

[VOLVER AL ÍNDICE](#)

MODELO DE GESTIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Erick Arturo Mellado Cabrera (erick.mellado@hotmail.com); Saulo Moisés Mendez Garza (mendezgarza@yahoo.com); Edgar Virgilio Ayala Zapata (virgilioayala@yahoo.com)

Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC) – Guatemala

Palabras clave: Huella de Carbono, Modelo de Gestión, Optimización de Recursos Energéticos, sostenible.

El presente trabajo se desarrolló en Laboratorio de Investigaciones en Ciencias Ambientales del Centro de Investigaciones de Ingeniería, específicamente en las instalaciones físicas del Centro de investigaciones de Ingeniería (CII) de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), lugar que alberga 14 secciones encargadas a la investigación, desarrollo, innovación y análisis de todo tipo de materiales utilizados en la industria del país, así como al desarrollo de técnicas que permiten su implementación y desarrollo, además, en el convergen investigadores, estudiantes y profesionales de la rama de la ingeniería; Debido a ello, surge la importancia de buscar métodos que permitan realizar dichas actividades interactuando de manera adecuada con el medio ambiente, haciendo un uso responsable de los recursos disponibles, contribuyendo así con la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), y por consiguiente, con los efectos del cambio climático.

Mediante el uso de la herramienta de cálculo de la huella ecológica dentro de una organización, se establece un marco referencial que permita medir o cuantificar con base en las reducciones obtenidas de emisiones directas o indirectas de gases de efecto invernadero, que tanto podemos hacer uso responsable de los recursos disponibles, como lo es principalmente el agua y la energía eléctrica, de la mano con una interacción amigable con el medio ambiente.

Con el diseño de un modelo de gestión se propone una alternativa de mejora, que permita encontrar métodos alternativos que proponen un uso óptimo de los recursos, respondiendo a las problemáticas de la organización, sin embargo, se convierte en una guía práctica, que puede ser tropicalizada e implementada en cualquier vivienda, organización o industria, ya que, presenta una cosmovisión de cómo podemos vivir con una cultura ambiental que haga de nuestro entorno un ambiente ecológico y sostenible.

1. INTRODUCCIÓN:

El cambio climático es una realidad y uno de los más grandes desafíos en la actualidad, ya que, sus consecuencias pueden ser devastadoras si no se toman acciones en reducir la dependencia de combustibles fósiles y las emisiones generadas GEI; los impactos del cambio climático son sensibles hoy en día con amenazas como el aumento del nivel del mar, riesgos de inundaciones, incremento de temperaturas, pérdidas de cosechas, riesgos en la salud así como alteraciones meteorológicas drásticas a nivel mundial.

Los GEI son generados de forma natural y son importantes para la supervivencia de los seres humanos, mediante el efecto invernadero crean un ambiente habitable en la tierra. A medida que la población, las economías y el nivel de vida crecen, también lo hace el nivel acumulado de emisiones de GEI, estos acumulados son producto de actividades humanas como consumo energético, actividades industriales y uso inadecuado de recursos.

Dentro de las acciones importantes a implementar en la reducción de gases de efecto invernadero, es importante identificar los focos de emisión principales de estos mediante una estimación de la huella de carbono; la huella de carbono es una herramienta de cuantificación de gases en las actividades de una persona, industria o producto a lo largo de un periodo de tiempo, cuantificando la estimación de gases en toneladas equivalentes de dióxido de carbono.

El principal foco indirecto de emisiones de GEI es el uso de los recursos energéticos, ya que este se encuentra presente en la mayoría de las actividades de una organización, a nivel institucional, una organización genera toneladas de dióxido de carbono equivalentes a consecuencia del uso desmedido e inadecuado de los recursos energéticos, dichos toneladas, pueden reducirse con la implementación de acciones que permitan hacer un uso responsable de estos.

Hoy en día el centro de investigaciones de ingeniería (CII) de la Universidad de San Carlos de Guatemala, además de cumplir con el apoyo y fomento del cumplimiento de las políticas de investigación, extensión y docencia dentro de la Facultad de Ingeniería de esta casa de estudios, ofrece diversos servicios a la industria del país, para lo cual es muy importante garantizar una ejecución óptima de los mismos, mediante un uso adecuado de los recursos energéticos, conservando y promoviendo una producción limpia, segura y sostenible en el país, que permita mediante ello, reducir las emisiones indirectas de GEI dentro de sus operaciones de acuerdo a los objetivos de desarrollo sostenible en respuesta a los desafíos impuestos por el actual cambio climático.

El presente trabajo propone establecer un modelo de gestión que permita, mediante el análisis de la situación actual en el CII con la herramienta de estimación de la huella de carbono con base a la normativa internacional ISO 14064-1, buscar alternativas de mejora, que minimicen las emisiones indirectas de GEI, y que promueban un desarrollo de actividades en busca de la sostenibilidad ambiental.

2. OBJETIVOS

- Analizar la situación actual del CII en cuanto a emisiones de gases de efecto invernadero de alcance dos, para establecer un marco de referencia para el desarrollo del modelo.
- Capacitar en la temática de una adecuada cultura ambiental, al personal del CII con el objetivo de obtener una conciencia responsable del uso de los recursos disponibles.
- Establecer estrategias de reducción y buenas prácticas ambientales, para la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero.
- Desarrollar una propuesta de acción para la correcta utilización de los recursos energéticos en el edificio del centro de investigaciones de ingeniería.
- Referenciar los principales focos de emisiones indirectas de GEI, para generar propuestas que permitan su disminución.
- Elaborar un modelo de gestión que sirva de guía para que sea implementado en otras instalaciones dentro de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Desarrollar un modelo de gestión que contribuya en la transformación a modelo de unidad verde, del Centro de Investigaciones.
- Promover la sostenibilidad medioambiental dentro de las organizaciones, de manera de satisfacer las demandas crecientes de la población.

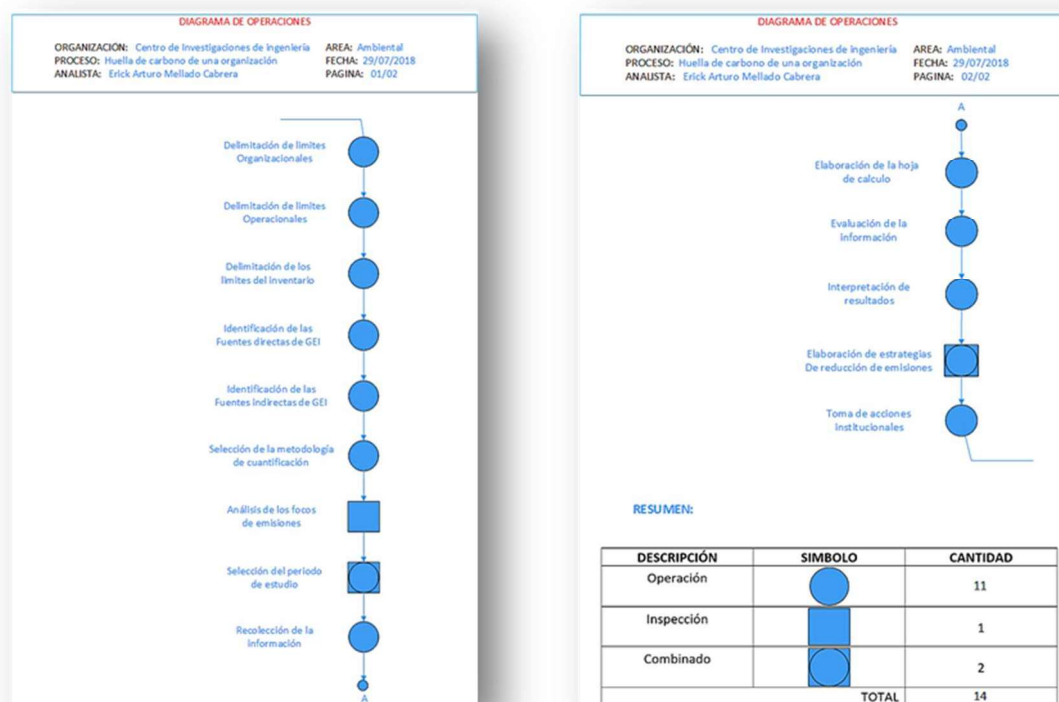
3. METODOLOGIA

La norma técnica ISO 14,064-1 "Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero", reúne los requisitos de diseño, desarrollo y gestiones que se deben

de cumplir para la elaboración de un inventario de gases de efecto invernadero y la adecuada manera de presentación de los informes de dichos resultados; además permite identificar los límites de emisiones, así como las acciones institucionales para su reducción.

Durante el desarrollo se efectúa un cálculo de huella de carbono de una organización incluyendo a sus áreas comerciales la cual es regulada por la normativa técnica internacional ISO 14064:2006-1 y por GHG Protocol, tomando referencias de planes de acción generados por diversos países y por la organización de las Naciones Unidas, artículos científicos, la política ambiental de la universidad de San Carlos de Guatemala.

Para la estimación de Huella de Carbono en el Centro de Investigaciones se desarrollaron cuatro fases en las cuales se comprende Delimitación, Fuentes de Emisiones de GEI, Cuantificación de Emisiones, Análisis de resultados



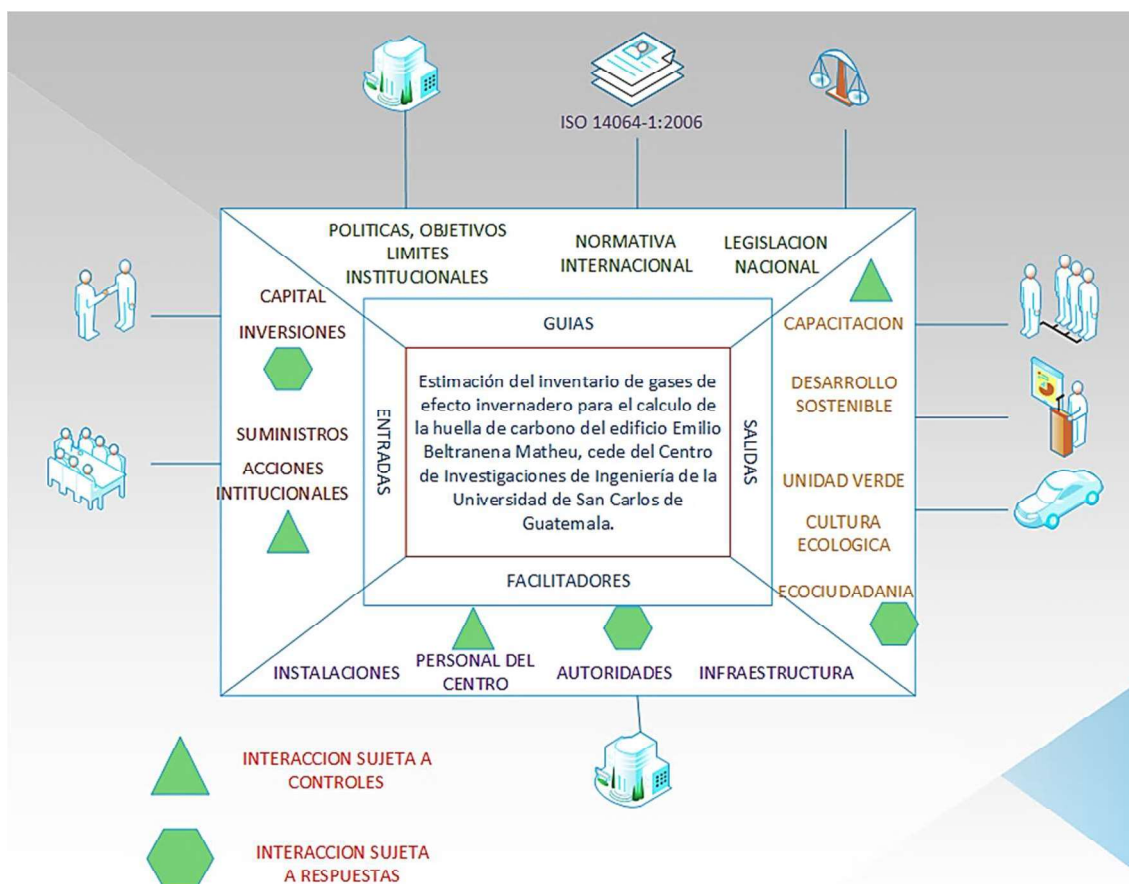
Fuente: Elaboración propia

3.1. Delimitación

En la fase de Delimitación se establecen los límites organizacionales y operacionales de la organización así como el alcance técnico del inventario.

Para fijar los límites organizacionales se toma como base el enfoque institucional de la organización; este enfoque debe ser aplicado eficientemente para definir aquellas áreas y secciones que constituyen a dicha organización para fines de cuantificación, reporte y análisis de GEI, se pueden tomar dos criterios al momento de establecer los límites de una organización, estos son el Enfoque de control operacional y el Enfoque de Participación Accionaria.

El enfoque de control asume responsabilidad total por sobre la cantidad de emisiones de GEI estimadas dentro de las actividades, a la organización, institución o empresa bajo estudio; El enfoque de Participación Accionaria propone una cuantificación de GEI en función de la participación monetaria en acciones o en proporción del control operacional.



Fuente: Elaboración propia

3.2. Fuentes de Emisiones de GEI

Durante esta fase se identifican focos de emisiones directos e indirectos de GEI; se entiende como fuente o foco de emisión de gases de efecto invernadero, a toda actividad o proceso físico que libera cierta cantidad de GEI hacia la atmósfera; entre dichas fuentes de emisiones encontramos de acción directa y de acción indirecta, una fuente de emisión de gases directa es aquella que pertenece o es controlada por la organización, una fuente indirecta por otra parte es aquella que proviene de la generación de energía eléctrica, calor o vapor de origen externo y que son consumidos por la organización; adicionalmente podemos encontrar otras fuentes de emisiones de GEI, distintas de las emisiones indirectas e indirectas de GEI que son consecuencia de las actividades de la organización, en que a pesar de ser generadas dentro de institución, pertenecen o son controladas por otras organizaciones.

3.3. Cuantificación de Emisiones

Es esta fase se establece el periodo de estudio, este es de un año, el periodo comprendido en los meses de julio de 2017 a junio de 2018, durante este año base se establece un primer inventario de emisiones, ya que no se posee un precedente de una cuantificación similar, con este año base, en ocasiones futuras será una referencia para el estudio del cambio en la cantidad de emisiones de GEI durante un nuevo año por determinar.

Adicionalmente se procede a recolectar toda la información necesaria para establecer el inventario, así como el diseño de la hoja de cálculo para la equivalencia en toneladas de CO₂.

3.4. Analisis de resultados

Durante la fase de analisis de resultados de interpretan los resultados obtenidos y se comparan con los impactos esperados, sean estos ambientales, sociales y economicos; adicionalmente se diseñan las alternativas de solución, con las cuales se dise un plan de trabajo que contenga propuestas concretas que den soluciones reales ante pas problemáticas identificadas.

4. RESULTADOS

4.1. Emisiones Directas

Son aquellas asociadas al consumo de combustibles derivados de petróleo, necesarias para el desarrollo de las actividades fundamentales de la organización, a continuación, se enlistan los principales focos de emisiones identificados dentro de las instalaciones de CII:

- Emisiones por trabajo de Calderas alimentadas por GLP.
- Emisiones generadas por el uso de vehículos móviles alimentados por combustible diésel o gasolina, que intervienen en el desarrollo de las actividades de la organización.
- Emisiones generadas por el uso de vehículos de logística como grúas o montacargas.
- Emisiones ocasionadas por fugas de gases dentro del funcionamiento de maquinarias y equipos que intervienen en el desarrollo de las actividades.
- Emisiones ocasionadas por fugas en equipos de soldadura oxiacetilénica, contenedores de gases industriales.
- Emisiones asociadas a fugas en equipos de refrigeración, climatización o similares que contengan gases refrigerantes.
- Emisiones generadas por reacciones químicas en laboratorios u otros procesos similares.
- Emisiones resultantes de ensayos en los cuales se generen gases como CO₂ o metano ya sea por las piezas ensayadas o por equipos de laboratorio.

4.2. Emisiones Indirectas

Las Emisiones indirectas son todas aquellas asociadas a la generación de energía eléctrica necesaria para el desarrollo de las actividades de la organización; La cantidad consumida de energía eléctrica expresada en kWh por la organización es obtenida por medio del historial obtenido de los registros otorgados en las facturas mensuales de la Empresa Eléctrica de Guatemala Sociedad Anónima –EEGSA–.

Estos representan alrededor de un 80% del total de GEI generados, además, de ser el principal foco de emisión posee un gran potencial de reducción por las diversas acciones que pueden tomarse en torno a la temática; Dentro de los principales equipos empleado, se encuentran computadoras, proyectores, equipamiento mayor de laboratorio, sistemas de iluminación, sistemas de ventilación, entre otros.

Para el cálculo de toneladas de CO₂ equivalente se utiliza el total de [kWh] consumido mensualmente utilizando la siguiente relación.

$$CO_2 = CEE * Fe$$

Donde:

- CO₂ = Emisiones de Dióxido de Carbono
- CEE = Consumo de Energía Eléctrica (kWh)
- FE = Factor de Emisión (t CO₂ eq/ kWh)
- 1 kWh = 0.00065 t CO₂ eq

Edificio Emilio Beltranena Matheu (Nuevo CII)				Contador: F-76869		Correlativo: 1271129	
FECHA	ACT.	ANT.	FAC. No.	KWH	TOTAL MES	IVA	TOTAL
jun-18	79660	75600	124382422	4060	7093.78	760.05	6333.73
may-18	75600	71400	122759030	4200	7204.08	771.87	6432.21
abr-18	71400	67340	121154973	4060	7134.70	764.43	6370.27
mar-18	67340	63280	113743241	4060	6907.02	740.04	6166.98
feb-18	63280	58660	112140967	4620	7492.73	802.79	6689.94
ene-18	58660	54740	110499511	3920	6884.27	737.60	6146.67
dic-17	54740	51240	108930647	3500	6352.67	680.64	5672.03
nov-17	51240	47320	107360312	3920	6741.13	722.26	6018.87
oct-17	47320	43120	105768751	4200	6986.37	748.54	6237.83
sep-17	43120	38780	104138388	4340	7097.63	760.46	6337.17
ago-17	38780	34580	102494286	4200	6,952.76	744.94	6,207.82
jul-17	34580	30380	100986255	4200	7035.20	753.77	6281.43
Total kWh				49280			

prefabricados ingenieria				contador: J-38902		Correlativo: 1229023	
FECHA	ACT.	ANT.	FACTU. No.	KWH	TOTAL MES	IVA	TOTAL
jul-17	4880	4800	100986253	80	2888.47	309.48	2578.99
ago-17	5040	4880	102494284	160	3,033.58	325.03	2,708.55
sep-17	5280	5040	104138386	240	3056.12	327.44	2728.68
oct-17	5360	5280	105768749	80	2867.11	307.19	2559.92
nov-17	5440	5360	107360310	80	2867.11	307.19	2559.92
dic-17	5520	5440	108930645	80	2867.11	307.19	2559.92
ene-18	5680	5520	110499509	160	3011.67	322.68	2688.99
feb-18	6080	5680	112140965	400	3184.12	341.16	2842.96
mar-18	6320	6080	113743239	240	3075.97	329.57	2746.40
abr-18	6480	6320	121154971	160	2935.04	314.47	2620.57
may-18	6640	6480	122759027	160	2946.45	315.69	2630.76
jun-18	6800	6640	124382420	160	2975.64	318.82	2656.82
Total kWh				2000			

prefabricados ingenieria				contador:		Correlativo: 893453	
FECHA	ACT.	ANT.	FACTU. No.	KWH	TOTAL MES	IVA	TOTAL
jul-17	86698	85651	100429627	1047	1,301.61	139.46	1162.15
ago-17	87936	86698	102009761	1238	1,536.95	164.67	1,372.28
sep-17	89045	87936	103645723	1109	1,378.00	147.64	1230.36
oct-17	90083	89045	105201482	1038	1,278.46	136.98	1141.48
nov-17	91209	90083	106473770	1126	1,385.85	148.48	1237.37
dic-17	91412	91209	108414102	203	252.90	27.10	225.80
ene-18	92337	91412	109962652	925	1,165.55	124.88	1040.67
feb-18	93497	92337	111601901	1160	1,458.69	156.29	1302.40
mar-18	94458	93497	113199405	961	1,210.46	129.69	1080.77
abr-18	95460	94458	120586229	1002	1,296.62	138.92	1157.70
may-18	96597	95460	122218540	1137	1,469.73	157.47	1312.26
jun-18	97487	96597	123849687	890	1,153.01	123.54	1029.47
Total kWh				11836			

prefabricados ingenieria				contador:		Correlativo: 893459	
FECHA	ACT.	ANT.	FACTU. No.	KWH	TOTAL MES	IVA	TOTAL
jul-17	30473	30056	100429628	417	525.35	56.29	469.06
ago-17	30792	30473	102009762	319	404.60	43.35	361.25
sep-17	31109	30792	103645724	317	395.33	42.36	352.97
oct-17	31377	31109	105201483	268	330.18	35.38	294.80
nov-17	31684	31377	106473771	307	376.54	40.34	336.20
dic-17	31684	31684	108470937	0	11.54	1.24	10.30
ene-18	31950	31684	109960653	266	333.46	35.73	297.73
feb-18	32259	31950	111601902	309	385.46	41.30	344.16
mar-18	32509	32259	113199406	250	314.10	33.65	280.45
abr-18	32805	32509	120586231	296	377.42	40.44	336.98
may-18	33080	32805	122218541	275	351.47	37.66	313.81
jun-18	33277	33080	123849688	197	255.11	27.33	227.78
Total kWh				3221			

CII VIEJO				contador:		Correlativo: 658471	
FECHA	ACT.	ANT.	FACTU. No.	KWH	TOTAL MES	IVA	TOTAL
jul-17	65613	58230	100485739	7383	8,972.19	961.31	8010.88
ago-17	72683	65613	102088959	7070	8,841.60	947.31	7,894.29
sep-17	79108	72683	103702169	6425	8,430.05	903.22	7526.83
oct-17	85297	79108	105258146	6189	8,099.54	867.81	7231.73
nov-17	91914	85297	106473661	6617	8,433.75	903.62	7530.13
dic-17	96706	91914	108470840	4792	6,727.75	720.83	6006.92
ene-18	2305	96706	110019515	5599	7,603.15	814.62	6788.53
feb-18	9591	2305	111679045	7286	9,089.29	973.85	8115.44
mar-18	15081	9591	113256675	5490	7,832.40	839.19	6993.21
abr-18	22301	15081	120738200	7220	9,431.49	1010.52	8420.97
may-18	27778	22301	122275575	5477	7,584.53	812.63	6771.90
jun-18	32474	27778	123907114	4696	6,906.94	740.03	6166.91

Total kWh 74244

CII VIEJO				contador:		Correlativo: 658502	
FECHA	ACT.	ANT.	FACTU. No.	KWH	TOTAL MES	IVA	TOTAL
jul-17	39466	38895	100429067	571	715.10	76.62	638.48
ago-17	40119	39466	102009213	653	816.14	87.44	728.70
sep-17	40726	40119	103645214	607	759.46	81.37	678.09
oct-17	41531	40726	105201067	805	994.07	106.51	887.56
nov-17	42272	41531	106473665	741	915.96	98.14	817.82
dic-17	42383	42272	108413576	111	143.52	15.38	128.14
ene-18	42854	42383	109962107	471	599.24	64.20	535.04
feb-18	43449	42854	111601279	595	753.93	80.78	673.15
mar-18	43957	43449	113198823	508	645.40	69.15	576.25
abr-18	44497	43957	120585755	540	704.19	75.45	628.74
may-18	45224	44497	122218077	727	943.98	101.14	842.84
jun-18	45857	45224	123849083	633	823.45	88.23	735.22

Total kWh 6962

Total de kWh consumidos en el año base de estudio = 147,543 kWh

$$CO_2 = CEE * Fe$$

$$CO_2 = 147,543 \text{ kWh} * 0,00065 \frac{t \text{ CO}_2 \text{ eq}}{\text{kWh}}$$
$$CO_2 = 95.903 \text{ tCO}_2\text{eq}$$

5. DISCUSIONES

En el cálculo de las toneladas de CO2 equivalentes de energía eléctrica se le asocia un promedio del 70% del total generado a los sistemas de luminarias instalados en la edificación como se muestra en las siguientes imágenes:



Fuente: luminarias encendidas de gradas, edificio CII Emilio Beltranena Matheu.

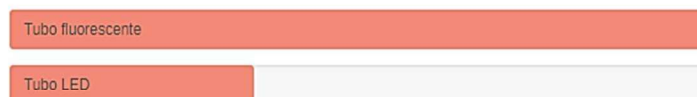
Con el reemplazo de sistemas de iluminación podemos reducir drásticamente el consumo de kWh, reduciendo de tal forma las emisiones indirectas de GEI, e implementando tecnologías de generación alternativa de energía como lo son la energía eólica, solar y térmica lograremos crear un entorno sustentable dentro de cualquier comunidad.

67.13 toneladas de CO2 equivalente son generadas por el uso de luminarias fluorescentes de 60W en las instalaciones del CII, dato que podría reducirse a solo 20.14 toneladas de CO2 equivalente si simplemente se reemplazaran dichas luminarias por sistemas de iluminación led; representaría un ahorro anual de 47 toneladas de CO2 equivalente con una simple acción, si adicionalmente reducimos la cantidad instalada de luminarias, utilizamos métodos de generación alternativa, podríamos hacer de este un mundo mejor.

Consumos totales LED vs fluorescente

Tubo LED y tubo fluorescente

Tubo de LED	Tubo fluorescente
7W a 10W	25W
13W a 18W	>46W
18W a 23W	>67W



Fuente: <https://www.tubosdeled.com/tabla-de-equivalencias/>

6. CONCLUSIONES

Un inadecuado diseño de la distribución de luminarias en la construcción de viviendas en nuevas comunidades puede significar un gran daño ecológico a largo plazo.

Acoger nuevas tecnologías que generen cambios positivos para un entorno sostenible contribuyen altamente en hacer sustentables las comunidades.

Implementar estrategias de concientización sobre el uso responsable de los recursos disponibles genera un gran ahorro económico de la mano de la creación de ambientes medioambientalmente amigables.

Es importante ubicar dentro de nuevas comunidades sistemas de generación alternativa de energía eléctrica, ya que esta es hoy por hoy alrededor de un 80% del total de emisiones que la persona humana genera en el desarrollo de sus actividades.

Conocer la huella ecológica que generamos al planeta nos brinda una visión superior de lo que hacemos con los recursos que disponemos y a donde podemos llegar si los usamos responsablemente.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, S., Duarte, C., Benito, G., Dachs, J., Montes, C., Pardo, M., Ríos, A., Simó, R., y Valladares, F. (2006) *Cambio global: Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra*. Madrid: CSIC. p. 165.
- Borquéz, R. (2010) *Huella de Carbono*. Terram. Volumen 26 (número 1). P. 1-9.
- *Eficiencia energética en América Latina y el Caribe; avances y desafíos del último quinquenio*. Claudio Carpio, Manlio F. Coviello; Organización de las Naciones Unidas – CEPAL. Noviembre 2013.
- *Greenhouse gas protocol, corporate standar*. World resources institute, Washintong D.C. U.S.A
- *Metodología de cálculo de huella en universidades, universidad de Santiago de Compostela*, Noelia López Álvarez
- *Organización Internacional de Normalización –ISO-, Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero 14064-1:2006*
- *Política Ambiental de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Comisión ambiental, Guatemala julio de 2014*