibilidad, tecnologías y estrategias aplicables a los indicadores, políticas y opciones de recursos para iniciar con las modificaciones en las instituciones (UNEP, 2014).

Este proyecto busca apoyar a la Universidad San Francisco de Quito (USFQ) en su camino hacia un campus sostenible. A través de la actualización de la huella de carbono, la construcción de una batería de indicadores de desempeño ambiental y un plan de acción en torno a las áreas identificadas de mayor impacto.

2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

2.1 Justificación

Para aportar con los esfuerzos que se realizan en la USFQ hacia un campus sostenible, es importante contar con información que sea uniforme y de fácil acceso. Se identifica la oportunidad para armar un *benchmark* dentro del contexto de la USFQ, y así monitorear el desempeño ambiental de la institución a través de los años. Además, esto permite generar un plan de acción que contemple las condiciones pre, durante y post COVID-19. También se puede adaptar este ejercicio a otras instituciones similares a nivel latinoamericano.

2.2 Objetivos

- Objetivo General

Evaluar la sostenibilidad ambiental en la USFQ a través de indicadores ambientales que permitan la comparabilidad a lo largo de los años y establecer un plan de acción para futuras mejoras.

- Objetivos Específicos

1. Construir indicadores ambientales que permitan monitorear el desempeño de la sostenibilidad en la USFQ; considerando el contexto urbano.
2. Evaluar el desempeño de la USFQ en base a los indicadores ambientales generados para el año 2019.

3. Generar un plan de acción con metas, objetivos y responsabilidades a largo plazo, considerando las condiciones pre, durante y post COVID-19.

3. GRUPOS DE INTERÉS

Dentro del proyecto es importante determinar los grupos de interés, porque son aquellos que van a influenciar o van a ser influenciados por cualquier iniciativa del plan de acción. Para ello, se identificó a los diferentes actores internos y externos del proyecto. A partir de la matriz poder-interés (figura 1), se puede determinar el tipo de relación que representan cada uno de ellos, y dependiendo de donde situé, indica las actividades que se debe realizar. Los grupos de interés con lo que se debe trabajar muy de cerca son: la Oficina de Innovación y Sostenibilidad, altos rangos de la USFQ y el Departamento de Estrategia. Estos actores poseen un poder alto, porque son los encargados de aprobar cualquier plan de acción del proyecto, y a su vez tiene un interés alto en hacer de la universidad un campus sostenible.

En un escalón más bajo, se encuentra los profesores y estudiantes con un alto poder, pero menor grado de interés, porque estos son los principales involucrados en el plan de acción y depende de cada uno de ellos, adaptarse y cambiar ante cualquier iniciativa. Además, se consideró al gobierno local como un potencial aliado que se debe mantener cerca por posibles cooperaciones con el plan. Por último, se consideró que, a los grupos de interés con bajo poder e interés, hay que monitorear su posición y mantenerlos informados por posibles alianzas.

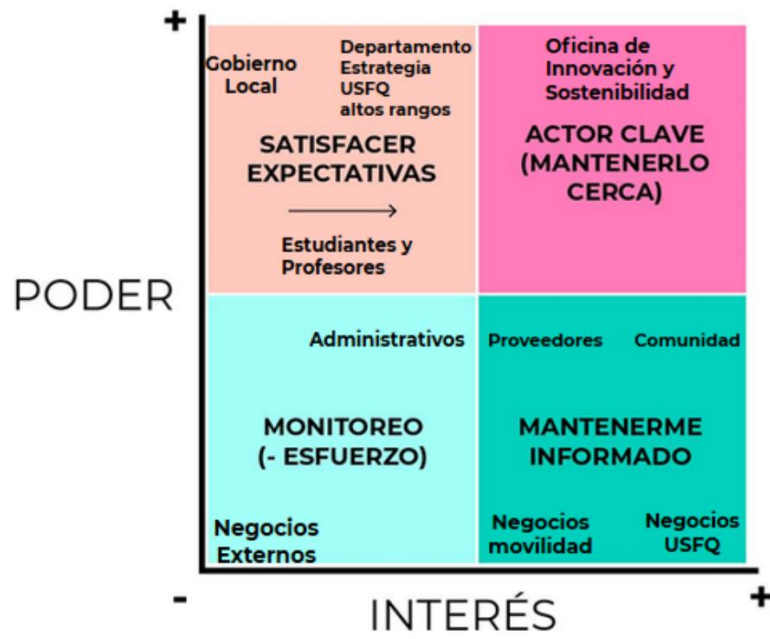


Figura 1. Matriz poder-interés

4. REVISIÓN LITERARIA

4.1 Sostenibilidad en la USFQ

La sede principal de la Universidad San Francisco de Quito (USFQ) se encuentra en Cumbayá, en la Av. Diego de Robles y Vía Interoceánica, en el Distrito Metropolitano de Quito. Además, cuenta con una sede en Galápagos (GAIAS y GSC), en la isla San Cristóbal y otra en el Tiputini (TBS) en la Amazonía ecuatoriana. La USFQ tiene una oficina de Sostenibilidad e Innovación (OIS), que articula las iniciativas de sostenibilidad en la universidad. En el 2012, la USFQ se unió al piloto del STARS y obtuvo su reconocimiento como “*Stars Reporter*”, pionera a nivel latinoamericano (Velasco, et al, 2014). En el 2014, se publicó una investigación con los resultados de emisiones de dióxido de carbono generadas el transporte de los miembros USFQ (Cazorla, et al, 2014), posteriormente se presentó la huella de carbono calculada para el año 2012 (Salazar, et al, 2015).

En el 2015, se actualizó esta huella, y se concluyó que la fuente principal de dióxido de carbono era el transporte terrestre. Este mismo año, se publicó el “Reporte de Sostenibilidad del 2012” (Salazar, et al, 2015). En el 2017 se actualizó la huella una vez más, creando una nueva línea base, donde se analizó los resultados de la reducción de un día de clases a la semana (horario de lunes-jueves). A partir de los resultados de esta huella de carbono se propuso un recorrido de un bus institucional con el fin de disminuir la huella aproximadamente en un 3.5% (Pérez, et al, 2017). En el 2018, el segundo año de reportar en el STARS, 2018, se obtuvo el rango “Silver”, con una calificación de 88.58 (Velasco, et al, 2018). El AASHE reconoció a la USFQ en el 2019, por la implementación de la clase PISA (Proyectos de Innovación Social Ambiental) y actualmente se continúa trabajando a la par con los ODS en el proyecto “USFQ Smart Campus”.

4.2 Indicadores de sostenibilidad ambiental

Según Tumbas, et al (2015), una universidad que contribuye con el desarrollo sostenible (SD), es aquella capaz de transmitir un mensaje de integración y progresos en términos de sostenibilidad, con el objetivo de promover justicia social, progreso económico y un desarrollo benigno ambiental; a través de conceptos, principios y métodos de educación para el desarrollo sostenible (ESD).

Con el fin de evaluar el trabajo en sostenibilidad es necesario tener indicadores de desempeño. Los primeros intentos de crear indicadores para una educación superior sostenible (SHE) fueron por la Universidad de California Los Ángeles en 1988 pero sólo se consideraban aspectos ambientales. En el 2000, la Universidad de Penn State sugirió un método, con más de 10 aspectos que involucra a la comunidad, la investigación para la toma de decisiones, pero carecía de un análisis ambiental completo (Tumbas, et al, 2015). En el 2010, se propuso el STARS (Sustainability Tracking and Assessment Rating System) en base a la guía AASHE (Association for the Advancement of Sustainability in Higher Education), enfocada en generar operaciones e índices más eficientes para Estados Unidos y Canadá (Velasco, et al, 2014). Con 3 categorías y 67 indicadores, STARS es una de las más populares actualmente (Tumbas, et al, 2015).

Los objetivos para el desarrollo sostenible varían entre instituciones y rankings; sin embargo, la mayoría hace referencia a ciertas estrategias en general:

- Promover el diseño sostenible en infraestructura y manejo de residuos.
- Proponer sistemas de manejo en todo sentido (dentro/fuera de las aulas, área administrativa, locales, etc).

- Implementar sistemas de gestión ambiental (SGA/EMS) como prácticas, procedimientos, procesos y recursos necesarios para el cumplimiento de normativas y reducción del impacto ambiental.
- Incluir participación pública y responsabilidad social dentro de la comunidad, con organizaciones no-gubernamentales, gobierno, entidades ambientales, entre otros.
- Modificar la estrategia de enseñanza e investigación con fundamentos de sostenibilidad.

(Rivas, 2011)

Un indicador de sostenibilidad ambiental se define como una herramienta necesaria en la toma de decisiones porque permite: informar/estructurar, interpretar e influir en un desafío/decisión. Su estructura completa puede comunicar información, influir en el pensamiento social, comparar e identificar falta de conocimientos y/o datos (Tumbas, et al, 2015). La selección de indicadores no es un proceso técnico, pero sí debe incluir un juicio de valor en base a normativas. Además de la calidad del indicador, los datos y el proceso de evaluación para la construcción de políticas que luego se convierten en estrategias es de suma importancia. También se puede medir el éxito de un indicador, en la aplicabilidad de sus objetivos y políticas en planes de corto y largo plazo (Garnasjordet, et al, 2012).

A continuación, se describen ciertos indicadores actualmente populares:

Time Higher Education (THE): Es un ranking mundial que evalúa el rendimiento sostenible de las universidades y está directamente ligado a los objetivos del desarrollo sostenible (ODS). Emplea 17 áreas de indicadores de rendimiento (ODS) que permite hacer comparaciones más completas y equilibradas, y todos los datos son validados por *Pricewaterhouse Coopers* (PwC), lo que

convierte a “THE World University Rankings”, en el único ranking universitario global que se somete a un escrutinio completo e independiente de esta naturaleza” (THE, s/f).

The Sustainability Tracking, Assessment & Rating System (STARS); Está dividida en 3 categorías con puntajes de 100 respectivamente. Los créditos/calificación se basan en el impacto del indicador, donde hay varios niveles. El nivel I es el de mayor valor (1), mientras el nivel II tiene un puntaje de 0.25. Las áreas que se consideran son las siguientes:

- Educación e investigación: educación co-curricular (18 puntos), plan de estudios (55 puntos), investigación (27 puntos).
- Operaciones y planificación: infraestructura/Edificios (13 puntos), clima (16.5), servicios de comida (8.5), energía (16.5), suelos (3.25), compras (7.5), transporte (12), desechos (12.5) y agua (10.25).
- Administración y compromiso: coordinación y planificación (18), diversidad, acceso y asequibilidad (13.75), recursos humanos (19.75), inversión y compromiso público (16.75).

(Velasco, et al, 2018).

UI Green Metrics World Universities Rankings: Empezó en el 2010, acepta a todas las universidades del mundo. Carece el estándar social.

- Configuración e infraestructura (15%): demostrar si el campus puede ser denominado “Green Campus”. Se evalúa según la relación del área de espacio abierto con respecto al área total, área en el campus cubierto de bosque, área en el campus cubierta de vegetación plantada, área en el campus para absorber agua, área total de espacio abierto dividida por la población total del campus.
- Energía y cambio climático (21%): reemplazo de electrodomésticos convencionales por similares clasificados con eficiencia energética, implementación de edificios inteligentes,

cantidad de energía que proviene de fuentes de energía renovables en el campus, el consumo total de electricidad dividido por la población total del campus.

- Desechos (18%): programa de reciclaje de residuos universitarios, programa de reducción de papel y plástico en el campus, el tratamiento de residuos orgánicos e inorgánicos, manejo de residuos tóxicos y disposición final.
- Agua (10%): implementación de programas de conservación y reciclaje del agua. El uso de electrodomésticos que ahorran agua (grifo de agua, descarga de inodoros, etc.) y el consumo de agua tratada.
- Transporte (18%): la relación total de vehículos y la población total, el servicio de transporte, política de vehículos de cero emisiones (ZEV) en el campus, la proporción de vehículos de cero emisiones (ZEV) en relación a la población total del campus.

(Greenmetric UI, 2019)

Basso et al. 2017, considera diferentes indicadores que se debería tomar en cuenta en cada uno de los rankings universitarios para evaluar su sostenibilidad, puesto que muchos dejan de lado el contexto actual de cada universidad. Con esto indicadores se pretende que los rankings sean más imparciales al momento de evaluarlos. Algunas son análogas a los indicadores de Greenmetric World University Rankings.

- Energía y cambio climático: certificaciones energéticas (si la universidad ha obtenido una o más certificaciones), emisiones de GEI (emisiones totales de CO₂ por estudiante), gestión sostenible de los edificios (porcentaje de edificios (en m³) gestionados de forma sostenible con respecto a la extensión general de los edificios universitarios), energía consumida per cápita (energía consumida en kWh por estudiante), porcentaje de energía consumida que se produce internamente de manera sostenible.

- Gestión de residuos: reciclaje de residuos internos, se refiere al porcentaje de residuos reciclados internamente sobre el total de residuos producidos, mientras que el reciclaje de desechos externos, al porcentaje de desechos reciclados externamente a través de una recolección separada adecuada del total de desechos producidos
- Para el consumo del agua, el autor considera importante añadir el consumo de agua por estudiante y, además, comparar el consumo de agua con el valor promedio de cada país, mediante el consumo de agua per cápita de la universidad para el país.
- Transporte: se debe medir la disponibilidad y el uso de medios de transporte más sostenibles. Además, el transporte ecológico para empleados (porcentaje de empleados que utilizan un medio de transporte ecológico, como el transporte público, bicicleta o caminar para llegar a la universidad, de igual forma, considerar el porcentaje de estudiantes que usan un transporte sostenible.

4.3 Resumen de Indicadores

A partir de la revisión literaria de indicadores ambientales, se realiza una síntesis de las áreas ambientales más significativas de los indicadores de STARS y THE. Se considera estos, porque en la actualidad la USFQ ya reporta en STARS y con estos indicadores, se busca que la USFQ incremente su posicionamiento actual (Silver) en el próximo reporte. También se considera al THE, por el interés que tiene la institución en alinearse con los ODS y por participar en este ranking en un futuro.

Tabla 1. Comparación de Indicadores STARS y THE

Indicadores Ambientales	STARS	THE
Suelos	<ul style="list-style-type: none"> -Áreas protegidas/especies vulnerables -Identificación de áreas con sensibilidad ambiental -Consumo de alimentos provenientes de áreas de cultivo sostenible en el campus 	<ul style="list-style-type: none"> -Construir en sitios Brownfield¹. -Apoyar u organizar eventos destinados a promover la conservación y el uso sostenible de la tierra. -Política para garantizar que los alimentos en el campus se cultiven de manera sostenible.
Energía	<ul style="list-style-type: none"> -Energía limpia y renovable consumida -Distintas fuentes de energía consumida -Consumo total de energía del edificio por unidad de superficie ajustada (EUI) por el grado de temperatura del día al año 	<ul style="list-style-type: none"> -Energía utilizada por espacio (m²) de edificios universitarios. -Políticas para garantizar que todas las renovaciones o nuevas construcciones sigan los estándares de eficiencia energética.
Acción climática y emisiones al aire	<ul style="list-style-type: none"> -Emisiones de gases de efecto invernadero (huella de carbono) -Contaminantes del aire 	<ul style="list-style-type: none"> -Proceso para la gestión del carbono y la reducción de las emisiones de dióxido de carbono -Programas o campañas locales de educación sobre cambio climático
Residuos	<ul style="list-style-type: none"> -Políticas para minimización de residuos -Donaciones/ventas de residuos reciclados -Porcentaje de residuos no depositados en relleno sanitario y/o incineradores 	<ul style="list-style-type: none"> -Proporción de residuos: Reciclaje y no depositada en rellenos sanitarios -Política sobre la eliminación adecuada de residuos peligrosos.
Agua	<ul style="list-style-type: none"> -Gestión del agua lluvia -Agua potable consumida por unidad de superficie ajustada (EUI) -Agua utilizada (galón) por terreno con vegetación (acre) 	<ul style="list-style-type: none"> -Volumen de agua utilizada por persona en el campus por año. -Agua potable gratuita para estudiantes, personal y visitantes. -Proceso para tratar aguas residuales. -Estándares en edificios para disminuir el uso de agua.
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> -Flota del campus -Incentivos eficiencia -Porcentaje de clases por teletrabajo 	<ul style="list-style-type: none"> -Promover desplazamientos sostenibles. -Fomentar las semanas de teletrabajo, trabajo remoto o trabajo condensado.

Fuente: Stars Technical Manual 2.2 & THE Methodology

¹ Sitio Brownfield: Aprovechar la infraestructura existente para un nuevo proyecto.

5. METODOLOGÍA

5.1 Levantamiento de información secundaria

Se recopiló información de los tres campus de la USFQ (Cumbayá, Tiputini y Galápagos) del 2019 (situación pre COVID-19) y de los cinco primeros meses del 2020 (situación pre y durante COVID-19 respectivamente) (Anexo A). Para la sede en Cumbayá se obtuvo información del consumo de servicios básicos, gas licuado de petróleo, refrigerantes, diésel y gasolina para movilización de vehículos/generadores, agua consumida en bebederos y agua para riego de jardines. También se recolectó datos sobre la generación de desechos (peligrosos y no peligrosos), residuos reciclables y orgánicos, y del efluente de aguas residuales debajo del puente hacia el Hayek. De igual manera, se recibió información de cantidad de estudiantes, profesores y administrativos; visitas al campus, usuarios “Pancho Bus” (bus de la universidad) y viajes aéreos de los miembros de USFQ.

Sin embargo, la información de los otros dos campus no fue tan extensa como la Cumbayá. De la sede de Galápagos, se recopiló datos de los servicios básicos, refrigerantes, generadores de electricidad, transporte, generación de desechos peligrosos, y de la cantidad de estudiantes. Del campus Tiputini, se recolectó información del combustible utilizado para el funcionamiento de generadores, para la movilización de canoas y vehículos, cantidad de aceite utilizado en los mismos, y la cantidad de visitas al campus.

5.2 Levantamiento de información primaria

5.2.1 Encuesta.

Se entiende a la población como el grupo de sujetos del cual, el investigador, desea obtener información (Stockemer, 2019, p. 57-95). En este trabajo, la población de interés, a la que se le realizó una encuesta son: los usuarios del Pancho Bus durante el período 2019. Se utilizó la

metodología “Quota sampling”, un método de bajo presupuesto económico para los investigadores donde los sujetos que forman parte de un criterio preestablecido pueden completar las preguntas en línea (Stockemer, 2019, p. 57-95).

La encuesta contenía 16 preguntas (Anexo B). El objetivo de la encuesta del “Pancho Bus” fue identificar fortalezas/desventajas del servicio, conocer el interés de los usuarios sobre un posible servicio durante/post COVID-19 e identificar los medios de transporte que utilizaban estos usuarios antes de la implementación del servicio. Este último fue necesario para estimar las emisiones de GEI asociadas al transporte dentro del cálculo de la huella de carbono.

Para determinar el tamaño de la muestra, se debe tomar en cuenta dos aspectos: si se conoce el tamaño de la población o si es una población infinita (Reyes et al. 2013). En este caso, se conoce el tamaño de la población en ambos casos. Se emplea la siguiente ecuación:

$$n = \frac{(Z^2) \cdot x(p)(q) \cdot N}{(EE^2) \cdot x(N-1) + (Z^2) \cdot (p)(q)} \quad [ec. 1]$$

Donde:

N= Tamaño de la muestra

Z= Coeficiente de nivel de confianza

p= Probabilidad de éxito

q= Probabilidad de fracaso

EE= Margen de error aceptable (criterio establecido por los investigadores)

Considerando la relación: $p + q = 1$

Se estableció un intervalo de confianza del 95% y un margen de error del 5%.

Tabla 2. Tamaño de población y muestra de la encuesta realizada

Encuesta	Población	Muestra
Pancho Bus	436	205

5.2.2 Entrevistas.

Se realizaron 5 entrevistas semiestructuradas (Anexo C) a expertos en diferentes ramas del estudio del ambiente, con el fin de conocer su perspectiva sobre los mayores impactos ambientales de la USFQ e ideas de mitigación. Los expertos entrevistados fueron: Valeria Ochoa, Pablo Dávila, Pablo Rueda, René Parra y Cristina Matheus.

Además, con el fin de conocer las ideas que tienen los estudiantes de la USFQ sobre un campus sostenible, desde una perspectiva personal y otra como miembros de la diversidad de carreras que se ofrecen, se les solicitó que envíen un vídeo comentando su escenario ideal en “Un día en la USFQ campus sostenible”. Las ideas principales recopiladas de los videos se encuentran en “Anexo D”.

También se realizó una reunión con dos representantes de la OIS para alinear los esfuerzos realizados por la oficina y este proyecto. Se aprovechó la oportunidad para identificar áreas de interés de la oficina sobre posibles planes de acción.

5.3 Huella de carbono

La huella de carbono es una herramienta que se utiliza para cuantificar las emisiones de GEI en unidades de CO₂-eq. Se estimó la huella de los tres campus de la Universidad San Francisco para el período 2019, para esto se utilizó la información recopilada de las diferentes áreas de la universidad (Anexo A). Para la estimación se implementó la misma metodología y herramienta de

cálculo utilizada por Pérez (2018) en la actualización de los tres alcances de la huella de carbono de la USFQ del 2017. Se revisó que los factores de emisión y potenciales de calentamiento global para cada alcance sea actualizado; se realizó un ajuste al factor de emisión por energía producida para el año 2019 del territorio continental a partir del informe preliminar, mientras que, para Galápagos, se actualizó el factor de emisión para el 2018 por falta de información para el año 2019.

Dentro del alcance 1 se identifica las emisiones GEI de forma directa que produce la universidad: fuentes fijas, móviles y emisiones fugitivas:

Fuentes fijas: dentro de las fijas está el consumo de generadores de electricidad y consumo de gas licuado de petróleo (GLP) para laboratorios y cocina. Para determinar las emisiones por este tipo de fuente se utiliza la metodología propuesta por Parra en el Reporte de Sostenibilidad en la USFQ (2014) (ec. 2). Primero, se determina la cantidad de diésel usado en generadores eléctricos, el consumo de GLP para laboratorios y cocinas durante el año 2019. A partir de estos datos y empleando los factores de emisión de CO₂, CH₄ y N₂O, se multiplica por el potencial de calentamiento global de cada gas reportados del quinto informe de la IPCC en 2014. De esta manera, se obtiene las emisiones totales de CO₂-eq como se describe en la ecuación 2.

$$E = \sum[(C_i \times P_c \times p \times f_i) \times (PCG)_i] \quad [ec. 2]$$

Donde:

C = Consumo de diésel y GLP

P_c = Poder calorífico de diésel y GLP

p = densidad del diésel y GLP

f = factor de emisión de cada gas

PCG = Potencial de calentamiento global de cada gas

i = tipo de gas

Fuentes móviles: Se utiliza la misma metodología propuesta por Parra (2014). Primero, se determina el consumo total de gasolina y diésel para el año 2019 para cada tipo de vehículo que emplea la universidad. Posterior, se realiza el mismo procedimiento empleado en fuentes fijas mediante la ecuación 2.

Fuentes fugitivas: Para determinar las emisiones totales de CO_{2-eq} se utiliza la ecuación 3 propuesta por el IPCC (2006) para la operación de equipos de refrigeración y aires acondicionados. Para ello, se identifica el tipo de refrigerante que se utiliza (R22 y R410a), su carga total en kilogramos y se determina el porcentaje de fuga según el tipo de aplicación que se realice (aplicaciones independientes y enfriadores) como se muestra en la tabla 3. y haciendo uso del potencial de calentamiento global para cada tipo de refrigerante se estima las emisiones totales.

$$Emisiones\ totales\ CO_{2-eq} = \sum(N \times C \times FA \times PCG) \quad [ec.3]$$

Donde:

N = Número de equipos por cada tipo de refrigerante

C = Carga de original (kg) por cada tipo de refrigerante

FG = Porcentaje de fuga anual de cada tipo de refrigerante

PCG = Potencial de calentamiento global en 100 para cada tipo de refrigerante.

Tabla 3. Especificaciones para refrigerantes tipo R22 y R410

Refrigerantes		R22	R410
Tipo de equipo	Tipo de aplicación	Porcentaje de fuga (%)	Porcentaje de fuga (%)
Paquete	Comercial (incluido bombas de calor)	2	2
Manejador	Enfriadores	2	2
Chiller	Enfriadores	2.5	2.5
Mini split	Aplicaciones independientes	7	7
Multi split	Aplicaciones independientes	-	5
Split de pared	Aplicaciones independientes	7	6
Piso techo	Aplicaciones independientes	10	10
<i>Cassette</i>	Aplicaciones independientes	10	10
<i>Fan coil</i>	Aplicaciones independientes	5	5

Fuente: IPCC (2006b). *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*

En el alcance 2 se considera las emisiones por consumo energético del campus Cumbayá y Galápagos. No se considera al campus Tiputini porque su electricidad proviene de generadores. Para esto, se actualiza el factor de emisión para el año 2019, siguiendo la metodología empleada por Parra (2013); primero, se determina las emisiones de CO_{2-eq} debido a la generación de electricidad, a partir de los datos de consumo de combustible para energía no renovable del informe preliminar de ARCONEL, 2019. Estos valores no incluyen caña de azúcar, porque su combustión no produce emisiones netas de CO₂. El factor de emisión se establece al dividir las emisiones netas de CO₂ de energía no renovable para la producción bruta de electricidad para el 2019. Para el factor de Galápagos, se actualiza el del año 2018 porque no hay un registro oficial ni preliminar del

consumo de combustibles para el 2019. Con esto en consideración, se realiza el mismo procedimiento mencionado anteriormente, pero se toma en cuenta sólo el consumo de diésel, porque es la única fuente no renovable que se utiliza para la generación de energía.

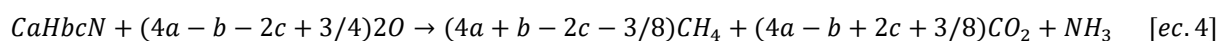
El alcance 3 se refiere a las emisiones de GEI que se generan indirectamente, pero se producen por actividades de la universidad, como el transporte aéreo y terrestre. También considera las emisiones por gestión de residuos sólidos y gestión del agua residual (se calcula en base a los caudales del efluente del campus Cumbayá), también se incluye por primera vez las emisiones de GEI por la generación de desechos peligrosos. Además, dentro de las emisiones por transporte terrestre se incluye la circulación del “Pancho Bus” que entró en operación desde septiembre 2 hasta diciembre 19 del 2019 (Anexo E).

Transporte Aéreo: Para determinar las emisiones totales de CO₂-eq se determinó el factor de emisión por pasajero para las diferentes rutas de viaje tanto nacional como internacional mediante la calculadora ICAO. Luego, se identificó el número de personas que viajan por cada ruta. Con estos datos, se estima las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O que se genera por combustible, al multiplicar el factor de emisión para el número de personas que viajaron en cada una de las rutas. Por último, se suma las emisiones de cada ruta para obtener las emisiones totales de CO₂-eq.

Transporte terrestre: En base a los resultados de la encuesta de movilidad realizada por Pérez en 2017; se estimó el número de estudiantes, profesores y administrativos que utilizan los diferentes medios de transporte para el período 2019. Para cuantificar las emisiones por esta fuente, se utiliza la misma metodología utilizada por Pérez en 2018, basado en lo propuesto por Naciph y otros (2013). Por último, se cuantifica las emisiones generadas por el servicio de Pancho Bus, a partir

de la distancia recorrida por cada ruta a la semana y el rendimiento del motor del bus como se especifica en el “Anexo E” y las emisiones ahorradas por su implementación.

Disposición final residuos: Se utiliza la metodología implementada por Peñafiel en el Reporte de Sostenibilidad en la USFQ (2014). Para esto, se estima la generación total de residuos en el período de estudio, a partir de la caracterización de residuos realizada por Pérez (2018). Además, se recopiló información de la cantidad y tipo de residuos reciclados. A continuación, y haciendo uso de los valores de humedad, biodegradabilidad, sólidos volátiles y sólidos biodegradables reportados por Peñafiel (2014), se estimó las emisiones de CO₂ y CH₄ de forma teórica mediante la ecuación 4.



Disposición final desechos peligrosos: Para estimar las emisiones de CO₂ se utiliza el método planteado por el IPCC (2006), procedente de la incineración de desechos empleando la ecuación 5. Los datos de actividad indican la cantidad de desechos que se depositan en el incinerador, y el factor de emisión se basa en el contenido de carbono de los desechos de origen fósil. La cantidad de residuos peligrosos fue proporcionada por Aracely Zambrano (2020).

$$Emisiones\ de\ CO_2\ (Gg/año) = \sum DI \times CCD \times FCF \times EF \times \frac{44}{12} \quad [ec. 5]$$

Donde²:

DI = Cantidad de residuos peligrosos incinerados

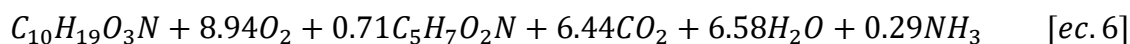
CCD = Fracción del contenido de carbono de residuos peligrosos

FCF = Fracción de carbono fósil en los residuos peligrosos

EF = Eficiencia de la combustión en incineradores para los desechos peligrosos

² Los valores CCD, FCF y EF se obtienen de datos por defectos (Inventario Nacional GEI, IPCC, 2006)

Aguas residuales: Para determinar las emisiones de CO_{2-eq}, primero se estima la cantidad de agua residual producida en la USFQ (Anexo F) a partir de los caudales medidos por el equipo de trabajo de A. Cárdenas (2020) del 29 de enero del 2019. Haciendo uso de los datos de demanda química de oxígeno (DQO) obtenida del mismo trabajo de Cárdenas (2020) y considerando una biodegradabilidad del 90% de la materia orgánica presente en las aguas residuales (USFQ, 2014), se estima las emisiones de CO_{2-eq} que se genera durante el proceso de degradación mediante la siguiente ecuación:



Los 3 alcances que conforman la huella de carbono de la USFQ son generados por la población interna de la USFQ: los alumnos, el personal de limpieza/seguridad, profesores, administrativos, entre otros. Sin embargo, la USFQ recibe 162081 visitantes anuales; se analiza la contribución de estos en la USFQ.

5.4 Impacto visitas USFQ

El impacto anual de visitantes que recibió la universidad en el 2019 (Anexo G) en temas de consumo de agua (uso de baños) y generación de residuos (asociados al consumo de alimentos dentro de la institución), se analiza en base a las entrevistas realizadas (Anexo H e I). Donde se evaluó diferenciando, los visitantes que asisten a eventos/conferencias con un mayor tiempo de permanecía en el campus de aquellos visitantes con una estadía más corta asociada a trámites en áreas administrativas.

5.5 Escenarios pre y durante COVID-19

Con el fin de analizar las diferencias entre un escenario usual (antes COVID-19): los resultados de la huella de carbono 2019; en comparación con la nueva normalidad (durante COVID-19): información secundaria de los primeros cuatro meses. Se emplea la misma metodología

mencionada la sección 5 para el cálculo de la huella de carbono por transporte, además se analizan los datos del consumo de energía y agua en ambos escenarios.

5.6 Normalización

En los objetivos del proyecto, se propone generar una batería de indicadores para evaluar el desempeño de sostenibilidad en la USFQ a través de los años. El desempeño ambiental de la USFQ se analiza en base a un *benchmark* entre universidades dentro del mismo contexto (se considera las recomendaciones realizadas por las representantes de la OIS durante la reunión) y a la vez, se pueda comparar las mismas con buenas prácticas ambientales. Para poder generar una base de datos comparable, se aplica una metodología de normalización.

La normalización es el proceso correspondiente a la transformación de unidades originales de mediciones a otras más comunes o a un factor sin unidades. También se lo conoce como “*scaling*” o “estandarización”. Su objetivo principal es originar un espacio comparativo, cuando ciertas unidades de indicadores varían entre sí. Es el paso previo principal a esta etapa denominada “*aggregation*” donde se evalúan los indicadores cuantitativa y cualitativamente (Pollesch & Dale, 2016).

Esta normalización se realizará a través de la creación de “funciones de transformación”. Estas funciones de transformación son gráficos con patrones que varían según lo que se analiza. Por ejemplo, en la figura 2, en el eje y se muestra “Calidad ambiental-CA” con valores de (0-1), siendo 1 el valor máximo. En el eje x , se encuentra la categoría “Concentración de oxígeno disuelto en mg/ L de agua” en valores de (0-10 mg/L). En la tabla 2 del TULSMA (MAE, 2015), se establece que, para la preservación de vida acuática y silvestre en agua dulce, el oxígeno disuelto debe ser mayor a 8 mg oxígeno/litro agua. Esto es evidente en la figura 2, porque este valor de 8 se relaciona con CA entre 0.95-1. Sin embargo, si se sigue la función, conforme disminuye la concentración,

disminuye la calidad ambiental; hasta el punto (0,0) donde la concentración es tan baja, que la calidad del ecosistema es nula.

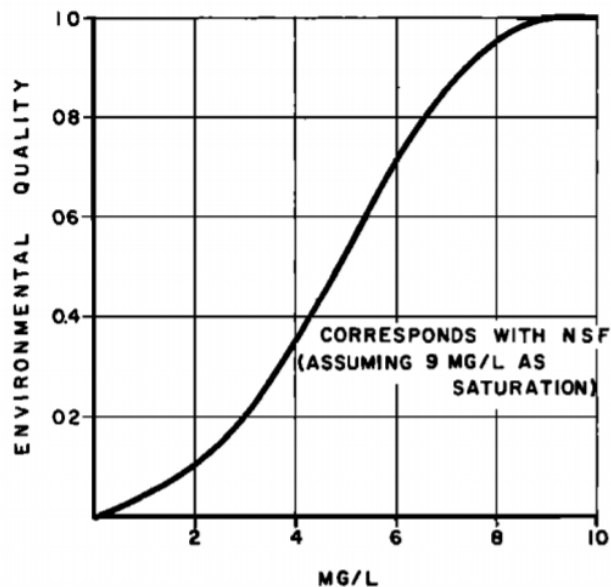


Figura 2. Función de transformación de oxígeno disuelto

Fuente: Dee et al, 1973.

Las funciones de transformación que se construyen en este estudio tienen parámetros de calidad ambiental (0,1) siendo 1 el mejor escenario. Los límites propuestos, están contruidos por datos encontrados en la literatura y “mejores prácticas”. Teniendo en consideración las limitaciones que se tienen como país y como región. La finalidad de crear estas nuevas rúbricas es poder generar una puntuación general para el desempeño de la universidad dentro de su propio contexto.

5.7 Plan de acción

En el plan de acción se proponen soluciones con sus respectivas metas y cronogramas para disminuir los impactos ambientales identificados en la USFQ. Se inicia con un análisis de prefactibilidad en dos etapas. La primera etapa consiste en la recopilación de varias actividades propuestas que surgen del levantamiento de información primaria (Anexos C y D) y la revisión literaria. Estas son estudiadas a través de un MCA (análisis multicriterio) con el fin de establecer

varios criterios de análisis en base a los objetivos del proyecto para poder descartar ciertas propuestas. Los criterios fueron seleccionados enfocados en la nueva normalidad de la USFQ, donde se otorga mayor prioridad a aspectos de salud, costos y beneficios ambientales. Esta prioridad es ponderada del 0-5, donde 0 es el aspecto menos importante y 5 el de mayor relevancia. Estos criterios se indican en la siguiente tabla:

Tabla 4. MCA- Criterios y ponderaciones

Criterios	Ponderación
Área utilizada	3
Costo implementación	4
Costo mantenimiento	4
Atractivo	3
Aceptación por el público	2
Oportunidad para integrar distintos actores	1
Beneficio económico	5
Beneficio ambiental	5
Circularidad	4
Seguridad, salud y bienestar de la población	5
Tiempo análisis técnico	4

Luego, en la segunda etapa se realiza un análisis costo/beneficio (ec. 7) a las ideas que pasan este filtro de criterios. Considerando beneficios, costos de operación y mantenimiento en relación con la inversión inicial; si esta relación es mayor a uno se considera económicamente viable.

$$B/C \text{ modificada} = \frac{\text{beneficios} - \text{contrabeneficios} - \text{costos de O y M}}{\text{Inversión inicial}} \quad \text{ec.7}$$

Con el fin de evaluar si las medidas propuestas se cumplirían, se considera dentro del proceso de decisión a aquellos grupos de interés a cargo de ciertas operaciones dentro de la USFQ. Por esta razón se realizan entrevistas a encargados de las siguientes áreas: Mantenimiento/Seguridad y planta física (Anexos H e I); para poder conocer los impactos desde una perspectiva más cercana a las actividades diarias en el campus. También se realiza una entrevista a Fernanda Chávez (Anexo J), encargada del área ambiental en General Motors OBB (primera empresa en Ecuador categoría "Cero Basura"), con el objetivo de conocer sobre su proceso de disminución y eliminación de residuos. Otro experto con el que se conversó en esta fase es Juan Sebastián Proaño (Anexo K), experto en energías renovables, para poder conocer un poco sobre los proyectos en la USFQ en torno a la eficiencia energética.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Impactos ambientales más relevantes mencionados por profesores INA

Se ha identificado los impactos ambientales más relevantes en el campus Cumbayá, a partir de la encuesta realizada a los profesores INA (Anexo C). Estos impactos se han clasificado en la tabla 5 en base a una ponderación, considerando una relevancia “alta” si los cinco expertos expresaron que dicho impacto necesita ser intervenido con mayor urgencia. Se determinó una relevancia “media” si cuatro profesores mencionaron el impacto, y se ponderó como “baja” si al menos dos profesores lo nombraron. Por último, se consideró “no aplica” si el impacto sólo fue mencionado por un profesor, sin hacer un mayor análisis al respecto. Para el presente estudio, se analizó los impactos más relevantes que son: energía, transporte, residuos y agua.

Tabla 5. Clasificación de impactos ambientales más mencionados

Impacto	Relevancia
Energía	Alta
Transporte	Alta
Residuos	Media
Agua	Baja
Transporte aéreo	No aplica
Contaminación del aire	No aplica

Esta actividad es importante porque se complementa con los resultados de la actualización de huella de carbono y los indicadores ambientales, para indagar sobre áreas potenciales de mejora para el desempeño ambiental en la USFQ.

6.2 Actualización Huella de Carbono USFQ para período 2019

En base a las metodologías que se mencionaron y a la información secundaria (Anexo A) recopilada de áreas estratégicas de la USFQ para los tres campus, se actualiza la huella de carbono para el 2019 como se muestra en la tabla 6. Además, en la misma, se incluye los resultados de Pérez, en los mismos rubros, para la huella de carbono del 2017.

Tabla 6. Emisiones de alcances 1,2 y 3 para el Campus Cumbayá (2017,2019)

	2017		2019	
Alcances	Emisiones (t CO ₂ eq)	Porcentaje (%)	Emisiones (t CO ₂ eq)	Porcentaje (%)
Alcance 1				
Emisiones por fuentes fijas	65.53	1.52	196.87	4.08
Emisiones por fuentes móviles	80.96	1.88	57.44	1.19
Emisiones fugitivas	62.73	1.45	203.11	4.20
Alcance 2				
Emisiones por consumo energético	614.56	14.25	573.48	11.87
Alcance 3				
Transporte terrestre	2665.29	61.82	2833.68	58.66
Transporte aéreo	668.04	15.49	633.27	13.11
Generación de aguas residuales	26.75	2.96	20.91	0.43
Disposición de residuos	127.77	0.62	310.41	6.43
Incineración de residuos peligrosos			1.64	0.03
Total	4311.63	100	4837.66	100

Las emisiones por alcance 1 reportadas en la tabla 6 del campus Cumbayá han incrementado en su mayoría comparado con el período 2017. Se analiza este alcance en base a la distribución por cada una de sus fuentes.

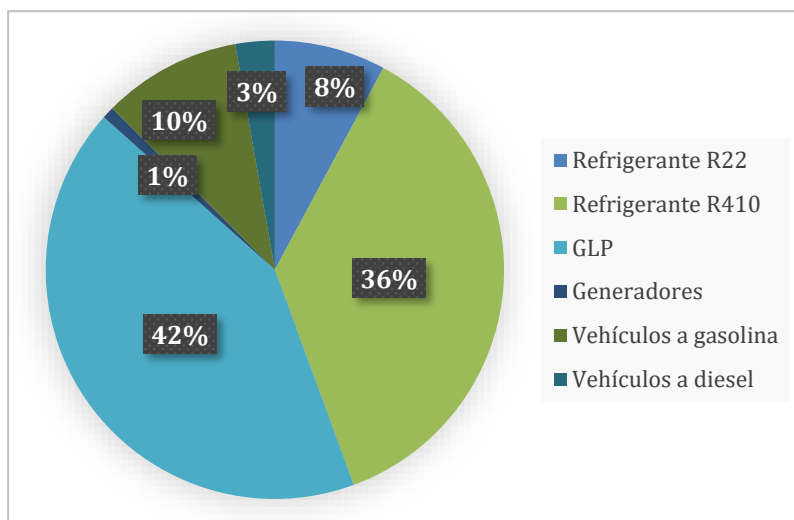


Figura 3. Distribución de emisiones del alcance 1 del campus Cumbayá

En la figura 3, es evidente que el consumo de GLP y uso de refrigerantes representan el mayor impacto del alcance 1. Dentro del consumo total de GLP en la USFQ, aquel utilizado para cocinar y calentar agua que emplea el área de gastronomía, es de aproximadamente 63600 kg al año (Anexo A); valor elevado en comparación al 2017 donde se reportó un consumo de 2019 kg. En cuanto a refrigerantes, al no tener un correcto registro de cuanto se recargó en el año, se ajustó las emisiones de refrigerantes, considerando el porcentaje de fuga y tipo de aplicación para cada uno y así obtener menor incertidumbre. A pesar de este ajuste las emisiones en comparación con 2017 aún son mayores.

Por otra parte, las emisiones por consumo energético que representa el alcance 2 (tabla 6), disminuyeron en comparación al año 2017, esto se debe a que el factor de emisión del año 2019

(159.41 gCO_2/kWh) es menor comparado con el factor de emisión del 2017 (188.82 gCO_2/kWh), debido a un menor consumo de combustibles fósiles para el año de estudio. A pesar de que las emisiones son menores debido al nuevo factor de emisión, esto no refleja que hubo un menor consumo de energía eléctrica en la USFQ, porque en el año 2019 se consumió 3578387.68 kWh a diferencia del 2017 (3239652.75 kWh), debido a que la población aumentó en un 5.4% en el periodo 2019, en comparación al 2017. Este aumento de personas tiende a un mayor uso de las instalaciones durante más tiempo. También se debe a la falta de eficiencia energética en el campus, porque luces y equipos electrónicos están prendidas durante el transcurso del día.

Dentro del alcance 3 (tabla 6), se cuantificó las emisiones por transporte terrestre, las cuales son mayores debido al incremento de la población USFQ para el año 2019. Si bien, la implementación del bus universitario ayudó a disminuir la cantidad de personas que movilizan en auto, no fue muy significativa, debido que entró en operación el 2 de septiembre-19 de diciembre del 2019 y representó una reducción de emisiones de 8 t CO_2 en ese semestre, o un 0.7% de las emisiones totales (Anexo E).

Las emisiones por generación de aguas residuales son menores en comparación con el 2017, porque por primera vez se utiliza un volumen estimado de aguas residuales (Anexo F) por Cárdenas (2020) y los valores respectivos del DQO del efluente estudiado ($0.88 \frac{g}{L}$). A diferencia del año 2017, que se utilizó el consumo de agua como volumen de agua residual y valores de DQO de la literatura (Pérez, 2018). En el caso de la disposición de residuos, las emisiones son mayores comparado con el 2017. Primero, por la falta de una caracterización para el año de estudio. Segundo, en el caso de residuos de jardín no hubo un aprovechamiento de estos, éstos fueron enviados al relleno sanitario; a diferencia del 2017, en donde el 100% de los residuos se transforman en compost. En general, los porcentajes de reciclables en el 2019 fueron menores a

los del 2017. Finalmente, se estimó las emisiones de desechos peligrosos para el año 2019, y no puede ser comparado con 2017, debido a que en ese año no se entregaron los desechos peligrosos a un gestor ambiental.

Se realiza un análisis similar para el campus de Galápagos y Tiputini. En la tabla 7 se detallan las emisiones asociadas a los alcances estimados al campus Galápagos.

Tabla 7. Emisiones de campus Galápagos (2017,2019)

Alcances	2017		2019	
	Emisiones (t CO ₂ eq)	Porcentaje (%)	Emisiones (t CO ₂ eq)	Porcentaje (%)
Alcance 1	4.09	2.16	26.93	15.56
Alcance 2	68.06	35.96	95.10	54.94
Alcance 3	117.14	61.88	51.08	29.51
Total	189.29	100	173.11	100

Las emisiones del alcance 1 para el año 2017 son menores en comparación al año de estudio, porque únicamente se incluyó el consumo de GLP, a diferencia del 2019 que también incluye la recarga de refrigerantes y generadores. El incremento en el alcance 2 del 2019, se atribuye a un consumo energético mayor en comparación con el del 2017. En cuanto al alcance 3, las emisiones para el año 2017 son mayores, debido a que en ese año se consideró las emisiones por transporte terrestre que utilizan los estudiantes y staff USFQ para trasladarse al campus Galápagos; donde se consideran taxis, autos, motos y botes (Pérez, 2018). En cuanto a transporte en el 2019, se consideran las emisiones asociadas al diésel por la movilización de insumos de estación de meteorología, vacaciones, retiros de carga, programas de vínculo con la comunidad y trámites administrativos. Además, dentro de este alcance 3, se toma en cuenta las emisiones por los residuos sólidos, específicamente basura común, que es enviada al relleno sanitario, debido a que el resto

de los residuos se recicla en su totalidad (Pérez, 2018). Las emisiones por residuos en el 2019, incluyen aquellas asociadas a desechos peligrosos, generación de aguas residuales y también una estimación de GEI por basura común basado en la caracterización del campus Cumbayá ajustada a la población en el campus Galápagos para el 2019. Por estos motivos, se observa una diferencia de emisiones totales.

Tabla 8. Emisiones de campus Tiputini (2017,2019)

Alcances	2017		2019	
	Emisiones (t CO ₂ eq)	Porcentaje (%)	Emisiones (t CO ₂ eq)	Porcentaje (%)
Alcance 1	7.23	100	221.93	99.27
Alcance 2	-	-	-	-
Alcance 3	-	-	1.62	0.72
Total	7.23	100	223.55	100

La tabla 8, detalla las emisiones asociadas al campus Tiputini para el año 2017 y 2019. Donde se observa que el 100% de las emisiones de GEI del 2017 corresponden al diésel utilizado en los generadores para proporcionar energía empleada en el campus. En cambio, el 2019 el alcance 1, está compuesto en un 91.4% por el consumo de diésel en generadores, un 6.3% en el combustible utilizado para la movilización de canoas y 2.3% por movilización terrestre. Adicionalmente, se añadió 1.6 t CO₂ eq dentro del alcance 3 asociado a las emisiones por desechos peligrosos de los lubricantes y aceites utilizados en la movilización de canoas, transporte terrestre y generadores. Para poder comparar las emisiones anuales, se recomienda buscar la información correspondiente al consumo de diésel del 2017 y calcular una vez más; debido a que en el 2019 las emisiones por el funcionamiento de los generadores son 221.9 t CO₂ eq y en 2017: 7.2 t CO₂ eq. Se debe encontrar una razón para la variación abrupta del consumo, teniendo en consideración que la luz del campus depende en su totalidad de los generadores.

Al solicitar información asociada a la generación de residuos, se expresó que no realizan un seguimiento de cantidades. Sin embargo, se proporciona la información del manejo de éstos; donde se enuncia que sus desechos orgánicos se disponen 2 km río abajo de la estación TBS. Este impacto ambiental se considera dentro del plan de acción. A partir del análisis realizado para cada campus, se ha observado que cierta información recopilada para el año 2019 no puede ser comparada con el 2017, por falta de un sistema y manejo de información estandarizada.

Es evidente la necesidad de un sistema de gestión que permita la comparabilidad anual, ahorro de tiempo al recopilar información y analizarla, y el involucramiento de las distintas áreas de la USFQ e investigadores. Por estas razones, se genera una batería de indicadores con el fin de evaluar, de una forma resumida, el desempeño ambiental de la USFQ año a año.

6.3 Indicadores de desempeño ambiental

Esta batería de indicadores es una herramienta transparente que permite comunicar información específica sobre el desempeño ambiental actual, interpretar e influir en decisiones para oportunidades de mejora (Tumbas, et al, 2015).

Se han identificado 5 áreas de enfoque a partir del análisis de la entrevista realizada a los expertos y en base a estas, se han establecido 8 indicadores de desempeño ambiental. Es importante mencionar, que en su mayoría están relacionadas con el STARS y/o el THE, con el objetivo de no crear trabajo adicional para los encargados de actualizar los datos para estos indicadores cada año.

Se detallan a continuación:

Tabla 9. Batería de indicadores de desempeño ambiental USFQ

Área	Indicador
Energía (STARS y THE)	1. Consumo de energía por área construcción de edificios por año (kWh/m ²)
Transporte	2. Toneladas CO ₂ eq por estudiantes por año 3. Toneladas CO ₂ eq por profesores y administradores por año
Acción Climática (STARS)	4. Toneladas CO ₂ eq (Alcance 1 y 2) por año
Residuos (STARS y THE)	5. Cantidad de residuos generados (kg) por usuario USFQ por año 6. Cantidad de residuos aprovechados (kg) con relación a la cantidad de residuos totales generados (kg) por año
Agua (STARS y THE)	7. Agua (m ³) consumida por usuario USFQ por año 8. Agua residual generada (m ³) con relación al agua consumida (m ³) por año

Con la información secundaria recopilada y los indicadores establecidos en la tabla 9 se evalúa el desempeño ambiental de la USFQ para el año 2019 y 2017. Para visualizar este desempeño de una manera gráfica y más simplificada, se recopila datos de la literatura para distintas universidades a nivel local e internacional (de las mismas características de la USFQ) bajo los mismos rubros de los indicadores (Anexo L). Adicionalmente, se comparan los mismos con valores óptimos de cada indicador (Anexo L) con el fin de analizar qué tan distante está la USFQ de un desempeño óptimo. Es importante mencionar que energía, acción climática y agua se comparan con universidades con condiciones climáticas similares (Ecuador, Perú y Colombia) al contexto de la USFQ. Los dos indicadores de residuos se comparan con universidades internacionales sin residencias; ya que estos se mantienen sin alteraciones o variables influyentes distintas a las presentes en dicho contexto.

En el área de transporte, se estima un *escenario ideal* en la USFQ, con la siguiente distribución de usuarios: “Pancho Bus” a su máxima capacidad (227 usuarios), 40% en auto compartido, 20%

bicicleta o caminando, y el porcentaje restante en bus municipal (36%). Se lo definió así considerando que un porcentaje de personas que utilizan bus municipal (por temas actuales de salud -COVID-19-), se movilizan hacia auto compartido. Sin embargo, se espera que el porcentaje caminando/bicicleta aumente en un 10% al actual desplazando la movilización en auto propio. Por otro lado, el peor escenario se considera que 100% de los usuarios se transporten en auto propio. En la tabla 10, se muestra los valores alcanzados por la USFQ, tanto en el 2017 como en el 2019, en base a los indicadores definidos anteriormente.

Tabla 10. Valores USFQ (2017-2019) en base de los indicadores ambientales definidos

Indicador	2017	2019
Energía (kWh/m²)	48.4	51.1
Transporte estudiantes (t CO₂ eq/estudiante)	0.27	0.27
Transporte staff USFQ (t CO₂ eq/staff USFQ)	0.3	0.33 ³
Alcance 1 y 2 (t CO₂ eq)	824	1291
Residuos per cápita (kg/usuario)	21.61	17.72 ⁴
Residuos aprovechados (%)	63.7	20.8
Consumo agua per cápita (m³)	4.3	3.2
Agua residual/ agua consumida (%)	-	82

La metodología de normalización descrita previamente se utiliza para representar visualmente el *benchmark* del anexo L, en funciones de transformación. Para así obtener 7 distintas rectas, donde

³ Este incremento en emisiones se debe al incremento de staff USFQ en el año 2019 y su movilización mayoritaria en automóviles propios.

⁴ Este valor disminuye por el incremento en el número de usuarios USFQ para el año 2019 (7642) en comparación al 2017 (5946).

el *eje x* muestre el desempeño de la USFQ y se asigne un valor numérico al *eje y* como el índice de calidad ambiental (CA):

1. Energía: $y = -0.0071 x + 0.9457$
2. Transporte estudiantes: $y = -3.0492 + 1.5488$
3. Transporte profesores y administradores: $y = -3.0802 x + 1.3652$
4. Acción climática: $y = -0.0004 x + 1.0379$
5. Residuos per cápita: $y = -0.0088x + 0.9059$
6. Residuos redireccionados: $y = -0.1467 x + 1.1752$
7. Agua per cápita: $y = -0.1218 x + 0.9996$

Con estas ecuaciones que consideran tanto el mejor (CA= 1) como el peor desempeño (CA = 0) de universidades según valores óptimos determinados en la literatura; para conocer el desempeño de la USFQ en cada indicador, se inserta en cada ecuación los respectivos valores resultantes de la USFQ para el año 2017 y 2019 según corresponda (estos valores reemplazan x). Así, se obtiene un valor de y (entre 0-1) que representa el desempeño de calidad ambiental de la USFQ por indicador y por año, como se muestra en la figura 4.

Indicadores de desempeño ambiental USFQ

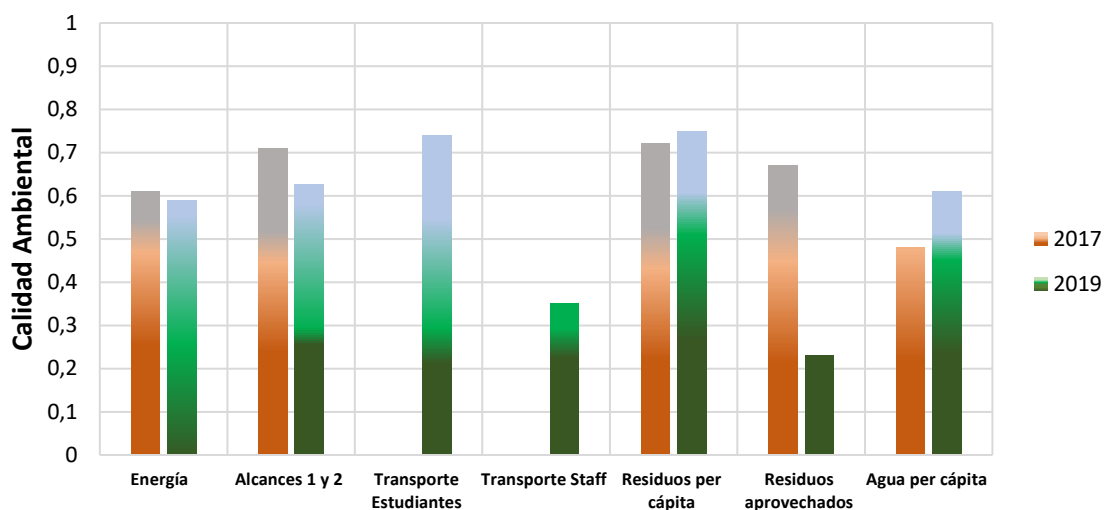


Figura 4. Desempeño USFQ (2017,2019) en base a 7 indicadores previamente establecidos

La figura 4 es una ayuda visual, construida a partir de las funciones de transformación, para facilitar la identificación de las áreas con mayores oportunidades de mejora con relación a indicadores ambientales. Es importante mencionar que la USFQ no tiene un desempeño ambiental mayor a 0.8 en ningún rubro, debido a que los valores de desempeño de la tabla 10, en los años analizados, están alejados de los escenarios óptimos para cada indicador (Anexo L). Esto indica un amplio rango de mejora en cada uno de los ítems. Empezando con áreas de importancia crítica, como residuos aprovechados y transporte del staff.

6.4 Impacto de visitas

Tomando en cuenta estos indicadores se realizó cálculos adicionales para analizar el impacto que tienen las visitas en la USFQ en temas de consumo de agua y generación de residuos. La universidad recibe aproximadamente 162081 visitas al año (Anexo A). De las asunciones que se realizó (Anexo G), el consumo de agua de visitas anuales es de 1270.6 m³, en términos de porcentaje, equivale al 4.61% del consumo total (1509.5 m³), como se indica en la figura 5.

Porcentaje de consumo agua

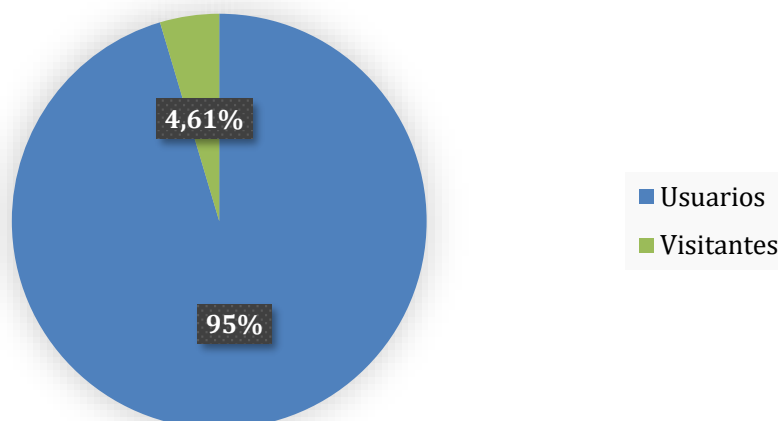


Figura 5. Distribución de consumo de agua entre visitas y usuarios USFQ (2019)

En temas de generación de residuos, se realizó una serie de asunciones (Anexo G), con el fin de conocer que las visitas generan aproximadamente 13444.6 kg al año; lo que representa el 16% de la generación total, como se indica en la figura 6.

Distribución de generación de residuos

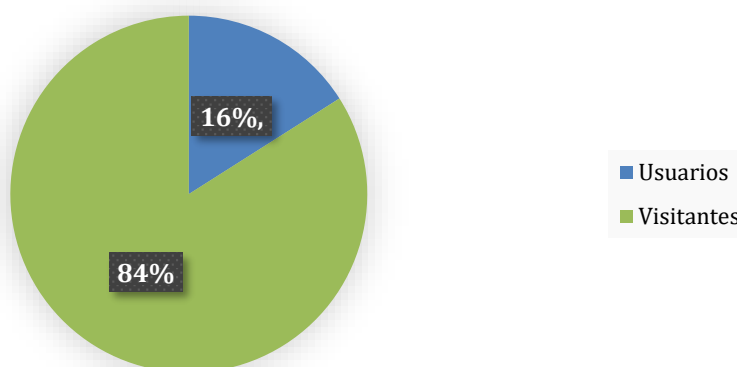


Figura 6. Distribución de generación de residuos entre visitas y usuarios USFQ (2019)

6.5 Balance de masa de agua

El indicador de agua residual generada (m^3) en relación con el agua consumida (m^3) por año, no se considera dentro del *benchmark* porque este indicador tiene como fin analizar la distribución de agua potable en la USFQ e identificar áreas donde se puede minimizar el uso de agua potable y recircular el agua que en un futuro pueda ser tratada. A partir de la entrevista con el representante de planta física (Anexo I), se descubre que además del efluente de descargas de aguas residuales del anexo F, hay otro. Con el objetivo de estimar este caudal que no se ha estudiado ni caracterizado (aún); se realiza un balance de masa-agua (figura 7). En el 2019, el 82% del agua que se consume en el campus Cumbayá (sin Hayek) se convierte en agua residual. Es importante mencionar que el balance debe ser mejorado cuando exista más información disponible, ya que el nuevo efluente fue aproximado en relación con las entradas, salidas y consumos (anexo M).

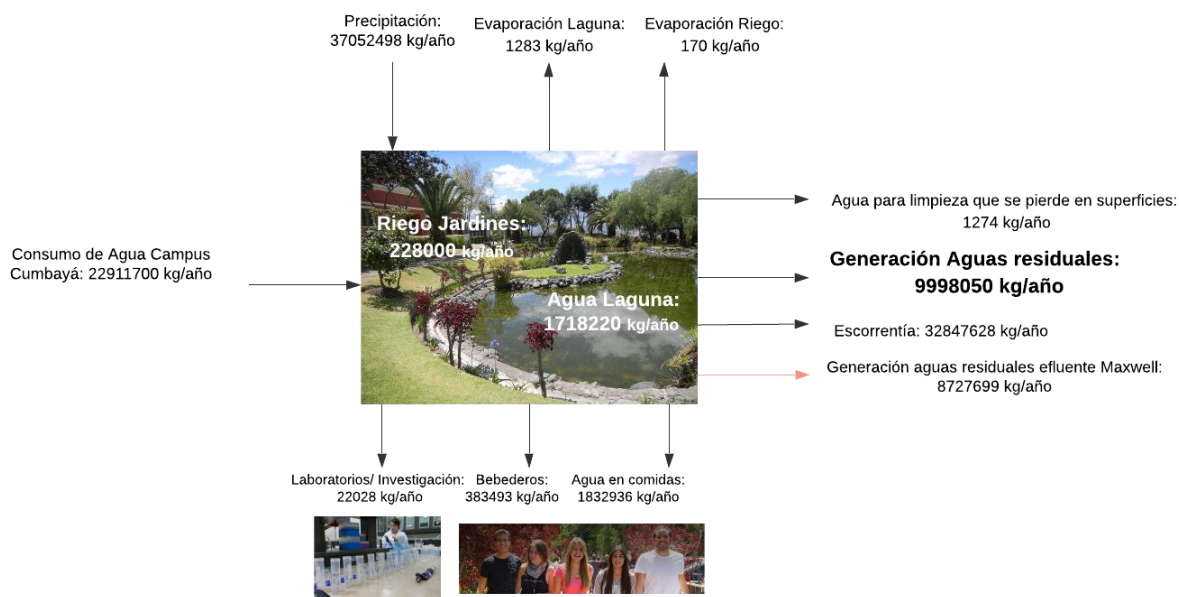


Figura 7. Balance de masa de agua en campus Cumbayá

Según los desempeños ambientales en cada indicador, se observa oportunidades potenciales de mejora en la USFQ. Al alinearse con lo esperado por la OIS, se realiza un análisis de prefactibilidad (etapa 1 y 2) para poder proponer un plan de acción en estas áreas identificadas. Para las propuestas

del plan de acción, es importante analizar los cambios por la nueva normalidad en la que se encuentra la USFQ con la pandemia de COVID-19.

6.6 Resultados preliminares 2020: Durante pandemia COVID-19

Se recopiló información de los primeros cinco meses del periodo 2020. Se hace énfasis que el 13 de marzo se cambió de modalidad presencial a clases en línea debido al brote del COVID-19 en el país. Se muestran los consumos del 2020 de energía y agua.

En la figura 8, se observa que en los meses de la pandemia se obtuvo una reducción del 31% en comparación a los meses del 2019. Se ha analizado junto al área de Mantenimiento y Seguridad sobre el repunte que se puede observar en el mes de febrero sin obtener explicaciones concluyentes, sin embargo, se conoce que el gasto corresponde a sitios cercanos a la biblioteca del Hayek.

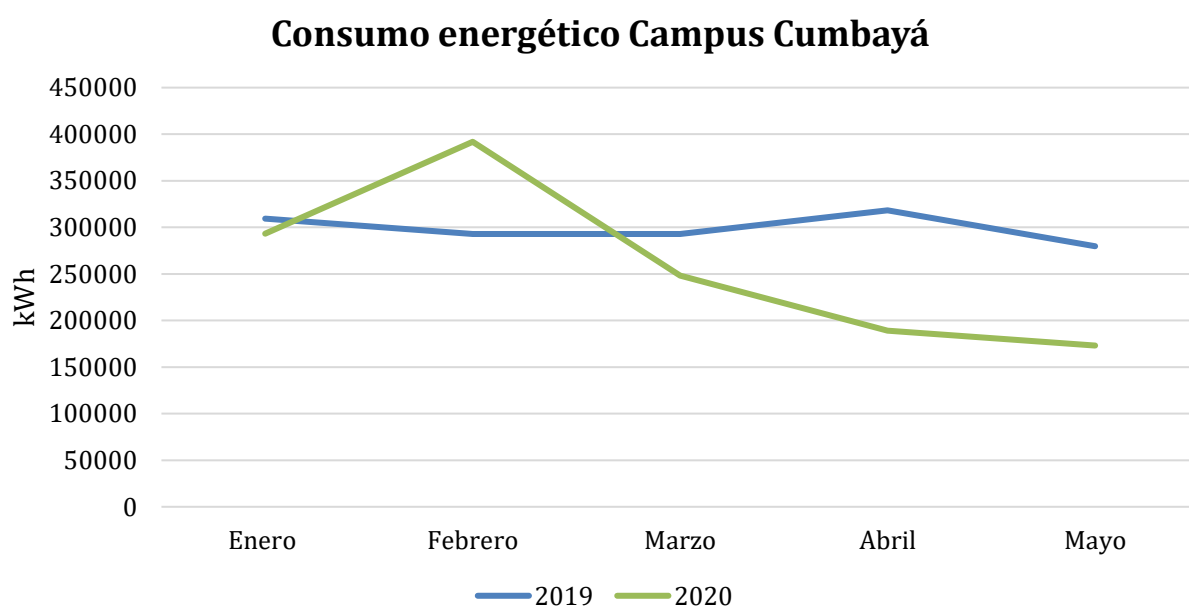


Figura 8. Consumo de energía 2019 y 2020 en campus Cumbayá

En cuanto al consumo de agua durante los meses de aislamiento se observó una reducción del 37%, respecto al 2019 (figura 9).

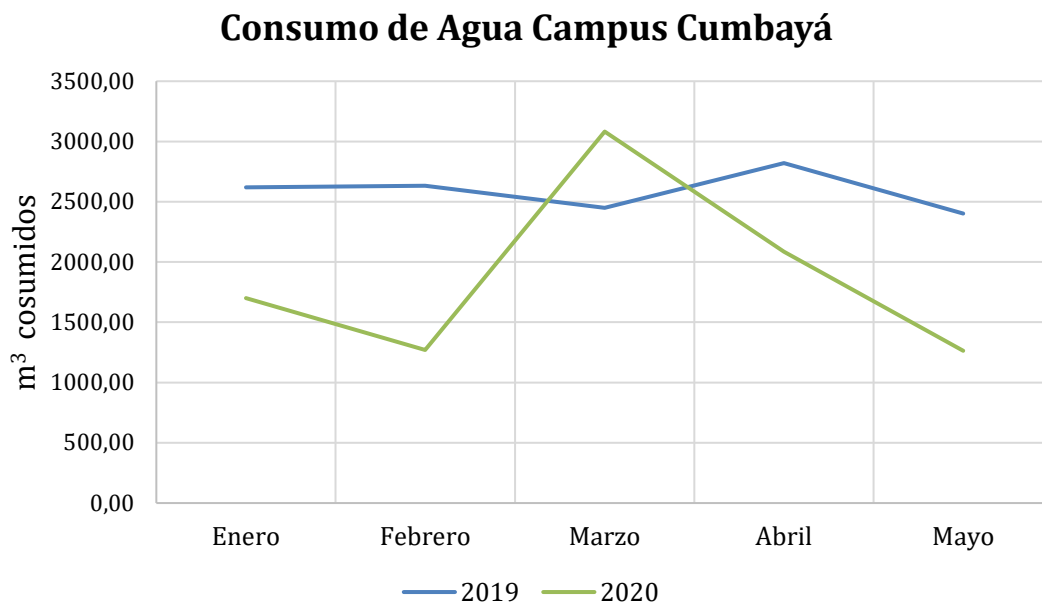


Figura 9. Consumo de agua 2019 y 2020 en campus Cumbayá

Es evidente como, tanto la energía y el agua, disminuyen en los meses de marzo, abril y mayo (meses sin clases presenciales por COVID-19). Sin embargo, aún con la ausencia de los estudiantes, administrativos, profesores y la disminución potencial del equipo de seguridad, mantenimiento y limpieza; estos valores no se aproximan a cero, debido a que muchos equipos electrónicos pasan conectados y funcionando todo el día, como las cámaras de seguridad, que, según la entrevista realizada a Proaño, 2020, representa un alto consumo energético.

En el caso del transporte (figura 10), se observó una reducción significativa en los meses de la pandemia en comparación con el 2019, debido a que no hay acceso a la universidad. Únicamente el personal de seguridad, mantenimiento y microbiología pueden trasladarse al campus, por ese motivo, aproximadamente 38 personas al día se dirigen a la universidad, eso al mes representa 15 toneladas de CO₂ eq., a diferencia de un mes normal del 2019, cuyas emisiones son de 264 toneladas de CO₂ eq.

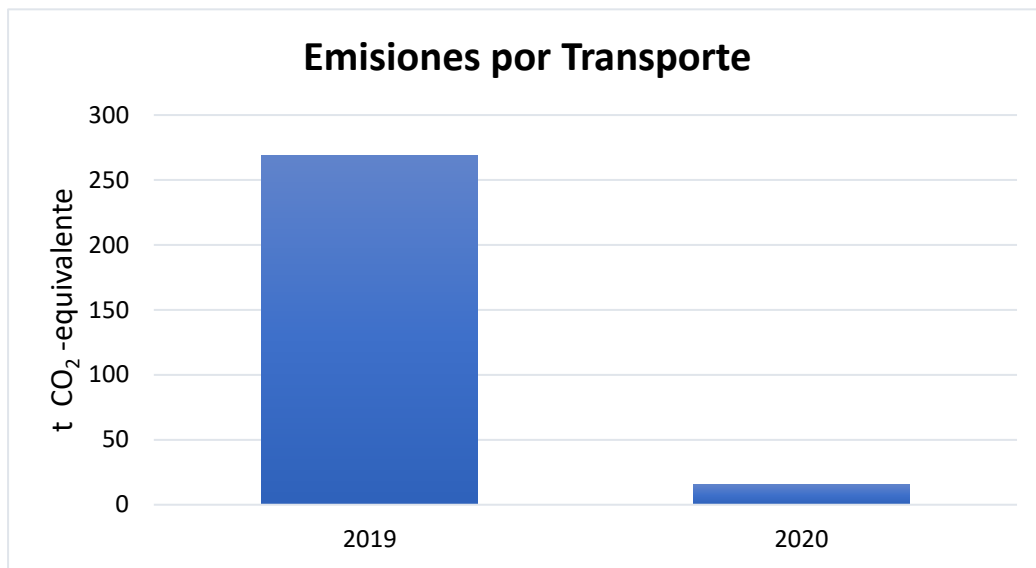


Figura 10. Emisiones por transporte 2019 y 2020

7. PLAN DE ACCIÓN

7.1 Análisis de prefactibilidad

7.1.1 Primera etapa.

A partir de la revisión literaria y la información primaria recopilada (Anexo C y D), dentro del método para la toma de decisiones, se realiza un análisis con los criterios ponderados, indicados en la sección de metodología, donde se evaluó las siguientes ideas: modalidad presencial/teletrabajo, crear “*hubs*” en sectores estratégicos de Quito, aprovechar agua lluvia, campus cero basura, baños más eficientes, implementar techos verdes, añadir paneles solares, adecuación de un huerto urbano y realizar compostaje *in-situ*. Sin embargo, las actividades que alcanzaron los puntos mínimos establecidos para ser incluidos en la etapa 2 del análisis de prefactibilidad son: Teletrabajo, paneles solares, recolección agua lluvia y un campus cero basura.

Es importante mencionar que los criterios y su respectiva ponderación, fueron definidos en base al contexto actual del COVID-19 (salud, seguridad y dinero); por los cuales, ciertas de las actividades como *hubs*, huerto, techos verdes, que no fueron elegidas para la segunda etapa del análisis de prefactibilidad podrían evaluarse posteriormente. Se recomienda analizar la nueva normalidad y realizar evaluar si la ponderación asignada sigue teniendo validez.

7.1.2 Segunda Etapa.

Para la etapa dos del análisis de prefactibilidad se realiza un análisis costo-beneficio (Anexo N) a las actividades que pasaron el primer filtro. Si esta relación es mayor a uno se considera económicamente viable.

I) Recolección agua lluvia.

Tabla 11. Análisis costo-beneficio para recolección agua lluvia

Agua Lluvia B/C= 1.56	
Beneficios	\$ 2415.2
Costos de inversión	\$ 1087.32
Operación y Mantenimiento	\$ 720

Se detallan los valores de esta tabla en el anexo N, sección I.

II) Paneles solares.

Se realizó un análisis costo beneficio de paneles solares con el fin de abastecer únicamente a 100 computadores del área administrativa del edificio Galileo de la Universidad San Francisco de Quito.

Tabla 12. Análisis costo-beneficio para implementación de paneles solares

Paneles Solares B/C= 1.96	
Beneficios	\$ 1501.86
Costos de inversión	\$ 14591.82
Operación y Mantenimiento	\$ 370.92
Tiempo de vida útil	20 años

Se detallan los valores de esta tabla en el anexo N, sección II.

III) Campus “Cero Basura”.

La ordenanza metropolitana 0175, establece un porcentaje a pagar por tasa de recolección de basura que se ve reflejado en la planilla eléctrica (Municipio de Quito, 2017). Si se logra convertir a la USFQ en un campus "Cero Basura", este porcentaje ya no se cobraría y se transformaría en beneficio económico para la universidad. Para alcanzar este objetivo en el menor tiempo posible, es necesario modificar e invertir una serie de componentes que se detallan en el anexo N, sección III.

Tabla 13. Análisis costo-beneficio para campus Cero Basura

Cero Basura		B/C= 2.77
Beneficios		\$ 75702.10
Costos de inversión		\$ 94129.41
Operación y Mantenimiento		\$ 26021.57
Tiempo de vida útil		5 años

IV) Teletrabajo.

La modalidad de teletrabajo sugerida es que todos los martes los administradores trabajen de manera virtual desde sus casas y que los viernes, tanto profesores como administradores, trabajen desde casa (al igual que los estudiantes).

Esta actividad no representa mayor inversión para la USFQ, motivo por el cual, se decidió descartar un análisis costo/beneficio. Sin embargo, se estiman los beneficios de esta modalidad sugerida en términos de dinero (anexo N, sección IV). Es importante mencionar, que se aproximó ciertos beneficios que eran intangibles (tabla 14) con el fin de poder compararlos.

Tabla 14. Análisis costo-beneficio para teletrabajo

Beneficios	\$
Seguridad (minimiza riesgo de accidentes)	2701.21
Tiempo	1052.46
Disminución consumo de agua campus	95.11
Disminución consumo energético campus	73839.85
Disminución generación residuos campus	60138.85
Ahorro en \$ población USFQ por transporte	102803.5
Total tangibles	134073.81
Total intangibles	3753.67

La disminución en consumo de agua, energía y generación de residuos (tabla 14) en el campus USFQ, en realidad, es efecto del desplazamiento de estos a los hogares de cada usuario de la USFQ. Por otro lado, no fue posible estimar en cantidades de dinero las emisiones de contaminantes del aire y emisiones de GEI asociadas al transporte. No obstante, estas últimas se las muestra en toneladas de dióxido de carbono anuales relacionadas a la movilización de alumnos y staff USFQ desde sus hogares hasta la institución. Se muestra a continuación ambos escenarios: “Sin teletrabajo”, la modalidad usual previa a la pandemia y “Con teletrabajo”, modalidad adaptada durante la pandemia, donde se ahorran emisiones al poner en práctica la propuesta del trabajo en casa:

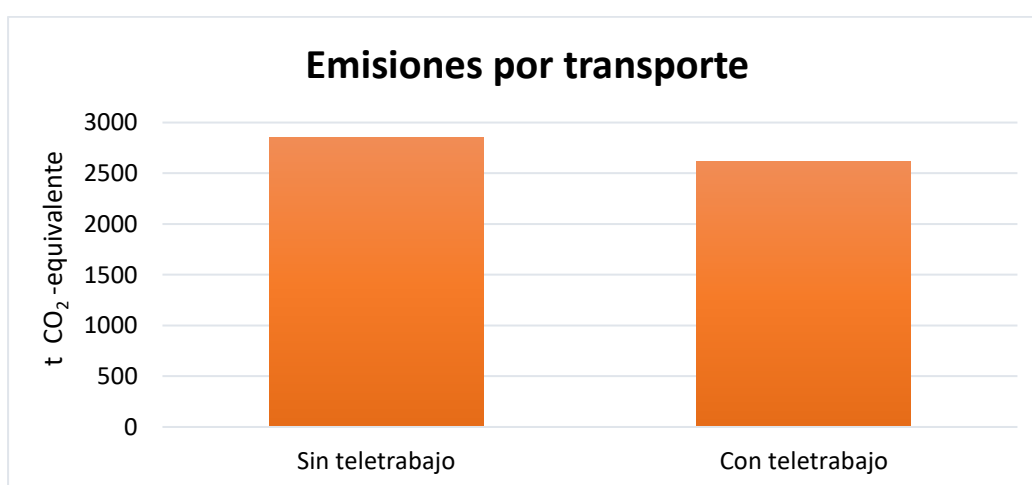


Figura 11. Emisiones de GEI previas a la pandemia y durante-post pandemia si se aplica la modalidad de teletrabajo sugerida.

Para poder establecer un plan de acción a las propuestas de instalación de paneles solares y recolección agua lluvia; se recomienda realizar un análisis técnico, porque algunos datos considerados en el presente estudio pueden ser ajustados con mayor precisión, con data de primera mano que proporciona la universidad o proveedores de esta. El análisis de factibilidad debe realizarse con presupuestos y diseños con respectivas consideraciones. Es por esto por lo que este análisis es una oportunidad para un proyecto integrador multidisciplinario futuro; ya que abarca áreas como: ingeniería ambiental, ingeniería industrial, finanzas, ingeniería civil, ingeniería agrónoma, ingeniería mecánica, ingeniería en sistemas, diseño gráfico, marketing, entre otras. Además, para continuar con los esfuerzos por tener un campus USFQ sostenible, es necesaria la colaboración de todas las partes.

7.2 Medidas de Acción

Las medidas del plan de acción para las actividades que pasan la segunda etapa de prefactibilidad se evalúan en torno a un marco lógico con el fin de poder organizar ideas, relacionar actividades con los resultados esperados, para determinar el progreso del plan y cómo será evaluado. Este análisis contempla: Metas (problema por solucionar a largo plazo), propósito (impacto del proyecto a corto plazo), resultados y actividades (acciones por ejecutar para obtener resultados).

Se mencionó repetidamente por distintos actores, la necesidad de establecer responsables para el cumplimiento de las medidas propuestas; por esto, la primera actividad a realizar es la creación del “Comité de Sostenibilidad”.

Tabla 15. Resumen de medidas del plan de acción

Iniciativas propuestas	Actividad principal	Fecha a implementarse	Objetivo	Indicador al que se alinea
Comité de Sostenibilidad	Formar equipo comité de sostenibilidad. Completar las plantillas (Anexo P).	Año lectivo 2020-2021	Trazabilidad de información y operatividad de proyectos 2021	N/A
Cero Basura	Mapeo de puntos, cantidad y tipo de generación de residuos. Formar un equipo multidisciplinario	Año lectivo 2020-2021	Alcanzar un porcentaje de aprovechamiento de residuos del 90% o más para el año 2025.	STARS, THE (ODS 12)
Teletrabajo	Operar con teletrabajo los días martes y viernes de cada mes (martes: administrativos; martes y viernes: Staff USFQ)	Segundo semestre 2020-2021	Disminuir en un 10% las emisiones de GEI asociadas al transporte para 2022	STARS, THE (ODS 11)
Eficiencia energética	Identificar conexiones de medidores y consumos significativos	Primer semestre 2020-2021	Reducción en un 10% del consumo energético para el 2025 comparado al año 2019	STARS, THE (ODS 7)
Consumo/uso de agua	Identificar y estudiar el efluente ubicado en el edificio Maxwell. Identificar fugas y escapes de agua.	Segundo semestre 2020-2021	Disminuir un 10% del consumo de agua potable para 2021 comparado al 2019	STARS, THE (ODS 6)

Cada actividad y subactividad de la tabla 15, está detalladas con mayor precisión en el anexo O.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La sostenibilidad ambiental en las universidades implica el involucramiento de varios actores y su cooperación conjunta día a día. La USFQ se encuentra en camino hacia un campus sostenible desde el 2012 y el actual proyecto busca apoyar a la institución en este ámbito.

Al actualizar la huella de carbono para el período 2019, se observa que aumentó para el período de estudio en comparación al año 2017. Este incremento se atribuye principalmente a los valores identificados en los alcances 1. También, por primera vez, se estiman emisiones adicionales por la generación de desechos peligrosos y emisiones de aguas residuales en base a la caracterización de un efluente. Asimismo, se estimó las emisiones generadas por el servicio del “Pancho Bus” durante un semestre, donde sus emisiones fueron de 4 toneladas CO₂ eq. De la misma forma, se determinó la reducción de emisiones por su implementación, dando como resultado una variación de 8 toneladas de CO₂ eq o un 0.7% de las emisiones totales al semestre. Esta reducción fue menor a la esperada, por lo tanto, se plantean alternativas adicionales en el área de transporte como la modalidad de teletrabajo sugerida.

Por otro lado, se realizaron cálculos para evaluar el impacto de consumo energético, agua, transporte, antes y durante el COVID-19; donde se observó una reducción del 31% en energía, 37% en agua y 94% transporte, durante los meses de la pandemia en comparación a los meses correspondientes del 2019. A pesar de tener un campus sin estudiantes, administrativos, profesores y una disminución potencial del equipo de seguridad, mantenimiento y limpieza; especialmente en las áreas relacionadas al consumo de energía y agua no se aproximan a cero como se esperaría. De tal forma que, se plantean medidas dentro del plan de acción en torno a investigar, para posteriormente resolver, las causas de las disminuciones respectivas.

Adicionalmente, se identifica la oportunidad de establecer un sistema de gestión de información para evitar la pérdida de datos en ciertas áreas de interés, mediante la construcción de una batería de indicadores de desempeño ambiental. Conformada por 8 indicadores para las áreas de energía, agua, acción climática, transporte y residuos. Se evalúa el desempeño ambiental de la USFQ en el 2017 y 2019, en donde ningún indicador superó 0.85 en índice de calidad ambiental, demostrando oportunidades de mejora.

Basados en estos indicadores y un análisis de pre y durante COVID-19, se observa la necesidad de evaluar las iniciativas para optimizar el desempeño y, año tras año. Para esto, se establecen planes de acción con metas y cronogramas específicos para cada una de las actividades: comité de sostenibilidad, cero basura, eficiencia energética y ahorro de agua; que fueron aprobadas después de un análisis de prefactibilidad de dos etapas (análisis multicriterio y análisis costo-beneficio).

Este plan de acción se entrega a la Oficina de Innovación y Sostenibilidad de la USFQ como hoja ruta de apoyo para mejorar su desempeño ambiental. Se estima que las actividades que se proponen, alineadas a los rankings universitarios, STARS y THE, funcionen mejorar el posicionamiento de la USFQ.

Es importante mencionar que este trabajo es realizado durante la cuarentena por el COVID-19. Por esta razón, ciertas estimaciones del plan de acción se pueden ajustar, de ser necesario. Por lo que se recomienda hacer un análisis de factibilidad costo-beneficio para ciertas ideas que fueron descartadas en la primera etapa de prefactibilidad, si la situación lo amerita.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AEC (2019). *Conocimiento: Medio Ambiente: Huella de Carbono*. Recuperado el 4/06/20 de: [https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/huella-de-carbono#:~:text=La%20Huella%20de%20Carbono%20\(HDC,de%20un%20producto%20o%20servicio.](https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/huella-de-carbono#:~:text=La%20Huella%20de%20Carbono%20(HDC,de%20un%20producto%20o%20servicio.)
- Almazán, J. (s/f). *Coefficiente de escorrentía: Biblioteca y publicaciones. Manual ATHA*. Recuperado el 21/07/20 de: http://www.atha.es/atha_archivos/manual/c4474.htm
- Agencia Nacional de Tránsito (2020). *Ley de Transparencia: Reporte Nacional de Siniestros de Tránsito Diciembre 2019*. Recuperado el 21/07/2020: <https://www.ant.gob.ec/index.php/ley-de-transparencia/ley-de-transparencia-2020/file/7011-siniestralidad-ene-dic-2019>
- Aznar Minguet, Pilar, & Ull, M.^a Angels, & Piñero, Albert, & Martínez-Agut, M. Pilar (2014). *La Sostenibilidad En La Formación Universitaria: Desafíos Y Oportunidades*. Educación XX1, 17(1),133-158.[fecha de Consulta 7 de Junio de 2020]. ISSN: 1139-613X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=706/70629509006>
- Basso, Cardin, Giacometti & Mio. (2017). *Sustainability indicators for university ranking*. Department of Economics, Ca' Foscari University of Venice. (Italia)
- Blank, L. & Tarquin, A. (2012). *Ingeniería Económica*. Séptima Edición. Mcgraw Hill: México.
- Burgos, C & Figueroa, M. (2014). *Aproximación al Cálculo de la Huella Ecológica de la Universidad de Nariño*. Recuperado el 20/06/20 de: <http://biblioteca.udenar.edu.co:8085/atenea/biblioteca/91574.pdf>
- Guerra, J. & Rincón, I. (2018). *Campus de la Universidad Central de Venezuela*. Recuperado el 20/06/20: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/3217/321759619002/html/index.html>
- Cambridge (2019). *University of Cambridge adopts Science Based Target for carbon reduction*. Recuperado el 17/06/20 de: <https://www.cam.ac.uk/news/university-of-cambridge-adopts-science-based-target-for-carbon-reduction#:~:text=Cambridge%20has%20become%20the%20first,on%202015%20emissions%20by%202030> - <https://www.zero.cam.ac.uk/>
- Carvajal, A. (10/01/2019). *Quito se convirtió en la ciudad más poblada del Ecuador con más de 2,7 millones de habitantes en el 2018*. Diario El Comercio.

- Colcha, C., Mora, R. (2017). *Evaluación de la Huella Ecológica en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*. Recuperado el 20/06/20: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/7909/1/236T0308.pdf>
- Contreras, Y Torres C. (2014). *Cuantificación de la Huella Hídrica en las instalaciones de la Universidad de Córdoba Campus Montería*. Recuperado el 20/06/20: <https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/471/CUANTIFICACION%20DE%20LA%20HUELLA%20HIDRICA%20EN%20LAS%20INSTALACIONES%20DE%20LA%20UNIVERSIDAD%20DE%20C%27RDOBA%20CAMPUS%20MONTER%27A%20PARA%20EL%20A%27O%202014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Coulson, J., et al (2004). *Ingeniería química tomo II: Diseño de reactores: Principio generales*. Editorial Reverté: Barcelona.
- Dee, N., J. Baker, N. Drobny, K. Duke, I. Whitman, y D. Fahringer. (1973). *An environmental evaluation system for water resource planning*. Water Resources Research, Vol. 9, No. 3, Junio, 523-535.
- Degnarain, N. (2020). *Not Back But Forward: What The Post-COVID-19 Economic Recovery Models Are Getting Wrong*. Forbes. Recuperado el 4/06/20 de: <https://www.forbes.com/sites/nishandegnarain/2020/04/22/not-back-but-forward-what-the-post-covid-19-economic-recovery-models-are-getting-wrong/#6bf0501c7abb>
- Doria, P y Narváez, C. (2016). *Sistema fotovoltaico on grid para la integración energética renovable de la sede central de la Universidad de Córdoba*. Recuperado el 15/06/2020 de: <https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/ucordoba/698>
- Englart, S., Jedlikowski, A. The influence of different water efficiency ratings of taps and mixers on energy and water consumption in buildings. *SN Appl. Sci.* **1**, 525 (2019). <https://doi.org/10.1007/s42452-019-0539-8>
- Eljarrat, E. (2019). *Daños colaterales de la COVID-19: el resurgir del plástico*. Revista gestión digital. Recuperado el 07/07/2020 de: <https://www.revistagestion.ec/index.php/investigacion-analisis/danos-colaterales-de-la-covid-19-el-resurgir-del-plastico>
- Footprint Network (2020). *Earth Overshoot Day is August 22, more than three weeks later than last year*. Recuperado el 2/06/20 de: <https://www.footprintnetwork.org/2020/06/05/press-release-june-2020-earth-overshoot-day/>
- Garnasjordet, P., et al. (2012). *Sustainable Development Indicators: From Statistics to Policy*. Environmental Policy and Governance. DOI:10.1002/eet.1597
- Gebrekiros, M. (2016). *Evaporation and Transpiration*. Recuperado el 21/07/2020 de: <http://mgebrekiros.github.io/IntroductoryHydrology/EvaporationAndTranspiration.pdf>

- Global solar atlas. (2020). *Total photovoltaic power output and Global tilted irradiation*. Recuperado el 15/06/2020 de: <https://globalsolaratlas.info/map?c=-1.263325,-77.755737,8&s=-0.201873,-78.42865&m=site&pv=medium,0,4,100>
- Gobierno de la República del Ecuador (2020). *Coronavirus Ecuador: Las cifras del COVID-19 en Ecuador*. Recuperado el 5/06/20 de: <https://coronavirusecuador.com/>
- Guamán, D & Illares, F. 2016. *Análisis de la Huella Hídrica en el Campus de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca mediante el uso de redes de telemetría*. Recuperado el 20/06/20 de: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17729/1/UPS-CT008404.pdf>
- Greenmetric UI World University Rankings. (2019). *Criteria & Indicators*. Recuperado el 17/06/2020 de: <http://greenmetric.ui.ac.id/criteria-indicator/>
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). 2015. *Anuario Meteorológico*. Recuperado de: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202012.pdf>
- INAMHI (2019). *Evapotranspiración potencial*. Recuperado el 21/07/2020 de: http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/MapasBiblioteca/2%20Evapotranspiracion_A0.pdf
- INEC (2019). *Índices y variaciones porcentuales del IPC*. Recuperado 7/12/2020 de: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Inflacion/2019/Diciembre-2019/01%20ipc%20Presentacion_IPC_dic2019.pdf
- IPCC (2006a). *Desechos peligrosos*. Recuperado de: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/spanish/5_Waste_ES.pdf
- IPCC (2006b). *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Recuperado de: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/3_Volume3/V3_7_Ch7_ODS_Substitutes.pdf
- IPCC (2014). Fifth Assessment Report AR5, Global Warming Potential Values. Recuperado de <https://www.ipcc.ch/report/ar5/>.
- Jaimes, L. (2019). *Estimación de la Huella Ecológica de la Universidad Peruana Unión*. Recuperado el 20/06/20 de: http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/14862/JAIMES_GUTIERREZ_ESTIMACION_DE_LA_HUELLA_ECOLOGICA_DE_LA_UNIVERSIDAD_PERUANA_UNION.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Johnson, B. (2018). *Zero Waste. Ted Talk*. <https://www.youtube.com/watch?v=kWnsmzSSgdI>

- LEDS LAC (2020). *"El transporte público y la movilidad urbana en tiempos de COVID-19: Desafíos y oportunidades para la movilidad baja en emisiones"*. Webinar: Id. de seminario web: 278-848-947
- Leyva Vargas, M. D. (2017). *Plan de gestión de eficiencia energética aplicado en el Campus Colón de la Universidad de las Américas (Tesis de pregrado)*. Universidad de las Américas, Quito. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/7748>
- MAE (2015). Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Libro VI.
- Melo, G. (2018). *Medidas y mitigación de la Huella de Carbono en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Matriz Quito*. Recuperado el 20/06/20 de: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/15129>
- Mercado Libre. (2020). *Precios de tanques de almacenamiento agua lluvia*. Recuperado el 21/07/2020 de: [https://listado.mercadolibre.com.ec/tanques-plastigama#D\[A:tanques%20plastigama\]](https://listado.mercadolibre.com.ec/tanques-plastigama#D[A:tanques%20plastigama])
- Montes, C. (2020). *Generación y manejo de residuos durante la pandemia del COVID-19*. Universidad Externado de Colombia. Recuperado el 07/07/2020 de: <https://medioambiente.uexternado.edu.co/generacion-y-manejo-de-residuos-durante-la-pandemia-del-covid-19/>
- Naciones Unidas (1998). *Protocolo de Kyoto de la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático*. Recuperado el 17/06/20 de: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpsan.pdf>
- Naciph, K., Rivadeneira, L., y Cazorla, M. (2013). Cálculo de las emisiones de CO₂ de la Universidad San Francisco de Quito pertenecientes al rubro de transporte estudiantil del Segundo Semestre 2012-2013. Avances, 5(2), C1-C4. Recuperado de: <http://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/issue/viewIssue/13/13>
- Ocaña, L. (2014). *Cálculo de factores de emisión vehicular para la zona urbana de Quito en base al análisis de los registros de la Revisión Técnica Vehicular del año 2012 y monitoreo en ruta de campo (Tesis de pregrado)*. Universidad San Francisco de Quito. Quito-Ecuador.
- Ortiz, C. (2018). *Medición de la Huella Hídrica de la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur.* Recuperado el 20/06/20 de: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16078/1/UPS-ST003788.pdf>
- Panel Intergubernamental de Cambio Climático. (2018). *Glosario*. Recuperado el 3/06/20 de: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/WGI_AR5_glossary_ES.pdf

- Parra, R., et al (2019). *Maximum UV Index Records (2010-2014) in Quito (Ecuador) and Its Trend Inferred from Remote Sensing Data (1979-2018)*. Recuperado el 21/07/2020 de: <https://doi.org/10.3390/atmos10120787>
- Parra, R. (2013). Factor de emisión de CO₂ debido a la generación de electricidad en el Ecuador durante el periodo 2001-2011. *Avances*, 5(1):C39-C42. Recuperado de: <http://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/view/129>
- PAVCO WAVIN (2020). *Precios canales, bajantes y llaves de paso*. Recuperado el 21/07/2020 de: <https://pavcowavin.com.co/canales-y-bajantes-pavco>
- Pérez, P., et al. (2018). *Huella de carbono de la Universidad San Francisco de Quito año 2017 y Plan de Mitigación de Emisiones de CO₂- eq. (Tesis de Pregrado)*. Universidad San Francisco de Quito. Quito-Ecuador.
- Polesch, N. & Dale, V. (2016). *Normalization in sustainable assessment: Methods and implications*. Elsevier.
- Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo (s/f). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Recuperado el 17/06/20 de: <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>
- Proviento. (2020). *Paneles solares*. Recuperado el 15/06/2020 de: <https://proviento.com.ec/10-paneles-solares>
- Pontificia Universidad Católica de Perú (PUCP). (2016). *Huella de Carbono 2016*. Recuperado 20/06/20 de: <https://www.pucp.edu.pe/climadecambios/la-pucp-frente-al-cambio-climatico/medidas-dentro-del-campus/huella-de-carbono-pucp/>
- Reyes, O., Espinosa, R & Olvera, R. 2017. *Criterios para determinar el Tamaño de Muestra en Estudios Descriptivos*.
- Rivas Marín, María Isabel (2011). *Modelo de sistema de gestión ambiental para formar universidades ambientalmente sostenibles en Colombia*. *Gestión y Ambiente*, 14(1),151-161.[fecha de Consulta 7 de Junio de 2020]. ISSN: 0124-177X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=1694/169422215013>
- Salazar, F. (2015). *Actualización de la huella de carbono de la Universidad San Francisco de Quito para el año 2015 (Tesis de Pregrado)*. Universidad San Francisco de Quito. Quito-Ecuador
- Stockemer, D. (2019). *Quantitative Methods for the social science: A practical introduction with examples in SPSS and Stata*. Springer: Ontario, Canada.
- Tumbas, Pere. Matkovic, Predrag., Sakal, Marton & Pavličević, Veselin. 2015/07/06. *Sustainable University: Assessment Tools, Factors, Measures and Model*. Conference: 7th

- International Conference on Education and New Learning Technologies (EDULEARN 2015), At Barcelona - Spain)
- Times Higher Education (THE). *World University Rankings*. Recuperado el 17 de junio de 2020 desde: <https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings>
- United Nations Environment Programme: UNEP (2014). *Transforming universities into green and sustainable campuses: A toolkit for implementers*. Recuperado el 07/07/2020 de: <https://www.unenvironment.org/resources/report/greening-universities-toolkit-v20-transforming-universities-green-and-sustainable>
- USFQ. 2014. *Sustainability Report Universidad San Francisco de Quito: baseline year 2012*. Quito-Ecuador.
- USFQ (2019). *Escala de remuneraciones*. Recuperado el 21/07/2020 de: https://www.usfq.edu.ec/sobre_la_usfq/informacion_institucional/informes anuales/Documents/reportes_2018/Reporte_Remuneraciones_USFQ_2019.pdf
- Vásconez, J. (2015). “*Propuesta de manual de Buenas Prácticas Ambientales para su uso en el Campus Occidental de la Universidad Tecnológica Equinoccial*”. Recuperado el 20/06/20 de: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/13905/1/65027_1.pdf
- Velasco, A., Valencia, M., Morrow, S., Ochoa-Herrera, V. (2018). *Understanding the limits of assessing sustainability at Universidad San Francisco de Quito USFQ, Ecuador, while reporting for a North American system*”, International Journal of Sustainability in Higher Education, <https://doi.org/10.1108/IJSHE-04-2017-0054>*
- Vera, P. (2018). *Factibilidad de implementar el uso de recursos renovables para la generación de energía eléctrica en el edificio craidela, Universidad Estatal de Milagro*. Recuperado el 15/06/2020 de: <http://repositorio.unemi.edu.ec/handle/123456789/3898>
- Vilches, R., Dávila, F & Varela, S. (2015). *Determinación de la Huella de Carbono en la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito, Campus Sur. Año base 2012*. Recuperado 20/06/20 de: https://www.researchgate.net/publication/281889179_Determinacion_de_la_huella_de_carbono_en_la_Universidad_Politecnica_Saleciana_sede_Quito_campus_sur_ano_base_2012
- Vizuite, W. (2015). *Diseño de un sistema de recolección y tratamiento básico de agua lluvia para una casa familiar. (Tesis de Pregrado)*. Universidad de las Américas. Quito-Ecuador.
- World Organization Health. (2003). *Domestic Water Quantity, Services, Level and Health*. Extracted from: https://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/WSH03.0

ANEXO A: INFORMACIÓN SECUNDARIA

Tabla 16. Recopilación de información secundaria

Aspecto	Total 2019	Fuente (USFQ)
Consumo energético Cumbayá + Hayek (kWh)	3578380	Área de finanzas
Consumo energético Galápagos (kWh)	145243	Oficina de Galápagos
Gasolina para vehículos Cumbayá (gal)	5189	Área de Mantenimiento y seguridad
GLP planta física Cumbayá (kg)	390	Tejada, V. Área planta física
GLP Gastronomía Cumbayá (kg)	63600	Área de gastronomía
GLP Microbiología (kg)	360	Área de microbiología
GLP Ingeniería Mecánica (kg)	135	Área de mecánica
Consumo de agua Cumbayá (m ³)	32731.6	Tejada, V. Área planta física
Consumo de agua Galápagos (m ³)	1673.8	Salazar, A. (2020). Oficina de Galápagos
Consumo de agua Tiputini (m ³)	401.42	Barriga, C. (2020)
Generación de aguas residuales Cumbayá (m ³)	9998.05	Cárdenas, A. (2019)
Consumo de agua bebederos (gal)	384	Tejada, V. Área planta física
Consumo de agua riego (m ³)	228	Jardinero (Área de planta física)
Diésel para vehículos Cumbayá (gal)	1281	Área de Mantenimiento y seguridad
Diésel para generadores Cumbayá (gal)	380	Tejada, V. Área planta física
Diesel/Gasolina generadores Tiputini (gal)	22039.95	Barriga, C. (2020)

Carga total de refrigerante R410 (kg)	61	Área de Mantenimiento y seguridad
Carga total de refrigerante R22 (kg)	85.24	Área de Mantenimiento y seguridad
Residuos reciclados Cumbayá (kg/año)	23494	Tejada, V. Área planta física
Residuos peligrosos (kg/año)	996	Zambrano, A. (2020).
Número de estudiantes Cumbayá 2019	9257	Calvopiña, C. (2020)
Número de estudiantes Galápagos 2019	141	Cruz, D. (2020)
Número de profesores Cumbayá 2019	621	Calvopiña, C. (2020)
Número de administrativos Cumbayá 2019	564	Calvopiña, C. (2020)
Vuelos usuarios USFQ (número personas que viajaron)	5093	Tapia, C(2020); OPI (2020); OIS (2020)
Base de datos app Pancho Bus (número de ingresos a la app 2019-2020)	437	Tejada, V. Área planta física

ANEXO B: ENCUESTA PANCHO BUS

- ¿Cuáles son tus nombres y apellidos? ¿Cuál es tu correo electrónico de la USFQ?

Esta pregunta se realizó con el fin de tener una base de datos específica de los usuarios.

- ¿Cuál es tu rol en la USFQ?

E 83.5% de los usuarios son estudiantes, 3.2% profesores y 12.55% administrativos.

- ¿Cómo llegabas a la USFQ antes del Pancho Bus?

De toda la muestra: 208 se movilizaban antes en bus, 68 en auto compartido/dragon pool, a 67 los iban a dejar, 59 utilizaban uber/cabify, 55 iban en sus propios autos, 26 en taxi, 3 caminaban/bicicleta, 2 en moto y 4 en otros.

- ¿Qué ruta de la USFQ tomabas?

Las rutas más utilizadas fueron las del sector del San Luis Shopping (21.6% usuarios) y sector “El Bosque” (21.3% usuarios). Luego, un 19.2% de usuarios desde urbanización El Condado. A continuación, 11.8% usuarios desde Carcelén y 9.02% desde Lumbisí/Cumbayá. Finalmente, desde El Atahualpa el 7.5% de los usuarios y 5.5% desde Tumbaco. También, el 4.3% de los usuarios utilizaba el servicio para moverse desde el campus al Hospital de los Valles.

- De la ruta seleccionada en la pregunta anterior, ¿en qué horarios usabas el recorrido?

La mayoría de los usuarios (184) utilizaban el recorrido en el horario de las 17h30, mientras en el de las 7 am eran 158 personas y en trayecto del campus al Hospital de los Valles 50 personas.

- ¿En qué otro horario te gustaría esté disponible la ruta que tomas?

La mayoría de los encuestados coinciden en dos horarios, uno tarde y otro de mañana. El de la mañana a las 8-9 am y en la noche a las 7-8 pm.

- Selecciona los días de la semana en los que usualmente tomaste la ruta de Pancho Bus seleccionada:

De los 4 días de recorrido (lunes-jueves), el jueves es el día con más usuarios (196) y el lunes con menor cantidad de usuarios (191).

- Si sólo usaste el Pancho Bus en ciertos días, ¿qué medio de transporte utilizaste en aquellos días en los que no lo tomaste?

De toda la muestra: 165 como alternativa se movilizaban en bus, 58 en auto compartido/dragon pool, a 49 los iban a dejar, 43 utilizaban uber/cabify, 41 iban en sus propios autos, 12 en taxi, 4 caminaban/bicicleta y 2 en otros.

- ¿Por qué escogías tomar el Pancho Bus?

Las razones principales (en orden descendente) son: Ahorrar dinero, transporte más seguro, ahorrar tiempo, no tienen tarjeta de estacionamiento USFQ, no disfrutaban manejar, otras razones y para conocer gente nueva.

- ¿Cómo calificas tu experiencia con el servicio del Pancho Bus?

En promedio, la calificación fue de 3.5/4.

- ¿Qué factor era el más importante en tu decisión del mecanismo de transporte que tomabas desde/hacia la USFQ?

Los dos factores más relevantes fueron seguridad (50.2% de los usuarios) y dinero (26.3%). Seguido por tiempo (22%). Sólo 1 usuario denominó a salud como un criterio importante. Un 1.2% de los votos fue para la sección de otros.

- ¿Seguirías utilizando el Pancho Bus cuando se reanuden las actividades de manera regular en el campus?

El 89.8% aún utilizará el servicio, el 9.4% no lo usaría y el 0.8% está indeciso.

- Si respondiste sí a la pregunta anterior, ¿estarías dispuesto a pagar por este servicio si tendría un costo?

El 46.7% sí estaría dispuesto a pagar, el 43.1% restante no.

- ¿Qué factor es el más importante en tu decisión del mecanismo de transporte que tomas desde/hacia la USFQ cuando se reanuden las clases presenciales (durante/post COVID-19)?

Los dos factores más relevantes fueron seguridad (38.4% de los usuarios) y salud (25.1%). Seguido por dinero (18.4%) y tiempo (15.7%). Un 2.4% de los votos fue para la sección de otros.

- Alguna sugerencia/recomendación para el servicio de Pancho Bus

Se recolectaron 135 sugerencias de los usuarios para el mejoramiento del servicio.

ANEXO C: ENTREVISTAS PROFESORES INA

Las primeras cuatro preguntas fueron generales a todos los expertos. A partir de las mismas, se hicieron otras más específicas según sus áreas de experticia (5-8).

Tabla 17. Resumen de respuestas de los profesores INA

Preguntas	Respuestas
1.¿Cuáles creen que son los impactos ambientales más significativos en la USFQ?	Energía, transporte, gestión de residuos y agua.
2. ¿Por qué crees que es más importante ese impacto que los demás? ¿Por qué se aplica a nuestro contexto, en Cumbayá?	Dentro de transporte, ya se han buscado soluciones. El consumo energético por miembro es el más alto en Ecuador, pero más bajo en comparación con Norteamérica. Desde los usuarios, lo más importante es la generación de residuos (mala separación).
3. y 4. ¿Cómo crees que se puede medir/evaluar a corto y largo plazo?	Con acciones de mejora continua (consumos)y campañas de concientización/educación para mejorar la gestión de residuos en la USFQ. A largo plazo, se podría hablar de edificios sostenibles y paneles solares.
5.¿Cuál crees que es un porcentaje real/óptimo alcanzable de energía renovable propia?	Hay que trazar metas para suplir la demanda energética de la universidad. Entre un 3 a 10% se podría reducir.
6.STARS: ¿Qué piensas que se podría editar/ajustar en energía para que sea viable en nuestro contexto?	Hacer <i>benchmark</i> en Sudamérica con las mismas condiciones y evaluar las acciones que se han implementado y tratar de insertarlas en nuestro país.
7.STARS: ¿Qué porcentaje podría tratar una planta de tratamiento piloto? ¿Qué falta para ponerla en acción?	Realizar un plano hidrosanitario. En 2 años se podría hacer un tratamiento preliminar, para reducir a la mitad el agua residual que se genera.
8. ¿Cuáles crees que son los ejes de trabajo en para contribuir a la mitigación y adaptación al cambio climático?	Estimar la huella de carbono año a año. Actividades relacionadas al transporte (fomentar el uso de pancho bus), actividades de eficiencia energética y evaluar la posibilidad de utilizar fuentes renovables (paneles solares).

ANEXO D: “UN DÍA EN UN CAMPUS SOSTENIBLE USFQ”

A continuación, se mencionan varias de las ideas recopiladas de los videos de los estudiantes de la USFQ. Es importante mencionar que varias de estas fueron mencionadas más de una vez.

- Lo óptimo fuera vivir cerca pero como no es posible, me gustaría que extiendan las rutas del Pancho Bus para no tener que utilizar el carro. También me gustaría que el Pancho Bus pueda llevar bicicletas para ir hasta la parada en bicicleta.
- Hay demasiado desperdicio de alimentos en los restaurantes y cafeterías. Se debería hacer compostaje en la universidad con estos residuos de alimentos y con los restos de jardinería.
- Hay muchos árboles de alimentos en la universidad: Guayabas, limones, aguacate, entre otros. Se debería informar a los estudiantes la ubicación de los mismos para que aprovechen sus frutos. Tal vez generar una infografía sobre plantas comestibles en la USFQ.
- Se debería hacer un huerto en la USFQ. Construido por un equipo multidisciplinario.
- Se debe darle más importancia a lo que se hace en el D-Lab. Más fondos. Más involucramiento.
- Otorgar incentivos a personas que utilicen opciones de transporte renovables.
- Teletrabajo un día a la semana o dos.
- Incentivos en el “No sea malito” en eliminación de cubiertos de plástico.
- Capacitación sobre separación de residuos tanto a los estudiantes USFQ como al personal de limpieza.
- Para arquitectura y arte: “Stand de materiales reciclados” de los que no fueron utilizados. Para que los demás aprovechen los residuos de los otros.
- Para arquitectura: Convenio con “sketchbooks” de papel reciclado.
- Exista un recorrido como dragon pool, pero de carros eléctricos.
- Cubículos al aire libre hechos de materiales reciclados dentro de la universidad como madera y plástico.

- Implementar paneles solares, y mesas con paneles solares en las áreas verdes.
- Los alimentos ofrecidos en los puntos de venta de la USFQ sean en base a productos locales.
- Existan dispensadores de jugos para no promover el consumo de botellas de plástico.
- Bolsas de sándwiches y *wraps* de cera de abeja o que cada uno lleve sus envases retornables al momento de consumir los mismos en los locales de la USFQ.
- Mejorar y apoyar la tecnología para disminuir el uso de cuadernos y hojas de papel.
- Apoyar negocios sustentables locales y su implementación en la universidad.
- Existencia de tazas y cubiertos retornables en la cafetería.
- En las cabinas de piano del coliseo, que no sea aire central porque no hay control en su uso y siempre están prendidos.
- Exista transparencia sobre sistemas de recolección de residuos para incentivar a los estudiantes.
- Los jardines de la USFQ tengan plantas nativas.
- Existencia de un sistema de recolección agua lluvia.
- Implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales in-situ.
- Establecer política para que la separación de residuos sea obligatoria.

ANEXO E: APROXIMACIÓN EMISIONES GEI ASOCIADAS AL SERVICIO DEL PANCHO BUS

Emisiones totales Pancho Bus

Se cuantifica las emisiones generadas por el servicio de Pancho Bus, que entró en operación el año 2019 desde el 2 de septiembre hasta el 19 de diciembre.

Asunciones:

- Funcionamiento: de lunes a jueves
- Días recorridos en el 2019: 40
- Eficiencia de motor a bus: 13.8 MPG (millas por galón) (Naciph, et al., 2013)

Con esto en consideración, se determinó los kilómetros recorridos para las nueve rutas que realiza el Pancho Bus, omitiendo la ruta 3, (Hospital de los Valles-Universidad San Francisco de Quito) porque esta ruta no traslada a los estudiantes a desde/hacia su hogar. Con los kilómetros recorridos y haciendo uso de la eficiencia del motor se determinó el consumo de combustible en galones de cada ruta y a partir del poder calorífico, densidad del diésel y los factores de emisión y potencial de calentamiento global de CO_2 , CH_4 y N_2O ; se determinó las emisiones totales del Pancho Bus. Siendo estas un total de $4.38 t CO_{2-eq}$ en el semestre de operación del 2019.

Emisiones ahorradas por la implementación de Pancho Bus

Se cuantificó las emisiones ahorradas por el uso del Pancho Bus, mediante la metodología utilizada por Pérez, que se basa en lo propuesto por Naciph y otros en 2013. Para esto, se determinó la cantidad de personas que en promedio utilizan el servicio del bus en este período de tiempo, un total de 115 personas, a partir de la información recopilada por el área de planta física. Para determinar cuántos estudiantes y profesores usan este medio de transporte se utilizó los porcentajes de la encuesta de Pancho Bus y con esta información se ajustó el número de estudiantes y profesores/administrativos a la población total de 115 usuarios.

Y a partir de este número definido, se distribuyó a ambos grupos (estudiantes y profesores/administrativos) en los medios de transporte que frecuentaban antes del Pancho Bus (auto propio, auto compartido, uber o moto). Se estimó las emisiones de GEI que dejaron de producirse cuando los usuarios cambiaron su modalidad de transporte, restando las emisiones de un escenario “pre Pancho Bus” de otro con las emisiones desplazadas de cada uno de los cuatro “tipos de transporte” que se mencionó anteriormente. A este número se les sumó las emisiones asociadas a las rutas del Pancho Bus durante un semestre. El resultado fue de $8.88 \text{ t CO}_2\text{-eq}$, que representa un porcentaje del 0.7% de reducción de emisiones de GEI asociadas al transporte por semestre.

ANEXO F: ESTIMACIÓN DEL CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES

Generación de aguas residuales (ubicación puente Paseo San Francisco):

En base a la caracterización del efluente de aguas residuales por Cárdenas (2020) y su equipo de trabajo, realizada en 20 de enero del 2019, se estima el área bajo la curva de los caudales respectivos entre 8:30 am a 5 pm. Y así, se obtiene el volumen de agua producida en este período de tiempo. Para el resto de las horas, se estiman los caudales en relación con la cantidad de personas en el campus (esta información se obtiene de la página de la USFQ de horarios de clases del segundo semestre 2018-2019). En total de 8:30 am a 5:30 hay un promedio de 6840 personas cada hora y media. Un acumulado entre 7 am a 7 pm es de 11 476 alumnos/profesores según la cantidad y el aforo de las clases planteadas.

Para los turnos de noche, los domingos y los días festivos se considera lo mencionado en la encuesta con seguridad (Anexo H) en complemento con el horario académico de la USFQ; se adiciona un porcentaje de fugas (Velasco, 2017) y se obtiene un total de 123.6 m^3 en el 2019. Durante 211 días de clases al año (se asume que viernes y sábado juntos representan un día laborable), el volumen de agua residual es de $998.05 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$.

ANEXO G: IMPACTO DE VISITAS EN CAMPUS CUMBAYÁ USFQ

- Visitantes

De la información recopilada por el área de mantenimiento y planta física se conoce que al año la universidad recibió 162081 visitas, para transformar esas visitas a mes se consideró que un año académico tiene 10 meses, como resultado: al mes se recibe 16208 personas y al día 772 visitas, tomado en cuenta que un mes tiene 21 días laborables. Parte de la información que se recopiló, indica que la universidad coordina 20 eventos a la semana, 80 al mes. Con esta información, se asume que las personas permanecen en la universidad un promedio de 5 horas por los eventos al día. Además, se incluye a las personas que visitan la universidad por temas de: trámites en las áreas administrativas y reuniones. En este caso se asume una estancia de 2 horas en promedio.

- Agua

Para estimar el impacto de las visitas en temas de agua, se asumió que de las 772 personas/día que recibe la universidad, el 40% (309) corresponde a las visitas que pasan en promedio 2 horas y 60% (463) a las personas por evento. Para el primer caso se considera que únicamente van al baño una vez al día, mientras que, para el segundo caso, las personas van 2 veces al baño. Además, se utilizó la cantidad de m^3 por descarga reportado por Velasco, 2017.

Tabla 18. Anexo G1: Cantidad de agua descargada según distintos tipos de baños

m^3/descarga	m^3 por 20 segundos	m^3/descarga
Uso del baño	Uso del lavamanos	Uso del urinario
0.006	0.0017	0.002

Fuente: Velasco, 2017.

A partir de los datos de la tabla 18, se determinó el consumo en m^3 /día que utiliza las visitas. Considerando que la población de visitantes es 50% masculina y 50% femenina.

Consumo de agua masculino:

$$\text{Visitas de 2 horas} \times 50\% \times (ul + ur) \times f \quad [ec 8]$$

$$\text{Visitas de 5 horas} \times 50\% \times (ul + ur) \times f \quad [ec 9]$$

Consumo de agua Femenino:

$$\text{Visitas de 2 horas} \times 50\% \times (ul + ub) \times f \quad [ec 10]$$

$$\text{Visitas de 5 horas} \times 50\% \times (ul + ub) \times f \quad [ec 11]$$

Donde:

ul: cantidad de agua descargada por uso de lavamanos

ur: cantidad de agua descargada por uso del urinario

ub: cantidad de agua descargada por uso del baño

f: frecuencia del uso del baño al día de las visitas (2 horas: 1 vez/ 5 horas: 2 veces)

$$\text{Consumo total} = \Sigma (\text{consumo masculino} + \text{consumo femenino}) \times (21) \times (10) \left[\frac{m^3}{\text{año}} \right] \quad [ec 12]$$

$$\text{Consumo total de visitas} = 1509.5 \left[\frac{m^3}{\text{año}} \right]$$

$$\text{Porcentaje de consumo anual (\%)} = \frac{\text{Consumo anual de visitas}}{\text{Consumo anual población USFQ}} \times 100 \quad [ec 13]$$

$$\text{Porcentaje de consumo anual de visitas} = 4.61\%$$

- Generación de residuos

Para estimar la cantidad de residuos, se asumió que, del total, 162081 visitas, el 40% (64832.4) y el 60% (97248.6) corresponden a visitas de 2 horas y 5 horas respectivamente. Además, se consideró que los visitantes de 2 horas consumen únicamente un snack promedio y un desayuno, mientras que los visitantes de 5 horas consumen los 3 desechos de la tabla 19.

Tabla 19. Anexo G2: Pesos de residuos de alimentos dentro del campus Cumbayá

Desechos	Descripción	Peso (kg)
Snack promedio	Botella plástica, enfundado, cartón <i>to go</i> , servilleta	0.05
Desayuno <i>to go</i>	Vaso café, recipiente frutos secos, manzana	0.0217
Almuerzo promedio	Pescado, frijol, tomate, cebolla, arroz, cake	0.01875

A continuación, se determina la cantidad de residuos que cada tipo de visitante consume al año.

- Cantidad de residuos por visitas de 2 horas:

$$\Sigma[(\text{peso snack} + \text{peso desayuno}) \times \text{visitas de 2 horas}] \quad [\text{ec 14}]$$

- Cantidad de residuos por visitas de 5 horas:

$$\Sigma[(\text{peso snack} + \text{peso desayuno} + \text{peso de almuerzo}) \times \text{visitas de 5 horas}] \quad [\text{ec 15}]$$

$$\text{Total} = \Sigma (\text{residuos visitas de 2 horas} + \text{residuos visitas de 5 horas}) \left[\frac{\text{kg}}{\text{año}} \right]$$

$$\text{Porcentaje de residuos totales} = \frac{\text{residuos de visitantes} \left(\frac{\text{kg}}{\text{año}} \right)}{Rt \left(\frac{\text{kg}}{\text{año}} \right)} \times 100 \quad [\text{ec 16}]$$

Donde:

$$Rt: \text{Residuos orgánicos} + \text{cartón} + \text{plásticos mix} = 84028.75 \left[\frac{\text{kg}}{\text{año}} \right]$$

Los resultados totales de residuos son de $1344.6 \left[\frac{\text{kg}}{\text{año}} \right]$, equivalente a 16%

ANEXO H: ENTREVISTA A ENCARGADO DE ÁREA DE SEGURIDAD

- ¿Cuáles considera son los impactos ambientales más significativos en la USFQ?

No se sabe reciclar en la universidad. Y aún tenemos generadores que funcionan con diésel.

- ¿Crees que los visitantes tienen un impacto ambiental dentro de la USFQ?

Esa es información intangible. Sin embargo, los visitantes hacen lo que se les indica. Aproximadamente cada semana hay entre 20 y 25 eventos entre charlas y simposios de distintos tamaños. Creería que el 90% de los que asisten son personas externas a la USFQ.

- ¿Cuáles son los mayores impactos cuándo los estudiantes no están?

Cuando no están los estudiantes, están los guardias. Siempre están los guardias (15 guardias todas las noches). Se hizo esfuerzos para que separen e identifiquen sus residuos. Sin embargo, no fue posible por falta de educación. También se preserva siempre la vida útil de los motores de los vehículos y se analiza que tengan una combustión adecuada.

Normalmente, hay entre 70-80 personas cuando no hay clases. Desde que inició la pandemia, hay aproximadamente 40 personas diariamente entre personal de limpieza, jardinería y guardias.

- ¿Cómo cree que se podría mejorar el servicio del Pancho Bus? ¿Qué tan usados son los parqueaderos de bicicletas?

El Pancho Bus es un éxito porque disminuye el tráfico fuera de la USFQ y no tuvimos accidentes de ningún tipo. Creo que se deben incrementar las unidades porque siempre están repletas. Hay buses con capacidad entre 30-35 personas y otro con capacidad de 17 personas.

En cuanto a los parqueaderos, hay capacidad para 20 bicicletas, y usualmente hay 15 bicicletas cada día. Se las cuida con una tarjeta que se entrega al dejarlas.

- ¿Cómo se controlan las luces prendidas en las noches?

En las zonas de uso común tenemos luces que se encienden con automáticamente a las 10 pm como los postes en los cuadrángulos. Cuando los guardias hacen rondas por sectores determinados, se

van prendiendo y apagando las luces. En el Maxwell hay luces con cronómetro que se encienden a las 6 pm y se apagan 7 am (parqueaderos).

- ¿Qué cambió con la pandemia?

Todo se redujo. Hay $\frac{1}{4}$ del personal de limpieza, $\frac{1}{2}$ del personal de mantenimiento y $\frac{1}{4}$ de seguridad. Se apagaron todas las luces que no son automáticas. Prácticamente sólo funciona el laboratorio de microbiología. Se implementó un nuevo generador.

- ¿Consideras que su equipo estaría interesado en formar parte de un comité de sostenibilidad?

Si. En la actualidad tenemos un plan “cero riesgos”, donde se llenan formularios con novedades que no podemos ver todos como son las fugas. Llevamos un año y medio trabajando con esta metodología.

ANEXO I: ENTREVISTA A ENCARGADO DE PLANTA FÍSICA

- ¿Cuáles considera son los impactos ambientales más significativos en la USFQ?

Controlar que las áreas verdes tengan un buen mantenimiento. Se les debe hacer una buena fumigación. A veces toca eliminar un árbol y nos reclaman. También se debe agregar un buen abono. Cuando se hace mantenimiento de áreas verdes hay dos tipos de residuos: Ramas grandes que se eliminan cada semana por fundas y se envían al relleno sanitario. Y el otro tipo, son las hojas nos sirven para realizar abono. Por el lado del puente (cancha de césped) depositamos hojas y ponemos en un hueco para que se conviertan en abono. Aportamos solo con una parte del abono, lo demás se compra.

- ¿Cómo funciona el tema de desechos?

Eliminamos desperdicios de construcciones, tablas, cambio de interruptores todo esto se lo elimina los viernes a las escombreras del municipio.

- ¿Qué cambios ha evidenciado desde que inició la pandemia?

En el área de limpieza por el momento hay un incremento de ciertos productos como gel, jabón líquido, papel toalla y alcohol. Se han incrementado los dispensadores de estos en varios sitios. Como no hay visitas, el consumo de agua y electricidad es menor. Nos ayudó mucho para hacer la desinfección de cisternas, paramos el consumo de agua por un tiempo (finales de marzo, primeros días de abril).

- ¿Cómo funciona el tema de limpieza en relación con el agua consumida?

Controlamos el mantenimiento de las instalaciones de agua (dos veces al año hacemos desinfección y limpieza de cisternas).

- ¿La laguna tiene fugas?

La laguna tiene 3 niveles de piscinas. En la piscina frente a la pagoda, ahí si se baja el nivel del agua. La base está bien, pero hay problemas en el contorno de la piscina producto de la vegetación

aledaña. Las raíces han dañado la base. Tenemos una marca, para ingresar agua a la laguna a través de varias mangueras. El agua se trata con una planta de la laguna, es un filtro natural.

- ¿Dónde están ubicados los efluentes de aguas residuales?

Además del que está debajo del puente, por la cancha de césped, hay otro efluente de agua que está ubicado debajo del Maxwell, por el obelisco y por el cuarto acopio de desechos. Es un colector de aguas servidas. Van algunas aguas de la universidad.

- ¿Consideras que su equipo estaría interesado en formar parte de un comité de sostenibilidad?

Alguien de planta física debe participar porque siempre los primeros días todos estamos vigilando después nadie se acuerda y eso está muy lleno (refiriéndose a los tachos de reciclaje). Si en el comité alguien nos ayuda, se personaliza hasta al final del proyecto.

ANEXO J: ENTREVISTA A ENCARGADA DE SOSTENIBILIDAD GM-OBB

- Para estar en la categoría zero waste, se debe demostrar que menos del 1% de los residuos generados se envían a rellenos sanitarios. ¿Qué estrategias han implementado ustedes para llegar a ser zero waste?

Hay varias metodologías por país. Difieren un poco de la nuestra, donde el 1% es el subproducto de procesos de reciclaje y revalorización (disminuir la cadena de reciclaje). Hay que darle seguimiento a donde llega el material: el aprovechado y el subproducto.

Primero, se debe iniciar con un mapeo sobre qué generamos, en qué cantidad, los tipos y los puntos de generación. Luego, buscar alternativas de reducción y minimización. También, poniendo metas progresivas, en términos viables.

- ¿Cómo se obtienen beneficios por la ordenanza metropolitana 175?

Reduciendo en porcentajes de generación de residuos y se recibirá un incentivo en base a estos porcentajes de reducción.

- El 100% de los residuos orgánicos son enviados para compostaje y producción de abono. ¿Cómo se organiza la recolección en el comedor para que el proceso de compostaje y abono no se vea afectado por otros factores?

El proceso de compostaje si se tratan servilletas porque es celulosa si carece de tinturado y similares. En el comedor tenemos unos canales donde separamos cubiertos y vajilla. El personal del comedor se encarga de retirar restos de comida antes de lavar la vajilla.

Trabajamos con la gente para hacerles entender que no se desechan los orgánicos con funda. Si no, que se debe poner los residuos orgánicos en un tacho separado. No tenemos en planta un sistema para separar eso, es más un tema cultural. Se debe añadir señalética adecuada y continua. Tenemos una eco isla (basura común), donde los residuos son separados por el proveedor fuera de la planta. Ahí se da una separación más fina.

También tenemos un esquema de “*lunch to go*”, dónde están frutas con cáscaras comestibles, y *wraps/sándwiches* en papeles encerados (en reemplazo del plástico).

- El 98% de los residuos considerados peligrosos son usados para generar energía en hornos cementeros del Ecuador. ¿Están incluidos aceites y lubricantes?

Trabajamos con un sistema de recolección de aceites usados a nivel nacional. Es una responsabilidad extendida. El aceite es refinado y se vuelve a convertir en materia prima. Se implementaron facilidades para su recolección.

- Los vasos de celulosa y espuma flex son tratados por el gestor ambiental Resiplast y convertidos en pellets y re-uso como materia prima. ¿A dónde se envía el resto de los residuos reciclables como papel y cartón?

Trabajamos con “AV.CORP.”, lo ideal es manejar con un solo gestor sus residuos. La espuma flex es difícil de tratar porque se compacta hasta aproximadamente 100 veces su volumen. Por esto, se eliminó todo el espumaflex y celulosa de la planta. En relación con el cartón, se reutiliza de primera mano a nivel doméstico, en volúmenes más pequeños tienen puntos de venta como “kiwi artesanal”.

- ¿Qué se hace con los desechos de metales (carrocería) y latas de aluminio (pintura)?

Se encarga AV.CORP.

- ¿Qué se hace con el papel higiénico usado? ¿Toallas sanitarias?

El papel higiénico no está normado como tal en la legislación. El volumen es representativo, pero en peso no tanto. Todo lo que se genera en baños lo enviamos con Hazwat (Guayaquil) a incineración.

- Sobre las campañas de reciclaje dentro de la institución ¿algún consejo para lograr que el mensaje llegue a todos los miembros y funcione en varias áreas?

Hicimos algunas cosas. Depende mucho del comportamiento de la gente. Pusimos señaléticas rojas en áreas donde había problemas de segregación de residuos. Los hacíamos quedar mal. Se

recomienda distribuir responsabilidades sobre recolección de residuos (micro gerenciamiento, seguimiento, acompañamiento, generar iniciativas por facultad). Hay que llamar la atención con algo que les afecte a los involucrados. En ciertas ocasiones, los sancionamos, no les retiramos la basura por unos días.

- Alguna recomendación para que una universidad pueda ser cero basura en el contexto de Quito.

Se deben hacer mapeo para tener visibilidad. Hay un montón de cosas que a la gente le importa. A algunos les importa la parte económica, a otros la salud y a otros el ambiente.

ANEXO K: ENTREVISTA/CONVERSATORIO CON JUAN SEBASTIÁN PROAÑO

Entre las ideas más importantes sobre eficiencia energética mencionadas están:

- Actualmente hay un grupo de 5 estudiantes que están colaborando en este análisis.
- Antes de la pandemia se pagaba entre \$28 000 - \$30 000 según el medidor más significativo. En la pandemia, el gasto disminuyó a \$18 000 aproximadamente. El ahorro por la ausencia de estudiantes es aproximadamente de \$8 000.
- Se ha solicitado un análisis de balance de cargas en transformadores, sin embargo, aún no se realiza. Para poder obtener una reducción en la tarifa (ya que actualmente estamos pagando como categoría comercial), debemos saber con claridad dónde estamos gastando más luz.
- Se ha identificado grandes consumidores, los equipos conectados todo el tiempo. Y se estableció un “top 8” de equipos que más consumen, como las cámaras de vigilancia.
- Un sistema de gestión de energía es esencial antes de cualquier otro cambio, para que no se desperdicie la energía renovable (si aplica). Establecer políticas energéticas, tener un plan y asentar cabeza. Por ejemplo, sólo comprar computadoras eficientes.
- Si se ahorra energía, se debe tener un fondo que después sirva como inversión para un equipo de calidad de energía. Una idea también es un sistema de monitoreo en vivo que transmite los consumos de la USFQ a tiempo real.
- Se debe demostrar a las autoridades que se puede mejorar sin invertir un centavo.
- Ideas para mejorar:
 - Identificar consumos significativos, analizar conexiones de medidores.
 - Ampliar el monitoreo, más allá de las facturas y crear una estrategia de reemplazo tecnológico.

ANEXO L: DATOS DE UNIVERSIDADES Y ÓPTIMOS UTILIZADOS EN BENCHMARK DE INDICADORES

Tabla 20. Anexo L1: Datos de universidades y óptimos para benchmark

Universidades/ Indicadores	Energía (kWh/m²)	Acción climática (t CO₂ eq /año)	Residuos (kg/usuario)	Residuos (%)	Agua (m³/persona)
UDLA Colón (Leyva, 2017)	137.9	-	-	-	-
Universidad Unión del Perú (Jaimes, 2019)	92.0	2480	-	-	-
UTE(Vásconez, 2015)	26.6	-	-	-	2.1
PUCE (Melo, 2016)	19.2	1747	-	-	-
UPS Sur (Vilches., et al. 2015)	10.1	226	-	-	-
UPS Sur (Ortiz, 2018)	12.8	-	-	-	1.5
UPS Cuenca (Guamán e Illares, 2019)	-	-	-	-	4.1
Universidad de Córdoba (Contreras y Torres, 2014)	-	-	-	-	4.8
Universidad de Nariño (Burgos y Figueroa, 2014)	15.7	-	-	-	2.2
PUCP (PUCP, 2016)	50.6	2942	-	-	-
ESPE (Melo, 2016)	-	1286	-	-	-
ESPOCH (Colcha y Guevara, 2017)	-	791	-	-	8.2
St. Lawrence College (STARS, 2016)	-	-	72.6	51	-
Santa Rosa Junior College (STARS, 2017)	-	-	85.0	35	-
Cascadia College	-	-	1.7	56.5	-

(STARS, 2017)					
Universidad Autónoma de Tamaulipas (STARS, 2016)	-	-	26.5	14.2	-
Universidad de Monterrey (STARS, 2017)	-	-	27.2	7.1	-
Raritan Valley Community College (STARS, 2019)	-	-	107.8	39.3	-
Bow Valley College (STARS, 2018)	-	-	30.2	64.3	-
Consumo mínimo (WHO, 2003; Johnson, 2018)	0.14	-	1	99	0.0025

ANEXO M: BALANCE DE MASA DE AGUA

El siguiente fue realizado con el fin de comprobar si el indicador # 8 de la batería de indicadores propuesta (Agua residual generada (m³) con relación al agua consumida (m³) por año) era coherente con todos los ingresos y salidas de agua que tiene el campus Cumbayá. Adicionalmente, se utilizó los flujos resultantes para el posterior análisis de aprovechamiento de agua lluvia (Anexo N, sección I).

Se utilizó la siguiente ecuación del balance de masa:

$$\textit{Acumulación} = \textit{Entradas} - \textit{Salidas} + \textit{Generación} - \textit{Consumo} \quad [\textit{ec 17}]$$

(Coulson, et al, 2004, p. 32)

Se identifican los límites del sistema: Campus Cumbayá (no incluye Hayek). Y se determinan los componentes de la ecuación anterior.

Tabla 21. Anexo M1. Volumen y peso de los componentes del balance de masa

Balance Masa	Actividad	m ³ /año	kg/año
Entrada	Consumo de agua	22911.7	22911700
Salida (Anexo F)	Generación de aguas residuales (Puente)	9998.1	9998050
Consumo	Bebederos	383.5	383492.6
Consumo	Investigación/Laboratorio	22.1	22028.4
Consumo	Cocina/Comida	1832.9	1832936
Acumulación	Riego plantas	228.0	228000
Acumulación	Laguna	1718.2	1718220
Salida	Evapora de laguna	2235.7	1283.3
Salida	Evapora de riego	296,4	170.1
Salida	Limpieza	2219.7	1274.1
Entrada	Precipitación	37052.5	37052498.0
Salida	Escorrentía	32847.6	32847628.5
Salida	Generación de aguas residuales (Maxwell)	8727.7	8727698.9

El volumen anual de cada sección se estima particularmente como se muestra a continuación. Sin embargo, estos volúmenes son transformados a masa mediante el valor de la densidad del agua 1000 kg/m³ y se aproxima la densidad del vapor de agua en las condiciones de Cumbayá a 0,574 kg/ m³ (considerando una temperatura promedio de 17.5 °C y una presión atmosférica de 0.76 atm) con la ecuación del gas ideal (*Densidad de vapor de agua* $(\frac{kg}{m^3}) = \frac{P}{RT}$) [ec 18].

Entradas

- Consumo de agua total se obtuvo de las planillas proporcionadas, considerando que el 70% pertenece al consumo del campus y el 30% al Hayek (Velasco, 2017).

- Precipitación (mm) se obtuvo en base a los datos proporcionados por la Estación de Mediciones Atmosféricas de la USFQ (EMA, 2020) para los meses de enero-julio y octubre-diciembre 2019 debido a que el pluviómetro no funcionaba durante los meses faltantes por remodelaciones de la EMA. Los meses de agosto y septiembre se aproximan de los datos del INAMHI del medidor ubicado en “La Tola” (2018).

Se obtiene el valor de 34459.2 m^3 de precipitación, considerando 790.1 mm de lluvia en el 2019 y la superficie del campus Cumbayá de 46896 m^2 (Google Maps); mediante la ecuación:

$$\text{Precipitación } \left(\frac{\text{m}^3}{\text{año}}\right) = \text{lluvia anual } \frac{\text{L}}{\text{m}^2} * \text{superficie del campus } \text{m}^2 \quad [\text{ec } 19]$$

Acumulación

- **Agua laguna:** La laguna tiene una superficie de $1145,48 \text{ m}^2$ (Google Maps) y se considera 1.5 m de profundidad. Su volumen es: 1718.2 m^3 .
- **Agua riego:** Se conversó con el jardinero Patricio López son $228 \text{ m}^3/\text{año}$, debido a que sólo se riega en los meses de verano las áreas verdes. Y durante todo el año, la cantidad de agua para las plantas en los interiores de los edificios es mínima.

Salidas

- **Generación de aguas residuales (ubicación puente Paseo San Francisco):**

Se obtuvo como ya se mencionó en el anexo F.

- **Evaporación de la laguna:** Para estimar la tasa de evaporación se utiliza la ecuación 22, considerando 17.5°C como temperatura promedio para temporada de verano y veranillo en Cumbayá.

Considerando:

$$\text{Calor latente de vaporización (J/kg)} = (2500 - (2.36 * \text{Temp (K)}) * 1000 \quad [\text{ec 20}]$$

$$\text{Calor latente de vaporización} = 1814066 \left(\frac{\text{J}}{\text{kg}}\right)$$

$$\text{Radiación neta (W/m}^2\text{)} = \frac{\text{Radiación en diciembre} + \text{Radiación en julio (W/m}^2\text{)}}{2} \quad (\text{Parra, et al, 2019})$$

[ec 21]

$$\text{Radiación neta} \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2}\right) = 1366 \text{ W/m}^2$$

$$\text{Tasa de evaporación (m/s)} = \frac{\text{Radiación neta (W/m}^2\text{)}}{\text{densidad del agua (kg/m}^3\text{)} * \text{calor latente de vaporización (J/kg)}}$$

[ec 22]

$$\text{Tasa de evaporación (m/s)} = 1951.8 \frac{\text{L}}{\text{m}^2 * \text{año}}$$

Mediante una conversión de unidades considerando 1145.5 m² del área de la laguna (Google Maps), se obtiene el volumen que se evapora anual:

$$\text{Volumen que se evapora} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{año}}\right) = 2235.8 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

- **Evaporación de riego:** Se obtuvo del INAMHI, la evapotranspiración potencial del área de Cumbayá es 1300 $\frac{\text{mm}}{\text{año}}$. Se considera los 228 m³ de agua potable utilizada para riego.

$$\text{Volumen que se pierde por evapotranspiración} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{año}}\right) = 296.4 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

- **Agua utilizada en limpieza de superficies que se evapora:** Se obtuvo experimentalmente que para trapear un metro cuadrado de superficie se necesita aproximadamente 0.23 litros de agua. El área de la superficie total que se limpia se la estima como la resta del área de construcción total y las áreas verdes y es 29156.14 m^2 . Se asume que se limpia por lo menos una vez al día de lunes a viernes (331 días al año).

$$\text{Agua destinada para limpieza} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{año}} \right) = 2219.7 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

- Escorrentía: Se estima con Google Maps las superficies de las áreas verdes (8869.9 m^2) y de las áreas de construcción (38026.1 m^2) en la USFQ. Asimismo, se consulta los coeficientes de escorrentías en ambos casos 0.4 y 1 (Almazán, s/f) respectivamente. Considerando los 790.1 mm de lluvia en Cumbayá:

$$\text{Escorrentía} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{año}} \right) = (\text{Área verde} * 0.4) + (\text{Área construcción}) * \text{Lluvia 2019} \quad [\text{ec 23}]$$

$$\text{Escorrentía} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{año}} \right) = 30548.6 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

- Generación de aguas residuales (Maxwell):

No se ha caracterizado este efluente. Por esta razón, se asume es el valor resultante del balance de masa específicamente del agua potable. Es decir, para que las *Entradas* = *Salidas* + *Consumos*. El total es $8727.7 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$.

Consumos

- Bebederos: Esta información fue proporcionada por la universidad.

- Investigación/Laboratorios: Se estima a partir de lo propuesto por Velasco (2017) en la cantidad de agua requerida por los laboratorios a la semana. Sin embargo, se asume que sólo un 20% (para química, microbiología e ingeniería ambiental) y 40% (nutrición e ingeniería de alimentos) del agua utilizada que no se convierte en agua residual.
- Cocina/Comida: Según EPA en Velasco (2017) el 28% del agua consumida en edificaciones se da en la cocina. Sin embargo, se conversó con el chef Claudio Ianotti, que mencionó que aproximadamente el 20% de este porcentaje se utiliza específicamente en la preparación de alimentos.

ANEXO N: ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO

Los análisis costo/beneficio forman parte de la etapa 2 de prefactibilidad con el fin de evaluar si la actividad es económicamente viable para la USFQ (además de los beneficios ambientales). Se recomienda se repita el ejercicio, un análisis de factibilidad, con valores más específicos y técnicos para cada una de las actividades.

N.I Agua lluvia

Tabla 22. Anexo N1: Especificaciones realizadas en el análisis costo-beneficio para recolección agua lluvia

Demanda de agua para riego y limpieza anual	1917.9 m ³ /año
Demanda de agua para riego y limpieza mensual	160m ³ /mes
Techo A (arquitectura)	1492.7 m ² (Google Maps)
Techo B (Da Vinci)	1565.4 m ² (Google Maps)
Precipitación 2019	790.1 mm (EMA, 2020; INAMHI,2018)
Precio del agua potable 2019	0.9996 \$/m ³

Para analizar si estos dos techos son suficientes para abastecer la demanda establecida, se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Demanda de agua para riego y limpieza anual } \frac{m^3}{\text{año}} \leq \frac{\text{superficie del techo (m}^2\text{)} * \text{precipitación 2019 } \left(\frac{L}{m^2}\right)}{1000\left(\frac{L}{m^3}\right)} \quad [ec 24]$$

Se obtiene que ambos techos tienen la capacidad de recolectar 2416.1 $\frac{m^3 \text{ de lluvia}}{\text{año}}$, siendo la demanda 1917.9 $\frac{m^3 \text{ de agua}}{\text{año}}$. Se prefiere obtener un volumen mayor que el necesario por cualquier falla en la recolección.

Para estimar los beneficios económicos, se utiliza la siguiente ecuación:

$$\frac{\text{Dólares}}{\text{ahorrados año}} = \text{agua potable 2019 } \left(\frac{\$}{m^3}\right) * \frac{\text{área del techo (m}^2\text{)} * \text{precipitación 2019 } \left(\frac{L}{m^2}\right)}{1000\left(\frac{L}{m^3}\right)} \quad [ec 25]$$

Y estos son \$2415.2 anuales por la disminución del consumo de agua potable de la red al recircular el agua de la lluvia para dos sectores específicos dentro de la USFQ.

Para estimar el volumen de los tanques para el almacenamiento del agua de la lluvia, se analiza la precipitación mensual, el área del techo, el factor de esorrentía de las mismas (se obtiene del manual ATHA de Almazán, s/f), la esorrentía, la esorrentía acumulada, la demanda mensual (160 m^3 necesarios para limpieza y riego al mes) (Anexo M), la demanda acumulada, la diferencia y la relación entre esorrentía acumulada y la demanda mensual. Se emplean las siguientes ecuaciones:

$$\text{Esorrentía (m}^3\text{)} = \frac{\text{Precipitación } \left(\frac{\text{L}}{\text{m}^2}\right) * \text{área (m}^2\text{)} * \text{factor de esorrentía}}{1000 \frac{\text{L}}{\text{m}^3}} \quad [\text{ec 26}]$$

$$\text{Esorrentía acumulada (m}^3\text{)} = \text{Esorrentía mes actual (m}^3\text{)} + \text{esorrentía mes anterior (m}^3\text{)}$$

$$\text{Demanda acumulada (m}^3\text{)} = \text{Demanda mes actual (m}^3\text{)} + \text{demanda mes anterior (m}^3\text{)}$$

$$\text{Diferencia (m}^3\text{)} = \text{Esorrentía acumulada (m}^3\text{)} - \text{demanda acumulada (m}^3\text{)}$$

$$\frac{AR}{D} = \frac{\text{Esorrentía acumulada (m}^3\text{)}}{\text{Demanda mensual (m}^3\text{)}} \quad [\text{ec 27}]$$

Se establece un valor máximo de recolección mensual para cada techo. Para el techo del Da Vinci el máximo mensual es 1.41 m^3 y del techo de arquitectura 1.34 m^3 . En base a esto, se seleccionan tanques de almacenamiento de 2 m^3 .

Los costos de inversión se establecen asumiendo que se utilizará la infraestructura existente de canaletas para desviar el agua lluvia hacia unas rejillas en el suelo. Sin embargo, estas serían redireccionadas hacia los tanques de almacenamiento. Para eliminar ciertos elementos de mayor tamaño se depositen en los tanques de almacenamiento, se añaden dos filtros primarios (interceptor

de primeras aguas y filtros de sedimentación) (Vizuete, 2015). Es importante mencionar que los costos de los filtros se podrían reducir si este análisis se hace de manera más técnica. Por ejemplo, los alumnos de ingeniería ambiental podrían desarrollar filtros de carbón activado, alumnos de ingeniería civil podrían construir las canaletas faltantes con materiales reciclados, entre otras opciones.

Tabla 23. Anexo N2: Asunciones realizadas para análisis costo-beneficio de recolección agua lluvia

Cantidad	Detalle	Unidad (\$)	Total (\$)
3	Conexión y codo	0.73	2.19
1	Bajante (3 metros)	78.01	78.01
2	Llaves de paso	6.21	12.42
2	Tanques de almacenamiento	340	680
2	Interceptor primeras aguas	60	120
2	Filtro de sedimentación	97.36	194.72

Fuente: (Mercado libre, 2020; PAVCO, 2020; Vizuete, 2015)

Los costos de operación y mantenimiento que se estiman son de \$720 anuales. Se asume que se contrata a una persona a la que se le paga \$60 por verificar cada mes que ambos sistemas de recolección agua lluvia carezcan de escombros provenientes del viento, también que limpien los sedimentos en los filtros, entre otros cuidados requeridos.

N.II Paneles solares

Tabla 24. Anexo N3: Asunciones realizadas para análisis costo-beneficio para paneles solares

Jornada laboral	09h00-17h00
Tiempo (h) que pasa encendido el computador	8
Tiempo (h) que pasa apagado el computador	16

Tabla 25. Anexo N4: Energía utilizada por un computador

Condición	CPU (W)	Pantalla (W)	Energía utilizada (kWh/día-computador)	Total (kWh/mes)	Total (kWh/año)
Encendido	50	18.84	0.551	11.6	115.6512
Apagado	1.5	0.15	0.026	0.8	9.504
Total			0.58	12.4	125.2

Para determinar el consumo de energía de un computador del área administrativa (tabla 25), se asume:

- Encendido: 8 horas al día, 21 días laborables al mes y 10 meses como año académico
- Apagado: 24 horas al día, 30 días al mes y 12 meses el año.

A continuación, la tabla 26 indica el consumo de energía para abastecer 100 computadores.

Tabla 26. Anexo N5: Consumo de energía total para área administrativa

Número de computadores área administrativa	100
Consumo de energía al día (kWh)	58
Consumo de energía al mes (kWh/mes)	1235.7
Consumo de energía al año (kWh/año)	12515.52

- Para determinar el beneficio por ahorro de consumo de energía de la red pública, se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Ahorro} = \text{Consumo de energía} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{año}} \right) \times \text{costo de energía} \left(\frac{\$}{\text{kWh}} \right) \quad [\text{ec } 28]$$

$$\text{Ahorro} = 1501.86 \left[\frac{\$}{\text{año}} \right]$$

Tabla 27. Anexo N6. Especificaciones para cálculo de paneles solares

Potencia nominal (W)	320
Área del panel solar (m ²)	1.96
Eficiencia del panel solar (%)	22
Eficiencia de inversor (%)	98
Tensión máxima del módulo (V)	37.76
Corriente máxima del módulo (A)	8.5
Hora pico solar (kWh/m ² *día) Fuente: Global solar atlas. 2020	37.76

A partir de los valores de la tabla 27 (Proviento, 2020), se determina el área necesaria “ An ” para la instalación de paneles fotovoltaicos, empleando la siguiente ecuación (Doria y Narváez, 2016):

$$An = \frac{kWh}{Hp \times ef \times 30} \quad [ec 29]$$

Donde:

kWh : consumo de energía mensual

Hp : hora solar pico (kWh/m²*día)

ef : eficiencia del panel solar

- El número de paneles “ Np ” se calcula con la siguiente expresión:

$$Np = \frac{An (m^2)}{Ap (m^2)} \quad [ec 30]$$

Donde:

Ap : área del panel solar

- A continuación, se calcula la energía producida de los 17 paneles con la siguiente ecuación (Doria y Narváez, 2016):

$$Ea = Hp \times An \times ef \times i \times 365 \left(\frac{kWh}{año} \right) \quad [ec 31]$$

Donde:

Ea : energía eléctrica producida al año

Hp : hora solar pico (kWh/m²*día)

ef : eficiencia del panel solar m^2

i : es la eficiencia del inversor

$$An = 32 \text{ m}^2$$

$$Np = 17$$

$$Ea = 14735.06 \text{ (kWh/año)}$$

En cuanto a los costos de inversión, se detallan en la tabla 28. Donde los costos de operación y mantenimiento corresponden al 1.5% de la inversión inicial dividido para el número de años de vida útil del panel y se le suma un valor por cambio de inversor a los 10 años, el resultado asciende a 370.94 dólares

Tabla 28. Anexo N7: Costos de inversión paneles solares

Cantidad	Detalle	Unidad (\$)	Total (\$)
17	Panel solar	246	4182
6	Inversor	600	3600
6	Batería de almacenamiento	430	2580
6	Controlador de carga	180	1080
1	Instalación	3149.82	3149.82

Fuente: Vera, 2018.

N.III Teletrabajo

Para poder estimar los beneficios tangibles e intangibles para la USFQ si se emplea la modalidad (martes-viernes) propuesta, se asume lo siguiente:

Beneficios Intangibles

- **Tiempo:** Se asume que el viaje ida-regreso de la casa a la USFQ es de dos horas (considerando tráfico, parqueadero, entre otros). En base a la escala de remuneraciones de la USFQ en el 2019, se hace un promedio para obtener un aproximado al sueldo medio que es \$1629.4 por mes para administrativos y \$3371.7 por mes para profesores. Se considera 21 días por cada mes, 40 semanas de clases al año para poder estimar los dólares ahorrados

al liberar los martes y viernes para administrativos; los viernes para profesores. Se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{\$ ahorrados al año: } \frac{\text{\$sueldo}}{\text{hora}} \times \frac{\text{horas liberadas}}{\text{día}} \times \frac{\text{días teletrabajo}}{\text{semana}} \times \frac{\text{semanas de clases}}{\text{año}} \quad [\text{ec 32}]$$

Se estima que los administrativos ahorran \$517.27 y los profesores \$535.2 anuales en tiempo liberado. Siendo un total de \$1052.46 ahorrados para el staff de la USFQ.

- **Seguridad:** Al disminuir los viajes casa-USFQ, se minimiza los riesgos a accidentes de tránsito. Se obtuvo los datos del Reporte Nacional de Siniestros de Tránsito diciembre 2019 de la ATM en Quito. Se hizo una relación de la población total de Quito, con la población de administradores y profesores de la USFQ; como se muestra en la tabla 29.

Tabla 29. Anexo N8: Accidentes de tránsito Quito 2019

	Población	Siniestros	Lesiones graves	Muertes
Quito 2019	2735987	4728	2910	261
USFQ 2019	1185	2.05	1.3	0.11

Fuente: (ANT, 2020; Carvajal, 2019)

En base a la tabla 29, se asumió que por siniestro la tasa de ausentismo es de 5 días y por lesionados graves de 20 días. También se asumió que la USFQ sólo paga los 3 primeros días de ausentismo, a partir del día 3 paga 50% la USFQ y 50% el seguro. Se generaliza el cálculo a “Staff USFQ” entonces se promedia el sueldo a para profesores y administradores a \$119.07/día. A partir del día 3, la USFQ sólo cubriría \$59.54/día. Y así se obtiene \$975.3 ahorrados por siniestros y \$1725.9 por lesiones graves; con un total de \$2701.2 ahorrados para la USFQ por ausentismo del staff USFQ.

Beneficios Tangibles

- **Disminución consumo de agua en campus**

Con base a los porcentajes de reducción 2019-2020 del consumo de agua en el campus Cumbayá (pre-pandemia y durante pandemia), se estima una reducción del 37% consumo mensual. Según los valores de las planillas de agua, se ahorrarían aproximadamente \$90.23 al año si el staff USFQ no va al campus los viernes. Y sólo por la ausencia de los administrativos los martes se ahorrarían \$4.90 al año. Siendo un total de \$95.11 al año por esta modalidad de teletrabajo.

- **Disminución de consumo eléctrico en campus y generación de residuos:**

De igual manera que para el consumo de agua, el consumo eléctrico se aproxima con base a los porcentajes de reducción de los escenarios pre y durante pandemia COVID-19. Se estima una reducción del 39.5% del consumo mensual. Según los valores de las planillas de electricidad, se ahorrarían aproximadamente \$70055.9 al año si el staff USFQ no va al campus los viernes. Y sólo por la ausencia de los administrativos los martes se ahorrarían \$3783.9 al año. Siendo un total de \$73839.9 por esta modalidad de teletrabajo.

A partir de este valor, considerando que el costo por la tasa de recolección de residuos en la actualidad es el 16% de la planilla de la electricidad, en el 2019 se cancela anualmente un aproximado de \$71953; a diferencia del 2020 cuyo valor fue de \$11814 generando un ahorro de \$60138.9 anuales.

Ahorro en gasolina para el staff USFQ por modalidad teletrabajo

Se considera el kilometraje promedio de 14.1 km por ida y vuelta desde la USFQ con Cumbayá, Quito Centro, Quito Norte, Los Chillos, Quito Sur y Tumbaco. También se asume la eficiencia de

un Chevrolet Aveo de 0.0205 (gal/km) (Ocaña, 2014) y que utiliza gasolina extra de precio \$1.85. Se obtiene que al año se gasta \$72.82 en gasolina para ir y regresar de la USFQ a la casa.

En base a los resultados de las encuestas del Pancho Bus, con un total de 621 profesores, donde el 17.3% se movilizan en bus y el 76% en auto propio:

Se estima el ahorro al año para aquellos que utilizaban el bus antes, considerando el precio de \$ 0.25 por una ruta, al ser 40 viernes de clases al año y un total de 108 profesores son \$2153.3 ahorrados por profesor en un año.

Para los que se movilizaban en auto propio, considerando los \$72.82 que se gasta en gasolina, al ser 472 profesores en esta modalidad por los 40 viernes al año son \$34348.2 ahorrados. Siendo un total anual de ahorro para los profesores de \$36501.5 por no ir los viernes a la USFQ.

Se realiza la mismo con los administrativos. En base a los resultados de las encuestas del Pancho Bus, con un total de 564 administrativos, el 17.3% se movilizan en bus y el 76% en auto propio. Para aquellos 98 administrativos que utilizaban el bus antes sería un ahorro de \$1955.6 anuales por los viernes de teletrabajo. Para los 428 que utilizaban auto propio, serían \$31195.4 ahorrados al año por los viernes. Sin embargo, la propuesta para los administrativos aplica para los martes también, entonces el total de ahorro anual sería de \$66302.

Tanto profesores como administrativos son parte del “Staff USFQ” este total sería de \$102803.5 ahorrados asociadas al transporte en un año por modalidad teletrabajo.

Emisiones de GEI por transporte

El staff USFQ, se compone por 564 administradores y 621 profesores, lo que representa el 47.59% y 52.41% respectivamente. Las emisiones por transporte para el staff USFQ para el año

2019 fue de 387.65 t CO_{2-eq}. La tabla 30 indica las emisiones para administradores y profesores en un año académico de 211 días.

Tabla 30. Anexo N9: Emisiones por transporte de Staff USFQ

Año 2019	t CO _{2-eq}
Administradores	184.50
Profesores	203.15

Para determinar la reducción de emisiones por la implementación de teletrabajo, se interpola para el número de días que no circula los profesores y administradores en su vehículo, como se puede observar en la tabla 31.

Tabla 31. Anexo N10: Emisiones totales por teletrabajo

	Días que no circulará el vehículo	t CO _{2-eq}
Administradores	80	69.95
Profesores	40	81.26
Total		151.21

Ahora se plantea dos escenarios: 1) sin teletrabajo y 2) con teletrabajo para determinar el porcentaje de reducción de emisiones (tabla 32).

Tabla 32. Anexo N11: Variación de emisiones totales por teletrabajo

	Emisiones totales sin teletrabajo (t CO _{2-eq})	Emisiones totales sin teletrabajo (t CO _{2-eq})	Variación	Porcentaje de reducción (%)
Estudiantes	2466.66	2466.66		

Profesores/ administradores	387.65	151.21		
Total	2854.31	2617.87	236.44	8

La reducción de emisiones por la implementación de teletrabajo al año es de 236.44 t CO₂-eq.

N.IV “Cero Basura”

Tabla 33. Anexo N12: Beneficios por ser campus cero basura

Beneficios	(\$/año)
Reducción en la tasa de recolección de basura	54180.10
Ahorro por evitar comprar cubiertos de plástico	21522
Total	75702.10

La tabla 33, indica los beneficios que generaría la universidad. A diferencia de la tabla 34, que detalla los costos que la universidad debería invertir para alcanzar la meta “cero basura” menor tiempo. Por ejemplo, invertir en tachos diferenciados para restaurantes y cafetería de la universidad.

Tabla 34. Anexo N13. Costos de inversión por ser campus cero basura

Costos de inversión	(\$)
Tachos de líquidos y orgánicos	400
Balanza alimentos	13.98
Acomodación a Bulk	350
Adquisición de contenedores para Bulk	100
Vajilla y cubiertos para servirse in situ	796
Vasos de vidrio	69
Tazas de café	92399.8

Fuente: Mercado libre, 2020

Por otra parte, la tabla 35, detalla los costos de operación y mantenimiento para la gestión de residuos orgánicos, madera y mixtos, además, de un kit de sostenibilidad (termos, tazas y fundas

reutilizables). Así como, gastos por el agua para lavar vajillas, el cual se determinó, considerando que se usa 31.88 litros al día para lavar 10 platos, 5 vasos y 10 cubiertos.

Tabla 315. Anexo N14: Costos de operación y mantenimiento de campus cero basura

Costos de Operación y Mantenimiento	\$/año
Gestor de orgánicos	14219.4
Gestor de mixtos	3590.68
Tazas de café	1780
Termos	3500
Fundas reutilizables (dos tamaños)	2670
Cubiertos de madera reutilizable	218.5
Agua para lavar vajillas	43

Fuente: Mercado libre, 2020

ANEXO O: ACTIVIDADES DETALLADAS DEL PLAN DE ACCIÓN

a) *Comité de Sostenibilidad y gestión de información.*

Actividades:

➤ Fecha: Primer semestre 2020-2021

- Seleccionar un representante de las siguientes áreas: Oficina de Sostenibilidad e Innovación, planta física, seguridad, mantenimiento, profesores (eficiencia energética y energías renovables, desechos, cambio climático), coordinador “Eco-Reps”, encargado del servicio “Pancho Bus”, entre otros.
- Instruir a cada área acorde al funcionamiento e importancia de recolección de información.
- Generar plantillas dentro de cada área donde se identifica falta información (Anexo P).

➤ Fecha: Segundo semestre 2020-2021

- Crear un espacio en la nube, donde los integrantes del comité tengan acceso para subir las plantillas una vez completadas.
- Planificar reuniones mensuales vía zoom para compartir avances o problemas existentes.
- Completar las plantillas correspondientes de cada área (cada tres meses).
- Analizar y estudiar nuevas propuestas para un campus más sostenible.

b) *Campaña “Cero Basura” (STARS y THE: ODS 12).*

Metodología

Como institución privada ser cero basura, se refiere a demostrar que menos del 1% de los residuos generados se envían a rellenos sanitarios. Para conseguirlo, el enfoque es dirigido hacia buenas prácticas durante la gestión con materiales, por medio del control documentados de manejo de desechos, programas de reciclaje y concientización a corto plazo. También minimizar la generación de residuos desde la fuente, a través de compras sostenibles a mediano y largo plazo. Porque para ser cero basura es importante considerar las entradas como las salidas para diseñar un sistema sostenible.

Meta: alcanzar un porcentaje de desviación (aprovechamiento) de residuos del 90% o más para el año 2025. A partir de un plan de buenas prácticas ambientales, para lograr una reducción y aprovechamiento de residuos y que no estos no alcancen el relleno sanitario para disminuir de la producción de gases de efecto invernadero por la descomposición de estos.

Actividades:

- Fecha: agosto 2020
- Análisis del marco institucional en torno a las políticas de cero basura
- Formar alianza con General Motors para crear el reglamento de la ordenanza metropolitana 175 con la secretaría del ambiente. Generar un plan integral “Cero basura” con actividades a corto, mediano-largo plazo y actividades pertinentes después de la pandemia COVID-19.
- Establecer metas progresivas para que el campus se convierta en 50% “Cero Basura” para el 2023 y para el 2025 sea “Cero Basura”.

Fase 1 (Acciones a corto plazo):

- Fecha: agosto 2020
- Mapeo de puntos, cantidad y tipo de generación de residuos.
 - Designar a un encargado del control del pesaje semanal de residuos totales y reciclados en la USFQ.
 - Completar esta información en las plantillas de los indicadores y subirlas a la nube con regularidad.
 - Una vez identificadas las áreas donde se generan mayores residuos, se procede a retirar los basureros generales de las aulas con el fin de monitorear de cerca los puntos de interés identificados.

- Fecha: diciembre 2020 -mayo 2021
- Formar un grupo de ingeniería ambiental, comunicación y diseño; para crear nuevas campañas en torno a las 3 R's (Rechúsa, recupera, recicla) enfocadas por colegios de la USFQ (THE: ODS 12):
 - Educar y capacitar al personal administrativo, profesores y estudiantes (énfasis en los nuevos) acerca de cómo funciona la gestión de materiales y el sistema de cero basura en la universidad.
 - Proporcionar una guía a los visitantes sobre el funcionamiento del sistema de cero basura.
 - Generar una infografía (mapa) sobre los árboles frutales dentro de la USFQ. Enviar a la población USFQ.
 - “Recicla Manía”: Competencia de reciclaje entre colegios y áreas administrativas, donde las ganancias del reciclaje sean distribuidas dentro del área/colegio ganador.
 - Mensajes con datos interesantes en relación con las 3 R's y al área donde se encuentre. Por ejemplo, si es el edificio de finanzas, colocar datos acerca del ahorro monetario por el reciclaje. En el COCIBA, mensajes de conservación de especies por reducción del consumo de recursos, entre otros.
 - Creación de una plataforma en línea donde los usuarios de la USFQ puedan intercambiar objetos (varios) entre sí.
 - Biblioteca compartida: catálogo donde se puedan intercambiar libros de las materias de la universidad y/o varios.
 - Facultad de Arquitectura y Arte: crear un stand donde los estudiantes coloquen los residuos/retazos que ya no necesitan y otros pueden darle uso.

- Fecha: Primer semestre 2020-2021
- Redistribuir basureros a sectores estratégicos e implementar tachos diferenciados en restaurantes y cafetería: Cartón papel, orgánicos y líquidos.
 - Establecer una alianza con gestores para todos los tipos de residuos.
 - Educar a la población sobre una separación correcta por tachos.
 - Añadir señalética adecuada y continua en los distintos contenedores.
 - Marcar/decorar los tachos con información más precisa sobre qué desechos van en cada uno.

- Fecha: Durante el año 2021
- Analizar los congresos/conferencias que se puedan realizar con modalidad en línea. De no ser posible, aplicar la metodología “Conferencias Cero Basura”.
 - Mapear las fuentes principales de generación de residuos durante las conferencias.
 - Consultar alternativas más sostenibles de las fuentes identificadas
 - De ser posible, ofrecer el lunch en bandeja reutilizable. Si no, en materiales compostables. No uso de plásticos.
 - Validación con organismos competentes (asistentes y organizadores de conferencias, y autoridades USFQ).
- Utilizar medios electrónicos y otras formas sin papel de comunicación, difusión de información y documentación en la mayor medida posible
 - Reducir la cantidad de información impresa, impresión, de no ser posible, utilizar el formato más responsable con el medio ambiente: Impresiones y copias a doble cara.
 - Promover el desarrollo de exámenes/lecciones de modo virtual.

- Fomentar el desarrollo de exámenes/lecciones en papel reciclado.
- Impulsar el uso por parte del personal docente y administrativo de grapadoras eco-amigables (sin grapas).
- Promover el uso de marcadores con tinta rellenable.
- Realizar un análisis de mercado de proveedores sostenibles. Si es posible, realizar el cambio (STARS y THE, ODS 12).

Fase 2 (Acciones a mediano-largo plazo):

- Fecha: A partir del año 2022 hasta 2023
- Establecer una metodología para contabilizar generación de desechos en el campus Tiputini. Adicionalmente, proponer mejores alternativas para tratamiento de residuos orgánicos (área de compostaje); ya que actualmente se disponen 2 km aguas abajo del campus.
- Evaluar opciones de tratamiento in-situ.
- Entregar a los nuevos alumnos USFQ un “Kit de Sostenibilidad” que contenga: un termo de agua, un jarro para café, un bolso y una funda reutilizable y un set de cubiertos reutilizables de madera. Con el objetivo de fomentar la educación ambiental y el nombre de la marca (USFQ).
- Proponer estudios para nuevas construcciones y/o remodelaciones establezcan planes para estaciones centralizadas de cero desechos.

Fase 3: Escenarios post-pandemia COVID-19.

- Fecha: A partir del año 2024 hasta 2025
- Cafetería USFQ “No sea malito”:
- Eliminar los plásticos de un solo uso en el campus (THE, ODS 12).
- Acomodar la cafetería en torno a una metodología de venta al granel. Para esto, se debe reestructurar el espacio donde se encuentran los productos en fundas para poder tener un

área segura apta para colocar distintos recipientes (con los productos sin empaque) y una balanza para el control/venta de los mismos.

- Se añaden tazas, vasos, platos de vidrio y cubiertos de metal, para aquellos clientes que ingieren en el lugar, se sugiere dejar una garantía de \$1 hasta devolver los mismos. Fijar porcentajes de descuento si se adquieren bienes en la cafetería con el “Kit de sostenibilidad” (STARS y THE: ODS 12).
- Incrementar la venta de frutas “con cáscara comible” en los diferentes puntos de venta de la USFQ.
- Organizar “mingas de limpieza” en áreas protegidas estratégicas dentro de la comunidad. Con participantes tanto de la USFQ, aledaños al área correspondiente y voluntarios (THE: ODS 12).

Riesgos:

- Población USFQ no se alinee a los esfuerzos
- Población USFQ sólo se mueva por los incentivos, y no genere conciencia y cultura.
- Población de la USFQ con incorrecta separación de los residuos.

a) Teletrabajo (STARS y THE: ODS 11).

Actividades:

- Fecha: agosto 2020
 - Realizar encuesta sobre fortalezas y debilidades en torno al teletrabajo durante COVID-19.
- Fecha: Segundo semestre 2020-2021
 - Monitorear el funcionamiento correcto de la plataforma zoom.
 - Operar con teletrabajo los días martes solo para administradores; días martes y viernes para profesores y administradores de cada mes.

Riesgos:

- Emisiones de GEI por agua y energía son desplazadas a las viviendas de los miembros de USFQ.
- Descontento de ciertos actores por esta nueva modalidad debido a aumento de servicios básicos en los hogares.

b) Eficiencia energética (STARS y THE: ODS 7).

Actividades:

- Fecha: diciembre 2020
 - Monitorear consumo eléctrico según se especifica en el punto de gestión de información anexo P.
 - Identificar picos y puntos de consumo más significativos, para conocer las áreas donde se debe hacer mayor énfasis para disminuir los consumos y como consecuencia el precio de las facturas eléctricas y las GEI asociados a las mismas.
 - Analizar e identificar conexiones de medidores.
- Fecha: agosto 2020- febrero 2021
 - Educar a la población USFQ sobre la importancia y utilidad del ahorro de energía
 - Campañas de concientización
 - Establecer un sistema en vivo de monitoreo abierto para la población USFQ
 - Mejorar funcionamiento de instalaciones
 - Asegurar que todas las computadoras y equipos electrónicos del campus estén en modo de ahorro de energía y alentar a los profesores, estudiantes y administrativos apagar las computadoras una vez finalizado su uso.
- Fecha: Segundo semestre 2020-2021
 - Establecer estrategias de reemplazo tecnológico en áreas identificadas como ineficientes.
- Fecha: Primer semestre 2021-2022

- Definir una estrategia de reemplazo tecnológico renovable
- Evaluar con un análisis técnico de factibilidad de paneles solares en la USFQ.

Riesgos:

- Disminución en el primer mes, pero el siguiente volver a la ineficiencia energética; por la falta de una cultura de ahorro en los miembros de la USFQ al ser motivados por los incentivos.
- Los esfuerzos no sean suficientes para identificar picos y consumos significativos.

e) Agua.

Actividades

➤ Fecha: diciembre 2020

- Generar un plano hidrosanitario
- Identificar y estudiar el efluente de agua debajo del Maxwell
- Actualizar el balance de masa (agua).

➤ Fecha: Segundo semestre 2020-2021

- Instalar medidores (ultrasonido) en lugares estratégicos de edificios
- Identificar fugas y escapes de agua
- Análisis de factibilidad específico de recolección agua lluvia y planta de tratamiento de aguas residuales.

Riesgos:

- No identificar las fugas y el otro punto de descarga de aguas residuales.

ANEXO P: PLANTILLAS PARA GESTIÓN DE INFORMACIÓN

13.1 Plantillas para consumo energético

Año	Consumo energético instalaciones USFQ		Consumo energético Hayek	
	Medidor 1 (Facturas)	Subtotal de servicio eléctrico (SE)	Medidor 2 (Facturas)	Subtotal de servicio eléctrico (SE)
	Consumo energético (kWh)	(\$)	Consumo energético (kWh)	(\$)
Enero				
Febrero				
Marzo				
Abril				
Mayo				
Junio				
Juilo				
Agosto				
Septiembre				
Octubre				
Noviembre				
Diciembre				

13.2 Plantillas para consumo de agua

Año	Consumo de Agua Cumbaya			
	Medidor1 (m3)	\$	Medidor 2 (m3)	\$
Ene				
Feb				
Mar				
Abri				
May				
Jun				
Jul				
Ago				
Sep				
Oct				
Nov				
Dic				

Año	Consumo de agua Hayek			
	Medidor1 (m3)	\$	Medidor 2 (m3)	\$
Ene				
Feb				
Mar				
Abri				
May				
Jun				
Jul				
Ago				
Sep				
Oct				
Nov				
Dic				

