

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CULIACÁN**  
**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN**  
**INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**



**“Comparación de dos edificios de infraestructura educativa del  
noroeste de México mediante Inventario de Ciclo de Vida  
revisando los insumos de la envolvente vertical”**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
MAESTRO EN INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**

**PRESENTA:  
ANTELMO ENRIQUE RÍOS NUÑEZ**

**DIRECTOR DE TESIS  
DR. RAMÓN CORRAL HIGUERA**

**CO-DIRECTORA DE TESIS  
M.C.I. DIANA CAROLINA GÁMEZ GARCÍA**

Culiacán de Rosales, Sinaloa, mayo de 2017



## UAS- Dirección General de Bibliotecas

### Repositorio Institucional

#### Restricciones de uso

Todo el material contenido en la presente tesis está protegido por la Ley Federal de Derechos de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

Queda prohibido la reproducción parcial o total de esta tesis. El uso de imágenes, tablas, gráficas, texto y demás material que sea objeto de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente correctamente mencionando al o los autores del presente estudio empírico. Cualquier uso distinto, como el lucro, reproducción, edición o modificación sin autorización expresa de quienes gozan de la propiedad intelectual, será perseguido y sancionado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor.



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir Igual, 4.0 Internacional.



## AGRADECIMIENTOS

Es enorme el entusiasmo con el que se aprende a través del tiempo, mi primer agradecimiento va dirigido a la Universidad Autónoma de Sinaloa, institución educativa en la cual inicié el proceso de profesionalización y ahora concluyo la etapa de un posgrado. Es para mí además, muy satisfactorio lograr este trecho, donde conocí y aprendí de todos mis compañeros y de cada uno de los temas mostrados por los profesores, cada clase es una nueva ventana en la que nos enseñaron a ser mejores y a aprender cada punto de vista. Saber transmitir lo aprendido, es ahora nuestra tarea, mejorar nuestro entorno será no solo una necesidad, sino un gusto colaborar para lograrlo, es de esta manera como agradezco a todos los que participaron con su entusiasmo, el Núcleo Académico Básico del programa, la coordinación, la dirección de la Facultad de Ingeniería Culiacán, más allá de ser profesores impartiendo su clase, compartieron sus conocimientos, fueron guías y siempre les recordaremos.

Doctor Ramón, Maestra Diana, ustedes me apoyaron en llegar a la recta final y poder transmitir este proyecto, ha sido extraordinariamente atinado aprenderles en cada momento, darles las gracias dejándolas escritas, es solo una parte de la alegría que les puedo expresar.

Gracias también a mi familia, por siempre ayudarme a superarme.

## DEDICATORIA

*Para mi primer maestro, mi padre.*

*Esforzándome, para ser su mejor ejemplo, por ustedes, Antelmo Enrique, Ángel  
Eduardo y Ana Sofía, mis hijos.*

*A mi compañera de vida, contigo puedo lograrlo.*

*Al apoyo de mi familia, abuelita, mama, hermana y hermano, gracias.*

*Por último, a mis amigos y compañeros de trabajo dentro y fuera de mi ámbito  
profesional, de quienes sus experiencias, he adquirido criterios para mejorar en  
cada momento, personal y profesional.*

## RESUMEN

El presente proyecto aborda el Análisis de Ciclo de Vida para la envolvente vertical en dos edificios construidos en la Universidad Autónoma de Sinaloa, como herramienta de construcción sostenible mediante la comparación de los sistemas constructivos. Dicha comparación es con la norma mexicana NMX-SSA-14040-IMNC-2008 en la fase de *Inventario de Ciclo de Vida*, seleccionando el mejor modelo construido al determinar el impacto medioambiental por causa de las emisiones de dióxido de carbono equivalente, las etapas evaluadas van desde la obtención de materias primas, el transporte y hasta la edificación con los diferentes insumos empleados, obteniendo menores emisiones en el sistema constructivo alternativo.

**Palabras clave:** Análisis de Ciclo de Vida, Inventario de Ciclo de Vida, construcción sostenible, emisiones de CO<sub>2</sub>eq, envolvente vertical.

## **ABSTRACT**

The current project approaches the Life Cycle Analysis for the vertical surrounding in two buildings constructed in the Autonomous University of Sinaloa, as a tool of the sustainable construction by means of the comparison of the constructive systems. This comparison is with the Mexican standard rule NMX-SSA-14040-IMNC-2008 in the Life Cycle Inventory phase, selecting the best model constructed when determining the environmental impact due to the equivalent emissions of carbon dioxide, the stages evaluated range from obtaining raw materials, transporting and building with the different inputs employed obtaining lower emissions in the alternative construction system.

**Key words:** Life Cycle Assessment, Life Cycle Inventory, sustainable construction, CO<sub>2</sub>eq emissions, vertical surrounding.

## INDICE

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 1       | INTRODUCCION.....                                  | 1  |
| 1.1     | Presentación.....                                  | 1  |
| 1.2     | Análisis situacional.....                          | 3  |
| 1.2.1   | Ubicación organizacional.....                      | 10 |
| 1.2.2   | Descripción funcional y/u operativa.....           | 14 |
| 1.3     | Descripción del problema general.....              | 16 |
| 1.4     | Definición del problema.....                       | 18 |
| 2       | BASES TEORICAS.....                                | 21 |
| 2.1     | Marco histórico y contextual.....                  | 21 |
| 2.2     | Marco referencial.....                             | 25 |
| 2.3     | Marco legal.....                                   | 34 |
| 2.4     | Marco teórico.....                                 | 39 |
| 2.4.1   | Herramienta del Ciclo de Vida.....                 | 39 |
| 2.4.2   | Gases de Efecto Invernadero.....                   | 41 |
| 3       | PROYECTO DE INTERVENCIÓN.....                      | 49 |
| 3.1     | Su enunciado y descripción.....                    | 49 |
| 3.2     | Objetivos generales.....                           | 49 |
| 3.3     | Objetivos específicos.....                         | 50 |
| 3.4     | Justificación.....                                 | 51 |
| 3.5     | Metodología.....                                   | 53 |
| 3.5.1   | Definición del objetivo y alcance del estudio..... | 54 |
| 3.5.1.1 | Objetivo.....                                      | 54 |

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| 3.5.1.2   | Aplicación prevista.....   | 55 |
| 3.5.1.3   | Razones para realizar el estudio .....   | 55 |
| 3.5.1.4   | Público previsto .....   | 55 |
| 3.5.1.5   | Si se pretende utilizar los resultados en aseveraciones comparativas previstas para su divulgación al público..... | 55 |
| 3.5.1.6   | Alcance.....   | 55 |
| 3.5.1.6.1 | Sistema del producto a estudiar .....  | 56 |
| 3.5.1.6.2 | Función del sistema.....   | 56 |
| 3.5.1.6.3 | Muestra del producto.....  | 57 |
| 3.5.1.6.4 | Unidad funcional.....  | 57 |
| 3.5.1.6.5 | Los límites del sistema .....  | 57 |
| 3.5.1.6.6 | Los tipos de impacto y selección de categoría de impacto....   | 60 |
| 3.5.1.6.7 | Suposiciones, tipos y fuente de datos. ....  | 62 |
| 3.5.2     | Análisis del inventario del ciclo de vida .....  | 62 |
| 3.5.2.1   | Recopilación de datos .....  | 63 |
| 3.5.2.2   | Cálculo de los datos .....   | 73 |
| 3.5.2.3   | Asignación.....  | 74 |
| 3.5.3     | Interpretación del estudio de ICV .....  | 74 |
| 4         | Estrategias de implementación.....   | 75 |
| 4.1       | Plan de acción .....   | 75 |
| 4.1.1     | Objetivo y alcance del estudio.....  | 75 |
| 4.1.1.1   | Objetivo .....   | 75 |
| 4.1.1.1.1 | Aplicación prevista.....   | 77 |
| 4.1.1.1.2 | Razones para realizar el estudio .....   | 77 |

|           |   |     |
|-----------|---|-----|
| 4.1.1.1.3 | Público previsto .....  | 78  |
| 4.1.1.1.4 | Si se pretende utilizar los resultados en aseveraciones comparativas previstas para su divulgación al público ..... | 78  |
| 4.1.1.2   | Alcance del estudio .....   | 79  |
| 4.1.1.2.1 | Sistema del producto a estudiar .....   | 79  |
| 4.1.1.2.2 | Función del sistema.....  | 81  |
| 4.1.1.2.3 | Muestra del producto.....   | 81  |
| 4.1.1.2.4 | Unidad funcional.....   | 83  |
| 4.1.1.2.5 | Límites para los sistemas constructivos .....   | 86  |
| 4.1.1.2.6 | Los tipos de impacto y selección de categoría de impacto....  | 94  |
| 4.1.1.2.7 | Suposiciones, tipos y fuente de datos. ....   | 94  |
| 4.1.2     | Análisis de inventario del ciclo de vida .....  | 96  |
| 4.1.2.1   | Recopilación de datos .....   | 98  |
| 4.1.2.1.1 | Cantidad de material.....   | 98  |
| 4.1.2.1.2 | Flujo unitario de emisiones.....  | 102 |
| 4.1.2.2   | Cálculo de los datos .....  | 112 |
| 4.1.2.2.1 | Primera etapa, extracción de materias primas y producción de materiales   | 112 |
| 4.1.2.2.2 | Segunda etapa, Transporte y/o acarreo de los insumos .....  | 115 |
| 4.1.2.2.3 | Tercera etapa, Construcción de los edificios .....  | 118 |
| 4.1.2.2.4 | Valoración económica. ....  | 127 |
| 4.1.2.3   | Asignación.....   | 127 |
| 4.1.3     | Interpretación del estudio de ICV .....   | 129 |
| 4.2       | Estrategias usadas para la presentación y venta del proyecto.....   | 134 |
| 4.3       | Estrategias para vinculación .....  | 135 |

|     |                                      |     |
|-----|--------------------------------------|-----|
| 5   | Administración del proyecto.....     | 137 |
| 5.1 | Cronograma de actividades .....      | 137 |
| 5.2 | Recursos.....                        | 138 |
| 5.3 | Presupuesto.....                     | 139 |
| 6   | Conclusiones y recomendaciones ..... | 141 |
| 6.1 | Conclusiones y recomendaciones ..... | 141 |
|     | Referencias BIBLIOGRAFICAS .....     | 147 |
|     | ANEXOS .....                         | 154 |

## LISTA DE TABLAS

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 1-1, Costos totales por agotamiento y degradación, año 2014.....                              | 8   |
| Tabla 1-2, Padrón de bienes inmuebles de la UAS.....  | 16  |
| Tabla 2-1, Características de las muestras de estudio. ....   | 32  |
| Tabla 2-2, PCG de los GEI descritos en la LGCC de México .....                                      | 48  |
| Tabla 3-1, Criterios de corte a utilizar en ambos sistemas constructivos.....                       | 59  |
| Tabla 3-2, Categorías de impactos consideradas por SETAC.....                                       | 61  |
| Tabla 3-3, Listado total de insumos utilizados para cada sistema constructivo. ...                  | 64  |
| Tabla 3-4, Listado de insumos agrupado para cada sistema constructivo.....                          | 66  |
| Tabla 3-5, Industrias objeto de análisis.....   | 67  |
| Tabla 3-6, Cantidad de material respecto al sistema constructivo. ....                              | 68  |
| Tabla 3-7, Resumen de los flujos unitarios por industria y etapa.....                               | 69  |
| Tabla 3-8, Calculadora de emisiones para el RENE, versión 4.0.....                                  | 71  |
| Tabla 3-9, Emisión en la etapa considera para cada sistema constructivo.....                        | 73  |
| Tabla 4-1, Geometría de edificio tipo U3-C..... <b>¡Error! Marcador no definido.</b>                |     |
| Tabla 4-2, Listado de insumos agrupado para sistema constructivo T1 .....                           | 99  |
| Tabla 4-3, Listado de insumos agrupado para sistema constructivo T2. ....                           | 100 |
| Tabla 4-4, Cantidades de material para cada sistema constructivo.....                               | 102 |
| Tabla 4-5, Emisión por tonelada producida de insumo de CO <sub>2</sub> eq para la primer etapa..... | 104 |
| Tabla 4-6, Emisión por kilómetro recorrido para la segunda etapa.....                               | 106 |
| Tabla 4-7, Ubicación y distancia para el traslado de los insumos de materiales..                    | 108 |
| Tabla 4-8, RC sistema constructivo T1 .....   | 109 |
| Tabla 4-9, RC sistema constructivo T2 .....   | 109 |
| Tabla 4-10, Flujo unitario diario por consumo de energía eléctrica.....                             | 111 |
| Tabla 4-11, Flujo unitario horario por consumo de combustible.....                                  | 111 |
| Tabla 4-12, Emisiones para la etapa 1 del sistema constructivo T1. ....                             | 112 |
| Tabla 4-13, Emisiones para la etapa 1 del sistema constructivo T2. ....                             | 113 |
| Tabla 4-14, Emisiones para la etapa 2 del sistema constructivo T1. ....                             | 115 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 4-15, Emisiones para la etapa 2 del sistema constructivo T2. ....                                      | 116 |
| Tabla 4-16, Emisiones para la etapa 3 en los materiales del sistema constructivo T1.....                     | 118 |
| Tabla 4-17, Emisiones para la etapa 3 en los materiales del sistema constructivo T2.....                     | 119 |
| Tabla 4-18, Emisiones para la etapa 3 por la mano de obra del sistema constructivo T1.....                   | 121 |
| Tabla 4-19, Emisiones para la etapa 3 por la mano de obra del sistema constructivo T2.....                   | 122 |
| Tabla 4-20, Emisiones para la etapa 3 por el uso de la maquinaria y equipo del sistema constructivo T1. .... | 123 |
| Tabla 4-21, Emisiones para la etapa 3 por el uso de la maquinaria y equipo del sistema constructivo T2. .... | 123 |
| Tabla 4-22, Resultados de los sistemas constructivos T1 y T2 .....   | 126 |
| Tabla 4-23, Costos de las emisiones de CO <sub>2</sub> equiparadas al consumo de energía. ....               | 127 |
| Tabla 5-1, Calendario de trabajo.....  | 138 |
| Tabla 5-2, Flujo financiero para el proyecto de intervención.....  | 140 |

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1-1, Crecimiento de la población en México. ....                                      | 4  |
| Figura 1-2, Países con mayor población en el mundo. ....                                     | 5  |
| Figura 1-3, Costos totales por agotamiento y degradación reportados en SCNM. .               | 7  |
| Figura 1-4, GEI durante el año 2013 inventariados por el INECC.....                          | 9  |
| Figura 1-5, Países con mayor aportación de GEI. ....   | 9  |
| Figura 1-6, Ubicación en la región noroeste, estado de Sinaloa.....                          | 11 |
| Figura 1-7, Unidades Regionales dentro de la UAS.....  | 11 |
| Figura 1-8, Ubicación de los edificios objeto de análisis.....                               | 12 |
| Figura 2-1, Etapas evaluadas para ambos tipo de vasos .....                                  | 26 |
| Figura 2-2, Emisiones de CO <sub>2</sub> en el auditorio.....                                | 27 |
| Figura 2-3, Emisiones de CO <sub>2</sub> en el edificio habitacional.....                    | 28 |
| Figura 2-4, Emisiones de CO <sub>2</sub> en el hospital.....                                 | 28 |
| Figura 2-5, Emisiones de CO <sub>2</sub> en oficinas.....                                    | 28 |
| Figura 2-6, Emisiones de CO <sub>2</sub> de los tres sistemas de muros. ....                 | 29 |
| Figura 2-7, Porcentajes de emisiones por etapas en cada tipo de material utilizado.<br>..... | 30 |
| Figura 2-8, Daño (por grupo de CI) ocasionado por los sistemas constructivos...              | 33 |
| Figura 2-9, Leyes relacionadas con el medio ambiente en México.....                          | 35 |
| Figura 2-10, Jerarquía de leyes ambientales en México.....                                   | 38 |
| Figura 2-11, Enfoques en las etapas de un ACV. ....  | 41 |
| Figura 2-12, Sectores industriales de acuerdo a la LGCC.....                                 | 42 |
| Figura 2-13, Subsectores de la industria de acuerdo a la LGCC.....                           | 45 |
| Figura 3-1, Fases para el estudio de ICV.....  | 53 |
| Figura 3-2, Desarrollo del objetivo de un ACV.....   | 54 |
| Figura 3-3, Requisitos a utilizar en el desarrollo del alcance para el ACV.....              | 56 |
| Figura 3-4, Etapas previstas del ACV. ....   | 58 |
| Figura 3-5, Consideraciones propuestas para el límite del sistema.....                       | 60 |
| Figura 3-6, Fases del ICV. ....  | 62 |
| Figura 3-7, Comparación de emisiones de CO <sub>2</sub> eq.....                              | 74 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 4-1, Edificio U3-C convencional T-1.....  | 76  |
| Figura 4-2, Edificio U3-C alternativo T-2.....   | 77  |
| Figura 4-3, Sistemas del producto a estudiar.....  | 80  |
| Figura 4-4, Elementos de las envolventes para T1 y T2 en su paramento vertical.<br>.....                                       | 82  |
| Figura 4-5, Porcentaje de insumos en el sistema T1. ....   | 83  |
| Figura 4-6, Porcentaje de insumos en el sistema T2. ....   | 83  |
| Figura 4-7, Fachada principal tipo del edificio U3-C. ....   | 85  |
| Figura 4-8, Ciudad de Culiacán, estado de Sinaloa en la región Noroeste de<br>México.....                                      | 86  |
| Figura 4-9, Ubicación del sistema constructivo T1 y T-2.....   | 87  |
| Figura 4-10, Etapas del análisis de ICV.....   | 88  |
| Figura 4-11, Costos (\$) para la envolvente en cada sistema constructivo.....  | 90  |
| Figura 4-12, Costos (\$) para los grupos de insumos de cada sistema constructivo.<br>.....                                     | 91  |
| Figura 4-13, Mano de obra expresada en jornales de un solo obrero.....   | 92  |
| Figura 4-14, Horas de trabajo de los equipos de construcción. ....   | 93  |
| Figura 4-15, Masa y volumen para los dos sistemas constructivos. ....  | 94  |
| Figura 4-16, ICV para los sistemas constructivos T1 y T2.....  | 97  |
| Figura 4-17, Industrias que serán analizadas. ....   | 101 |
| Figura 4-18, Emisiones de CO <sub>2</sub> eq para la primer etapa de los insumos de<br>materiales en T1 y T2. ....             | 114 |
| Figura 4-19, Emisiones de CO <sub>2</sub> eq para la segunda etapa de los insumos de<br>materiales en T1 y T2. ....            | 117 |
| Figura 4-20, Emisiones de CO <sub>2</sub> eq para la tercera etapa de los insumos de<br>materiales en T1 y T2. ....            | 120 |
| Figura 4-21, Emisiones de CO <sub>2</sub> eq para la tercera etapa de los insumos de mano<br>de obra y equipo en T1 y T2. .... | 124 |
| Figura 4-22, Comparacion final de emisiones de CO <sub>2</sub> eq para T1 y T2.....  | 125 |
| Figura 4-23, Porcentajes de emision del ICV en T1 y T2.....  | 130 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 4-24, Porcentajes de emision de los insumos para T1 y T2.....          | 130 |
| Figura 4-25, Porcentajes de emision para cada una de las etapas dl ICV.....   | 131 |
| Figura 4-26, Emisiones en los insumos de materiales para las tres etapas..... | 133 |
| Figura 4-27, Grupos de la sociedad a los que se presentará el proyecto. ....  | 135 |

## **ABREVIATURAS**

AA: Auditoria Ambiental.

ACV: Análisis de Ciclo de Vida.

CAPFCE: Comité para la Administración Federal para la Construcción de Escuelas.

COA: Cedula de Operación Anual.

CMIC: Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción.

CMM: Centro Mario Molina.

DCM: Dirección de Construcción y Mantenimiento.

DOF: Diario Oficial de la Federación.

EPA: Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.

GEI: Gases de efecto invernadero.

ICV: Inventario de ciclo de vida.

INECC: Instituto Nacional de Ecología y Cambio climático.

INEGI: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INIFED: Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa.

IPCC: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

ISIFE: Instituto Sinaloense para la Infraestructura Física Educativa.

ISO: Organización Internacional de Estandarización.

LGCC: Ley General de Cambio Climático.

LGEEPA: Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

LOPSRM: La Ley de Obras Publicas y Servicios Relacionados con las Mismas.

MIA: Manifestación de Impacto Ambiental.

MRI: Midwest Research Institute Code of Practice for Life Cycle Assessment.

ONU: Organización de las Naciones Unidas.

PCM: Potencial de Calentamiento Global.

RENE: Registro Nacional de Emisiones.

SCNM: Sistema de Cuentas Nacionales de México.

SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

SETAC: Sociedad de Toxicología y Química Ambiental.

UAS: Universidad Autónoma de Sinaloa.

# 1 INTRODUCCION

## 1.1 Presentación

*“La ignorancia genera confianza más frecuentemente que el conocimiento. Son los que saben poco, y no los que saben más, quienes afirman tan positivamente que este o aquel problema nunca será resuelto por la ciencia.”*

Charles Darwin

El propósito del presente proyecto de intervención es determinar el impacto ocasionado al *medio ambiente* por la utilización de los diferentes insumos, como lo son los materiales de construcción, empleados en la *envolvente vertical*, para edificar la infraestructura educativa en el Noroeste de México, utilizando la herramienta denominada *Análisis de Ciclo de Vida (ACV)*, en la fase de *Inventario de Ciclo de Vida (ICV)*.

Para la definición del ACV así como del ICV, se describe lo señalado en la Norma Mexicana NMX-SAA-14040-IMNC-2008, la cual explica que el primero es *“la recopilación y evaluación de las entradas, las salidas y los impactos ambientales potenciales de un sistema del producto a través de su ciclo de vida”* [1], y para la fase del análisis de ciclo de vida mencionada como ICV, esta es la *“fase del análisis de ciclo de vida que implica la recopilación y la cuantificación de entradas y salidas para un sistema del producto a través de su ciclo de vida”* [2]

En los anteriores conceptos, debe destacarse que el ACV es una herramienta, con la cual se *“trata los aspectos e impactos ambientales potenciales (por ejemplo, la utilización de recursos y las consecuencias ambientales de las emisiones y vertidos) a lo largo de todo el ciclo de vida (CV) de un producto desde la adquisición de la materia prima, pasando por la producción, utilización tratamiento final, reciclado, hasta su disposición final (es decir de la cuna a la tumba).”* [1].

Es importante mencionar que la utilización de la metodología de gestión ambiental, utilizando la herramienta del ACV, en la fase de ICV debe realizarse en forma iterativa, solo de esta forma se logra mejorar los sistemas constructivos con diferentes elementos de construcción propuestos. Además tenemos que el “*ICV es similar a un estudio de ACV, pero excluyendo la etapa de Evaluación del Impacto de Ciclo de Vida (EICV)*” [2].

Para obtener el análisis descrito en los insumos de construcción utilizados para la *envolvente vertical*, en este proyecto, se recurre a un estudio del ICV, elaborado particularmente sobre dos sistemas constructivos conocidos, llamados estructuras U3-C (urbano de tres niveles con estructura de concreto), donde se utilizan cantidades de materiales diferentes, plasmadas en el diseño de sus fachadas.

El alcance para este proyecto de intervención es conocer la influencia al ecosistema y cuantificar los posibles impactos ambientales de los productos y servicios relacionados con los dos sistemas constructivos por la utilización de los recursos naturales asociados a cada sistema, buscando además proporcionar la presentación de los resultados, con base a la unidad de medida de peso expresada por dióxido de carbono equivalente, dicha influencia no solamente se determinara en sus muros sino en su estructura vertical respecto a las fachadas que rodean las cuatro caras de cada sistema constructivo, es decir en su *envolvente vertical*.

Las fases evaluadas del CV, corresponden a los insumos empleados en la edificación de los dos sistemas constructivos y van desde obtener las materia primas, su transporte hasta la etapa de construcción con todos los insumos utilizados.

Por lo anterior, se considera de importancia analizar las condiciones de las etapas por las que atraviesan los insumos en este tipo de edificios, para detectar su *influjo* al entorno y con ello identificar la posible problemática hacia el medio ambiente, que generan la utilización de los diferentes materiales de construcción empleados en la región Noroeste para los edificios de infraestructura educativa y de este

modo tratar de mitigar las causas que generan estos problemas, tales como los contaminantes a través de las emisiones al aire, agua y al suelo por medio de la utilización de las diferentes formas de energía.

Para lograr el objetivo, se utiliza la metodología de gestión ambiental con base a las Normas Internacionales ISO:14044 (Organización Internacional de Estandarización) en su equivalente en México NMX-SAA-14040-IMNC-2008 y NMX-SAA-14044-IMNC-2008, con las cuales se analizan los dos tipos de proyectos ya edificados, obteniendo como resultado información para interpretar con enfoque de sostenibilidad, en el ramo de la construcción, y que se cumpla con la *constructabilidad* existente de la región, particularmente en la edificación de estos dos tipos de construcciones que pertenecen a la infraestructura educativa de la Universidad Autónoma de Sinaloa.

En definitiva, la utilización de herramientas con carácter sostenible, como lo es el contenido de este proyecto, deben formar parte del criterio para la selección de los insumos que se utilizan en las edificaciones futuras, la idea central de este trabajo, es encontrar el ICV de dichos elementos, y para lograrlo se determinan las cantidades con mayor representatividad en costo, peso y volumen de los insumos que intervienen para edificar ambos sistemas constructivos, y con ello, el análisis de la transformación a la que son objeto dichos insumos hasta convertirlos en parte de la envolvente vertical de cada edificio.

## **1.2 Análisis situacional**

*“La población mundial en el año de 1960 se estimó en un poco más de tres mil millones de habitantes y ha venido creciendo de manera exponencial a tal grado que para finales del año 2015 se ha duplicado, siendo una población mundial total aproximada de siete mil trescientos cuarenta y nueve millones cuatrocientos setenta y dos mil personas”* [3], considerándose el mayor detonante de crecimiento la revolución industrial, debido a la cual se lograron inmensas transformaciones económicas, tecnológicas y sociales, la cual tuvo su apogeo durante la segunda mitad del siglo XVIII hasta mediados del siglo XIX.

Es así como el auge mayoritario de crecimiento poblacional, fue generando el incremento del uso de los recursos naturales, con esta revolución se solucionaron problemas gigantescos, dando solución a insuficiencias primarias históricas, como lo es la alimentación y la salud entre otras, lo que ocasiono surgiesen cambios demográficos y sociales importantes. *“Por primera vez en la historia, el nivel de vida de las masas y la gente común experimentó un crecimiento sostenido (...) No hay nada remotamente parecido a este comportamiento de la economía en ningún momento del pasado”.* [4].

De modo similar, el censo de población en México también se incrementó, con información obtenida por el Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI), los habitantes dentro del territorio nacional han venido aumentando desde el año de 1950, de tal forma que hasta la fecha ha crecido por más de cuatro veces, representando en ese año una población de veinticinco millones ochocientos mil (25'800,000) individuos y para el año 2015 la población según el INEGI en su encuesta intercensal es de un total de ciento diecinueve millones quinientos treinta mil setecientos cincuenta y tres (119'530,753) habitantes, dicho crecimiento se representa en la Figura 1—1.

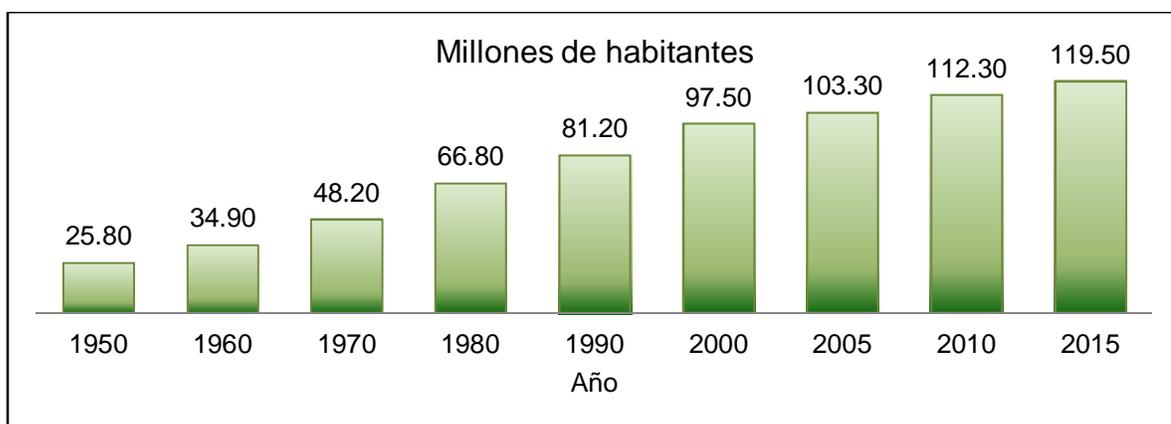


Figura 1-1, Crecimiento de la población en México.  
Fuente: [5].

De esta manera, México se situó en el onceavo lugar dentro de los países con el mayor número de habitantes, lo cual se muestra en la Figura 1–2, mostrada a continuación.

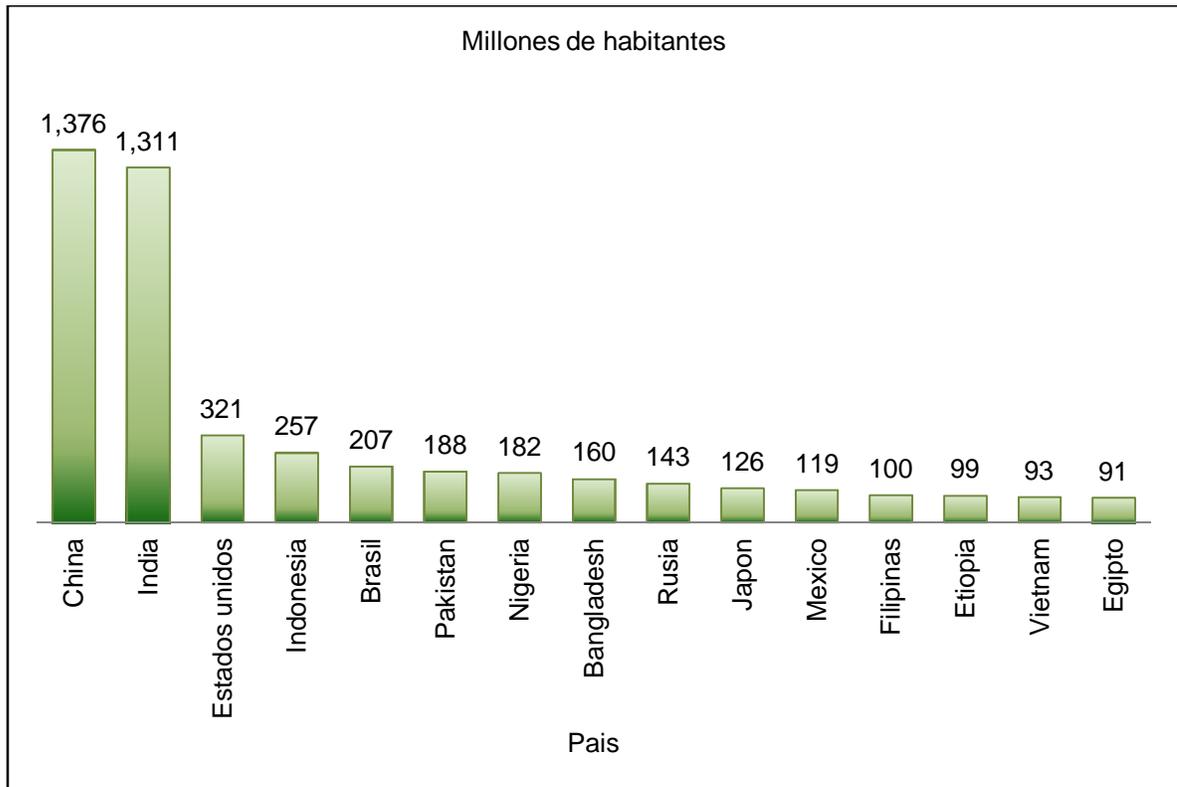


Figura 1-2, Países con mayor población en el mundo.  
Fuente: [5].

Derivado del anterior comportamiento en el crecimiento de la población fue necesario conjuntamente satisfacer las necesidades humanas requeridas como de alimentación, servicios, educación, cultura y otros aspectos de los cuales todos incluyen la utilización de energía y recursos, dicha utilización de energía que proviene mayormente de los recursos naturales es la que ha sido irracionalmente utilizada, en un primer panorama por falta de cuidado adecuado desde su obtención o por el no restablecimiento de los recursos naturales utilizados y en

otra perspectiva derivada por el desmesurado aprovechamiento de dichos recursos naturales.

Las actividades *antrópicas* son las que realiza el ser humano y estas actividades generan un impacto al medio ambiente y a los recursos naturales, estos efectos son de diversa índole, para México las actividades *antropogénicas* vinculadas a las principales variables macroeconómicas se han determinado y presentado los resultados en el Sistema de Cuentas Nacionales de México (SCNM) a través del INEGI, en donde se plasma la información referente del impacto al medio ambiente y al consumo de recursos naturales.

Obtenido de la fuente anterior de información, es destacable mencionar el Producto Interno Bruto (PIB) del país, el cual refleja en términos monetarios el valor de los bienes y servicios en un periodo determinado; se indica que para el año 2014 la cifra del PIB es de 17.2 billones de pesos y para el mismo periodo las actividades en la construcción referente al PIB aportaron 1.23 billones de pesos, representando un 7.12%. El mismo INEGI, arroja datos importantes referentes a los costos por agotamiento y la degradación de los recursos naturales, ubicándolos en 0.90 billones de pesos, lo que indica un porcentaje de 5.20%.

Ampliando la información emitida por el INEGI en el SCNM, se observa que para el caso de los costos por agotamiento y por degradación de los recursos naturales, se han registrado importes desde el año 2003 por encima de los seiscientos mil millones de pesos, siendo para el año 2014 un monto de novecientos diez mil novecientos cinco millones de pesos. En la Figura 1—3, se ejemplifican los importes en millones de pesos, que han representado para México.

Además en la Tabla 1—1, se enumeran los porcentajes de agotamiento y degradación con respecto al PIB durante el año 2014, esta información es obtenida también a través del INEGI a partir del SCNM, en la cual se detallan los costos que han significado para el país, las actividades que impactan al medio ambiente por las principales variables económicas. Encontrando que por agotamiento, los costos debido a la obtención de los hidrocarburos son de ciento

cinco mil cuatrocientos setenta y cinco millones de pesos, por los recursos forestales catorce mil setecientos setenta y siete millones de pesos y por la utilización del agua subterránea y por degradación, en contaminación del aire se tienen quinientos cuarenta y dos mil doscientos ochenta y tres millones de pesos, contaminación del agua son setenta y cuatro mil trescientos veintidós millones de pesos, de residuos sólidos son cincuenta y siete mil trescientos cuarenta millones de pesos y por la degradación al suelo, el costo es por ochenta y seis mil cuatrocientos ochenta y ocho en millones de pesos.

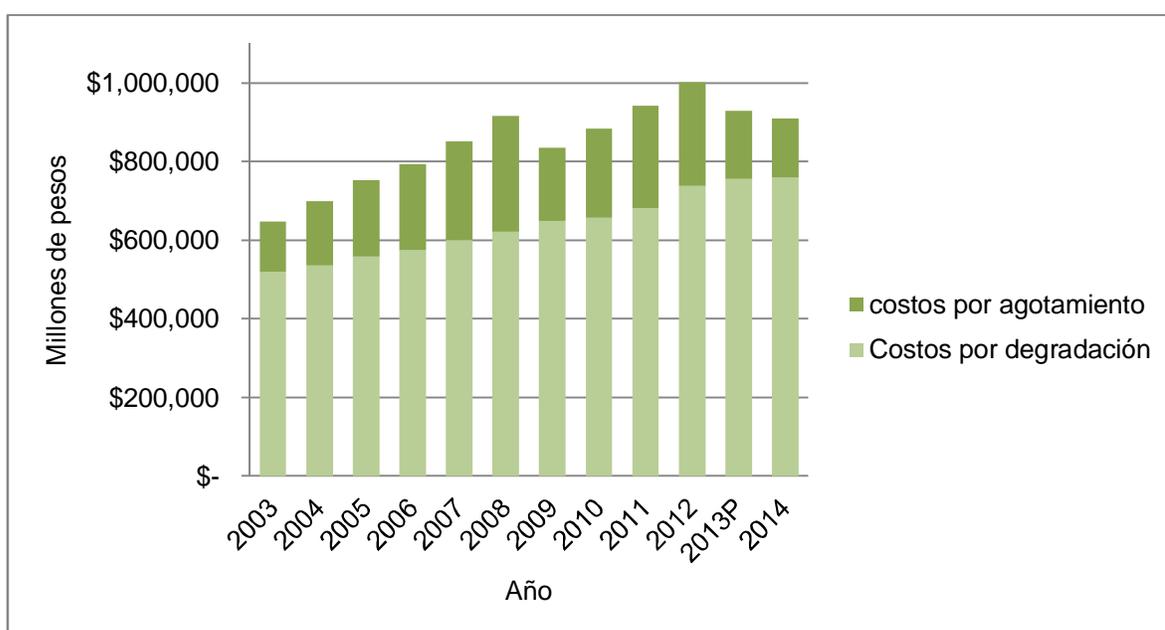


Figura 1-3, Costos totales por agotamiento y degradación reportados en SCNM. Fuente: [6].

Nótese como el importe con mayor efecto causante, de las diferentes variantes enlistadas, es el costo representado por la degradación al medio ambiente debido a la contaminación del aire, a este se atribuye en mayor medida la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI), considerando el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) el de más importancia. “... el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), se ha caracterizado como el principal responsable de la intensificación del efecto invernadero y del calentamiento global, hasta en un 70% del total a nivel mundial.” [7].

Tabla 1-1, Costos totales por agotamiento y degradación, año 2014.

|                        | Millones de pesos<br>importe en pesos | Agotamiento<br>% | Degradación<br>% |
|------------------------|---------------------------------------|------------------|------------------|
| PIB                    | \$17,209,663                          |                  |                  |
| Hidrocarburos          | \$105,475                             | 0.6              |                  |
| Recursos forestales    | \$14,777                              | 0.1              |                  |
| Agua subterránea       | \$30,220                              | 0.2              |                  |
| Contaminación del aire | \$542,283                             |                  | 3.2              |
| Contaminación del agua | \$74,322                              |                  | 0.4              |
| Residuos sólidos       | \$57,340                              |                  | 0.3              |
| Suelo                  | \$86,488                              |                  | 0.5              |

Fuente: [6].

En el primer informe bienal de actualización, presentado el año 2015, ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), la SEMARNAT por medio del INECC, calculó que las emisiones totales de GEI en el año 2013 fueron de 665,304.92 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, en la Figura 1—4 se desglosan los porcentajes calculados, de los cuales el 75.10% representa el dióxido de carbono, 19% el metano, 4.50% el óxido nitroso y el 1.40% los llamados *gases fluorados*.

El INEGI, con el propósito de poner a disposición información estadística para tener una referencia del panorama mundial, presenta la publicación “México en el mundo 2015”, de donde se obtiene, que México ocupa el noveno lugar, dentro de las naciones que han reportado sus emisiones de GEI, en la Figura 1—5 se pueden observar los diez países con mayor aportación de los GEI, producto de las actividades antrópicas.

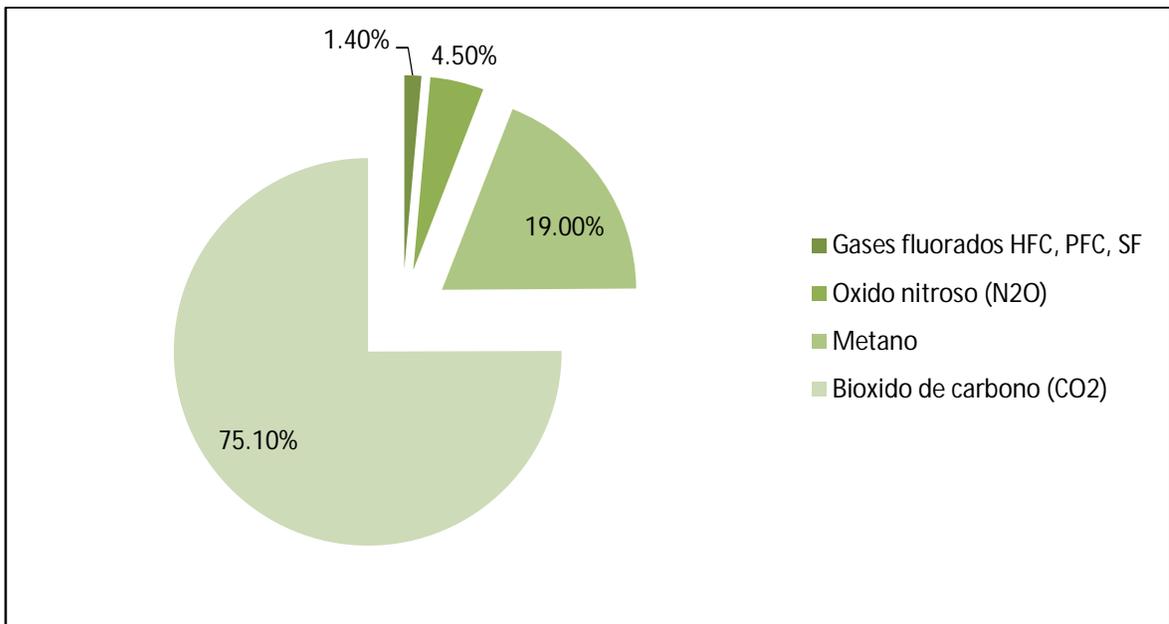


Figura 1-4, GEI durante el año 2013 inventariados por el INECC.  
Fuente: Elaboración propia con información de [8].

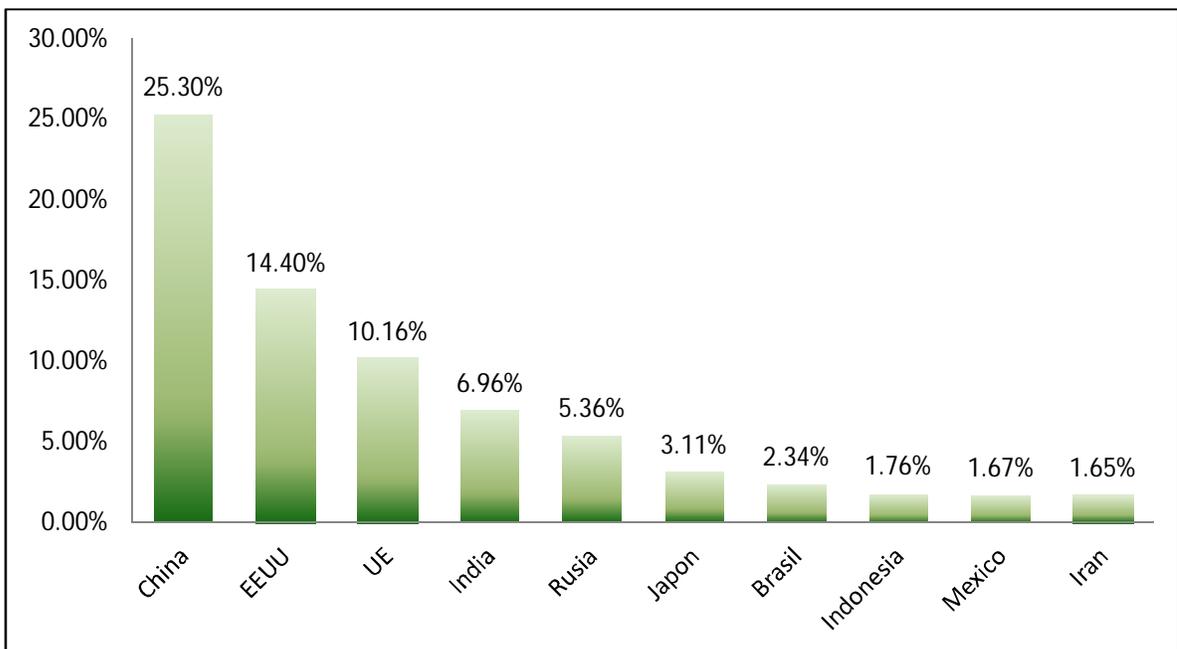


Figura 1-5, Países con mayor aportación de GEI.  
Fuente: Elaboración propia con información de [8].

Siendo en el ramo de la construcción donde se realiza el proyecto de intervención referente a la edificación de infraestructura educativa, particularmente a los espacios de aulas de un edificio denominado U3-C, es importante agregar que en esta actividad también se generan importes económicos relevantes, *“el sector de la construcción es responsable de grandes aportaciones económicas y sociales (representa en el entorno del 10% del Producto Interior Bruto de los países occidentales)”* [9].

### **1.2.1 Ubicación organizacional**

El emplazamiento de los dos proyectos de infraestructura educativa ya edificados, se encuentra en la región noroeste de México, en el estado de Sinaloa, municipio de Culiacán y pertenecen a la institución educativa de nivel superior y medio superior denominada Universidad Autónoma de Sinaloa, ambos pertenecen a la unidad regional centro, Figura 1–6 y Figura 1–7.

Ambas edificaciones fueron construidos durante el año 2015 y 2016 y son del tipo urbano de tres niveles de concreto (U3-C), se le denomina “T1” al edificio que alberga las aulas, auditorio y laboratorio de usos múltiples pertenecientes a la unidad académica de la Facultad de Agronomía, con fachadas tipo, diseñadas por el INIFED. En el segundo caso, se nombra “T2”, con las mismas características arquitectónicas en planta y del mismo diseño estructural, pero con fachadas diseñadas por la Dirección de Construcción y Mantenimiento (DCM) de la UAS, este edificio pertenece a la misma unidad académica de la Facultad de Agronomía, con coordenadas 24°37'33.33" norte y 107°26'37.49" oeste en la Figura 1–8 se aprecian las dos unidades académicas dentro del municipio de Culiacán.



Figura 1-6, Ubicación en la región noroeste, estado de Sinaloa.

Fuente: [10].

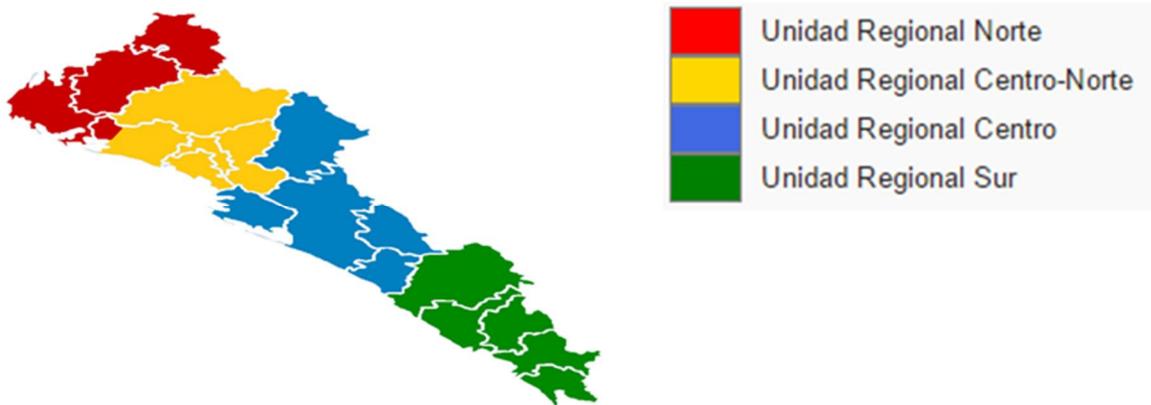


Figura 1-7, Unidades Regionales dentro de la UAS.

Fuente: [11]



Figura 1-8, Ubicación de los edificios objeto de análisis.

Fuente: Elaboración propia con información de [12]

En base a las políticas públicas realizadas por el gobierno mexicano, la infraestructura educativa, es concebida con recursos económicos provenientes del Fondo de Aportaciones Múltiples (FAM). *“En cumplimiento de los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000, el Gobierno Federal emprendió una política progresiva e irreversible en materia de federalismo, la cual ha fortalecido la descentralización de las funciones públicas en los ámbitos administrativo y presupuestario y, simultáneamente, ha permitido avanzar en el proceso de consolidación de la vida democrática nacional”.* [13]

Siendo el presidente de la República Mexicana durante el periodo de 1995-2000, el C. Ernesto Zedillo Ponce de León presentó su Plan Nacional de Desarrollo, el cual se caracteriza por un proceso de descentralización muy importante para la

aplicación de recursos federales, plasmándose en la Ley de Coordinación Fiscal (LCF) la adición del capítulo V, donde el artículo 25 da a conocer que “la participación de los Estados, Municipios y el Distrito Federal en la recaudación federal participable, se establecen las aportaciones federales, como recursos que la Federación transfiere a las haciendas públicas de los Estados, Distrito Federal, y en su caso, de los Municipios, condicionando su gasto a la consecución y cumplimiento de los objetivos que para cada tipo de aportación establece esta Ley, para los Fondos siguientes...” creándose en este artículo ocho fondos derivados del Ramo 33, entre ellos el Fondo de Aportaciones Múltiples, el cual consiste conforme los artículos 39, 40 y 41, en destinar el 54% de esta partida presupuestal para la construcción, equipamiento y rehabilitación de infraestructura física de los niveles de educación básica, media superior y superior en su modalidad universitaria según las necesidades de cada nivel. Donde previamente se plasma que el Fondo de Aportaciones Múltiples se determinará anualmente en el Presupuesto de Egresos de la Federación por un monto equivalente, sólo para efectos de referencia, al 0.814% de la recaudación federal.

Para finales del mes de abril del año 2015 se tiene programado en el FAM destinado a universidades públicas estatales, de apoyo solidario y universidades interculturales un presupuesto por mil seiscientos seis millones novecientos treinta y siete mil setecientos cincuenta y un pesos (\$1,606'937,751.00 pesos en m.n.), cabe destacar que para la Universidad Autónoma de Sinaloa recibe en este ciclo aproximadamente el 3.95% siendo la sexta universidad con el mayor importe destinado para la construcción de infraestructura educativa con un importe de sesenta y tres millones cuatrocientos noventa y ocho mil setecientos ochenta pesos (\$63'498,780.00 pesos en m.n.), [14].

Es primordial mencionar, que antes de la desconcentración federal, el organismo público creado con el objeto de organizar, dirigir y llevar a cabo los programas federales de construcción, equipamiento y habilitación de inmuebles e instalaciones destinados al servicio de la educación en general, así como emitir las

normas técnicas respectivas era el Comité para la Administración Federal para la Construcción de Escuelas (CAPFCE), siendo desde el 2 de febrero del 2008 con la creación de la Ley General de Infraestructura Física Educativa, el órgano exclusivamente normativo, el Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa (INIFED).

*“Con el objetivo de fortalecer la infraestructura educativa en el país, el INIFED emite normas y especificaciones técnicas, participa en la elaboración de normas mexicanas, y elabora guías operativas para la administración de los recursos destinados a la infraestructura educativa. Asimismo el INIFED lleva a cabo acciones de seguimiento técnico y administrativo en los programas de obra a cargo de las entidades federativas cuando incorporan recursos federales; participa en los programas de construcción de obra en el Distrito Federal y en los programas de inversión complementarios a las acciones de las entidades federativas” [15].*

### **1.2.2 Descripción funcional y/u operativa**

En todos los gobiernos del mundo, así como a lo largo y ancho de la república Mexicana, siempre ha sido de vital importancia que la ejecución de los recursos públicos, cumplan con la transparencia, que sea óptima en calidad y en tiempo, y en todos los casos, cumplir con las leyes establecidas; La *Ley de Obras Publicas y Servicios Relacionados con las Mismas (LOPSRM)*, refiere en su artículo 20 lo siguiente: *“Las dependencias y entidades estarán obligadas a considerar los efectos sobre el medio ambiente que pueda causar la ejecución de las obras públicas con sustento en la evaluación de impacto ambiental prevista por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Los proyectos deberán incluir las obras necesarias para que se preserven o restituyan en forma equivalente las condiciones ambientales cuando éstas pudieren deteriorarse y se dará la intervención que corresponda a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, y a las dependencias y entidades que tengan atribuciones en la materia.” [16]*

Con el atenuante anterior, a ser considerado en la utilización de los recursos administrados por las dependencias gubernamentales que son destinados a la construcción de obras públicas y con el enfoque hacia el cuidado del medio ambiente es de suma importancia para la programación, planeación y ejecución de las obras públicas, con lo cual este proyecto de intervención, pretende contribuir en considerar la utilización de los diferentes insumos que han de ser utilizados para la construcción de infraestructura educativa, con énfasis en los elementos utilizados para la fachada vertical de las edificaciones en la región noroeste de México.

Al entender el impacto al medio ambiente, ocasionado por los insumos utilizados en los dos diferentes procedimientos constructivos, es posible planear y proyectar edificios con materiales de carácter sostenible, al elegir el que utilice menor energía, un volumen bajo de recursos naturales o tenga la menor emisión de contaminantes en su ciclo de vida, por mencionar algunos, sin embargo se debe recalcar que la utilización de esta herramienta es iterativa sobre un sistema conformado por sus elementos, obteniéndose de cada uno su particular resultado, en el cual no se considera que su suma ya determina la solución final, sino que es un sistema de mayor complejidad, *“La principal característica de esta herramienta es su enfoque holístico, es decir, que se basa en la idea de que todas las propiedades de un sistema no pueden ser determinadas o explicadas solo de manera individual por las partes que lo componen. Es necesaria la integración total de todos los aspectos que participan; de ahí el concepto de tener en cuenta todo el ciclo de vida del sistema”* [17].

De acuerdo al portal de transparencia de la UAS, ver la Tabla 1–2 con el patrimonio de edificios al 31 de diciembre del año 2015, esta institución contabilizaba un área de 312.59 hectáreas de terrenos dentro del estado de Sinaloa, distribuidos en un patrimonio de 278 edificios con una superficie de 595,041.17 metros cuadrados de infraestructura educativa, el valor contable es casi dos mil millones de pesos, de los cuales 150 edificios con 388,137.75 m<sup>2</sup> son de la unidad regional centro.

Tabla 1-2, Padrón de bienes inmuebles de la UAS.

| Unidad Regional | No. de edificios | Superficie (m <sup>2</sup> ) | Millones de pesos      |
|-----------------|------------------|------------------------------|------------------------|
| Norte           | 39               | 79,570.46                    | \$203,156,519.55       |
| Centro Norte    | 36               | 41,354.66                    | \$163,635,105.93       |
| Centro Norte    | 150              | 388,137.75                   | \$1,339,416,598.39     |
| Sur             | 48               | 65,138.43                    | \$289,835,346.17       |
| Otros inmuebles | 5                | 21,160.85                    | \$3,440,374.20         |
| <b>Total</b>    | <b>278</b>       | <b>595,362.15</b>            | <b>\$1,999,483,944</b> |

Fuente: Elaboración propia con información de [18].

Por la cantidad de metros cuadrados de construcción que representan estos edificios, vale ampliamente el esfuerzo, de analizar los insumos utilizados en la edificación de sus fachadas, que revolucionen la perspectiva de la sostenibilidad en la construcción.

El uso de los edificios, es mayoritariamente para las etapas del sistema educativo superior y media superior, las medidas de un edificio tipo U3-C, especificado por el INIFED, consta de 12 entre ejes de 3.24 metros más uno de 4.00 metros en sentido longitudinal y las medidas para el sentido transversal son de 8.00 metros con una altura libre especificada de 2.94 metros para cada nivel, en el Anexo 1 se ejemplifican las dimensiones tipo en planta y para la envolvente vertical.

### 1.3 Descripción del problema general

Actualmente, se hace eco por todo el mundo, que las personas deben de gozar de una calidad de vida aceptable, para lo cual no se tiene una manera exacta de ser medida, sin embargo, tener derecho a la salud, educación, agua, alimentación, vivienda adecuada y un digno medio ambiente, por mencionar algunos, son metas que se buscan alcanzar por los mismos individuos, estos objetivos, se han visto intensificados en todas las regiones del mundo y particularmente se busca mejorar en el tema referente a los efectos adversos sobre la humanidad y los ecosistemas, atribuidos, por ejemplo, a las actividades *antropogénicas*.

En este proyecto de intervención, se busca además, reconocer por medio de la herramienta del ACV, en los dos edificios propuestos, la influencia que ejercen al medio ambiente, los diferentes insumos utilizados en cantidades desiguales para su construcción, estas diferencias son debido a las especificaciones en su diseño, lo que los hace distintos en la envolvente vertical y esto su vez, hace que sean distintas las causantes de emisiones contaminantes durante las etapas de su ciclo de vida.

Hablando de las emisiones que de los elementos en ambas edificaciones pueden derivarse, y de los costos realizados por el sector público a favor del medio ambiente para prevención, control, reducción o eliminación de la contaminación generada por las actividades *antropogénicas*, se desprende que los GEI generan el mayor costo económico en México.

*“Los principales gases de efecto invernadero (GEI) son: el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), el metano (CH<sub>4</sub>) y los clorofluorocarbonos (CFC’s).”* [19], la emisión de los GEI, principalmente el CO<sub>2</sub>, es el que en mayor cantidad se produce por las diferentes actividades humanas, *“desde el ámbito global, el efecto más popularizado es el efecto invernadero consecuencia de la emisión del CO<sub>2</sub>”* [9], a nivel mundial, el ramo de la construcción aporta aproximadamente el 10% en la emisión de dichos gases hacia el medio ambiente, siendo el cemento el que aporta mayor cantidad de todos los materiales utilizados.

Un edificio tipo U3-C, es el más utilizado para la edificación de los espacios educativos, se necesita un total de 92 toneladas de cemento en 1543 metros cuadrados de construcción, tomando como promedio 59.62 kilogramos del cemento gris por cada metro cuadrado de construcción, de los cuales se emplean 56 toneladas en la envolvente vertical, representando por encima del 60% en base al cemento total requerido.

Sin embargo, en una segunda opción del proyecto, cambiando los materiales utilizados en la envolvente, principalmente para los elementos verticales, se utilizan 50.97 toneladas de cemento gris, destacando la sensibilidad que ofrece el

cambio en la cantidad de sus elementos para un segundo sistema constructivo, en este caso el del cemento gris.

De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) entre los materiales más utilizados en la industria de la construcción en México están el acero, el hierro, el cemento, la arena, la cal, la madera y el aluminio entre otros, de los cuales para la industria del cemento, según el informe del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) se emitieron en el año 2013, un total de 20,508.94 MtCO<sub>2</sub>, *“El proceso de producción de escoria a partir del calentamiento de la caliza a temperaturas sobre 950° es el que consume más energía y genera el 57% de las emisiones totales de CO<sub>2</sub> en la producción de cemento”* [20].

Aunado a lo que se ha venido describiendo en el presente documento, la emisión de los GEI, principalmente el CO<sub>2</sub>, es el que en mayor cantidad se produce por las diferentes actividades humanas. *“Mundialmente, el ramo de la construcción aporta aproximadamente el 10% en la emisión de dichos gases hacia el medio ambiente, siendo el cemento el que aporta mayor cantidad de todos los materiales utilizados.”*[21]

Es de esta manera como se encuentran, directamente ligados, todos los materiales de construcción utilizados en diferentes cantidades por su sistema constructivo, con las emisión de GEI, es decir a los problemas ambientales que se generan en al aire.

## **1.4 Definición del problema**

Coadyuvar con el compromiso humano, a través de la mejor elección de los insumos para los sistemas constructivos, con el fin de no comprometer el medio donde las futuras generaciones puedan desarrollarse en un lugar que sea habitable en el cual la calidad de vida y los recursos sean suficientes para satisfacer sus necesidades primordiales. Lo anterior forma parte de la sostenibilidad requerida a nivel mundial, donde el ramo de la construcción es parte substancial para lograrlo.

Se sabe que la superficie destinada a la infraestructura física educativa, representa una cantidad importante de metros cuadrados construidos respecto al total del área construida en los edificios públicos, vale la pena considerar el cuidado del medio ambiente mediante la utilización de materiales de construcción en la envolvente que en su ciclo de vida sean de baja o nula emisión de contaminantes. *“Dentro de los distintos sistemas constructivos, la envolvente juega el papel más importante en el diseño sostenible por su condición de filtro entre el ambiente exterior y el interior, delimitando el espacio habitable”* [22].

Se entiende como envolvente de un edificio el sistema constructivo que separa el ambiente interior del exterior, delimitando así el espacio habitable.

El medio ambiente no existe como *“esfera separada de las acciones humanas, las ambiciones y demás necesidades, y las tentativas para defender esta cuestión aisladamente de las preocupaciones humanas han hecho que la propia palabra “medio ambiente” adquiera una connotación de ingenuidad en algunos círculos políticos.”*[23].

Se tiene establecido la influencia que representa la envolvente en las construcciones por su relación directa con el ambiente, es por lo tanto, los materiales que componen dicha envolvente los que son objeto de análisis mediante la herramienta del Inventario de Ciclo de Vida.

En ese sentido, este proyecto de intervención, muestra la importancia en la selección de los insumos utilizados en la edificación de dos sistemas constructivos con un mismo fin de utilización, edificio educativo tipo U3-C, donde el enfoque del problema se visualiza del lado ambiental, con el fin de encontrar la alternativa de menor impacto ambiental utilizando la herramienta del ICV.

Entonces, el enigma se formula a causa del poco cuidado al evaluar las acciones en el ramo de la construcción y el uso desmesurado de los recursos naturales en esta actividad económica, se está comprometiendo el crecimiento futuro de la sociedad, dejando atrás la importancia que el medio ambiente significa para el desarrollo social, es decir el crecimiento sostenible.

En resumidas cuentas, la infraestructura educativa que es concebida en el noroeste del país con recursos económicos públicos, no contempla los efectos medioambientales que son causados por la elección de los insumos para edificar sus sistemas constructivos, ni es plasmado tampoco en el proyecto de estos alguna diferenciación que pueda coadyuvar a resolver los impactos al aire, agua y/o suelo durante el CV de los edificios para la planta escolar, esto es porque no hay un criterio metódico que auxilie a identificar dichos impactos, mucho menos a mitigar las causas de la degradación ambiental.

Por lo que se refiere a la infraestructura educativa dentro de la UAS, se realizan los proyectos de sus edificios con recursos dentro de su propio organigrama por conducto de la DCM y esta no contempla un criterio que contemple el medio ambiente, a la sociedad y los aspectos financieros como un solo eje, es decir no considera el desarrollo sostenible.

## 2 BASES TEORICAS

### 2.1 Marco histórico y contextual

Para poder comprender la herramienta del *Life-Cycle Assessment*, con un enfoque conocido como *from cradle-to-grave* es decir desde la cuna hasta la tumba, el concepto es traducido del idioma inglés al español como *Análisis de Ciclo de Vida*, es necesario mencionar principalmente del medio ambiente y del surgimiento del concepto sustentabilidad, de las actividades que son realizadas por el ser humano para el progreso o sustento de su vida misma.

Fue el 4 de agosto de 1987, cuando es presentado ante el pleno de la Organización de las Naciones Unidas, el trabajo de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el desarrollo, denominado “*Our Common Future*”, en dicho reporte, el cual es popularmente llamado como “Informe Brundtland”, se acuñó con énfasis el termino desarrollo sostenible. “*Está en manos de la humanidad hacer que el desarrollo sea sostenible, duradero, o sea, asegurar que satisfaga las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias*”[23].

El mensaje principal del informe, es que no puede haber crecimiento razonable, uniforme en todos los aspectos, sin un medio ambiente sostenible, invitando con su mensaje a considerar el desarrollo sostenible, donde la protección del medio ambiente se reconozca como el cimiento sobre el que descansa el desarrollo económico y social a largo plazo. Según la Comisión, los enfoques antiguos del desarrollo y de la protección del medio ambiente aumentarán la inestabilidad social y ambiental.

Diferentes acciones se han emprendido para lograr la observancia realizada por la entonces primer ministra de Noruega Gro Harlem Brundtland a quien el 19 de diciembre de 1983 la Asamblea General de la ONU, entre otras cosas, acogió con beneplácito el establecimiento de una comisión especial que debería presentar un informe sobre el medio ambiente y la problemática mundial hasta el año 2000 y

más adelante, incluidos proyectos de estrategias para lograr un desarrollo duradero, quizás el precepto anterior fue impulsado por movimientos a favor del medio ambiente como la publicación del libro “*Silent Spring*” (primavera silenciosa) por su autora Rachel Carson.

*“Carson revelo que nuestras acciones pueden llevarnos consecuencias ambientales seriamente perjudiciales cuando interferimos ante los sistemas naturales que no entendemos completamente” [24]”.*

En mayo del año 2000, durante el primer foro mundial realizado en Suecia, con los ministros de los países encargados del medio ambiente presentes, se emite la declaración de Malmo, destacando los enunciados siguientes: *“... las causas profundas de la degradación ambiental mundial están enraizadas en problemas sociales y económicos como la pobreza generalizada, los patrones de producción y consumo no sostenibles, la desigual distribución de la riqueza y la carga de la deuda... el éxito de la lucha contra la degradación ambiental depende de la participación plena de todos los actores de la sociedad, de la educación y sensibilidad de la población, del respeto por los valores éticos y espirituales, y por la diversidad cultural, así como de la protección de los conocimientos indígenas”.* [25]

Ideas como la anterior, fueron plasmando la inquietud entre todas las naciones para resolver el crecimiento acelerado y desorganizado del uso de los recursos naturales,

En la búsqueda de garantizar el desarrollo sostenible se han implementado distintas estrategias con el fin de conseguir los objetivos planteados. *“Existen registros de los primeros estudios sobre los impactos ambientales en la década de 1960 y 1970, los cuales tenían como objetivo central la evaluación y comparación de productos consumibles” [26].*

*“En 1969, Harry E. Teasley Jr., de Coca-Cola Company, quien estaba al mando de la División de Envases, encargó un estudio (nunca publicado debido a su contenido confidencial) al Midwest Research Institute (MRI), que tenía su oficina*

*en la ciudad de Kansas, con el objeto de determinar las cantidades de energía, materiales e impactos ambientales asociados a lo largo del ciclo de vida de envases, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final. A este trabajo se le denominó “Análisis del perfil ambiental y de recursos” [27].*

*“Lo que hoy se conoce con el nombre de evaluación de ciclo de vida (Life Cycle Assessment) suele también indistintamente llamársele análisis de ciclo de vida, (ACV) fue la denominación que por fin acogió la comunidad internacional de expertos en el tema en el año de 1991, debido a que la aplicación de la metodología de ACV no sólo incorpora elementos objetivos sino también elementos subjetivos” [28].*

*“El ACV solía recibir anteriormente otros nombres, tales como ecobalances, análisis del perfil ambiental y de recursos, análisis ambiental integral, perfiles ambientales, entre otros, y se le comparaba con otras herramientas tales como evaluación del riesgo ambiental y la evaluación de impacto ambiental en cuanto al alcance, las ventajas y las desventajas entre uno y otro métodos” [29].*

La *Organización Internacional de Normalización* mejor conocida como la ISO es una organización no gubernamental que promueve la estandarización de normas internacionales, emitió la norma de gestión ambiental análisis de ciclo de vida – requisitos y directrices ISO 14044, siendo la más reciente actualización con fecha del 07 de enero del 2006, la cual define el ACV como *“recopilación y evaluación de las entradas, resultados y los impactos ambientales potenciales de un sistema del producto (este término incluye servicios) durante su ciclo de vida.” [2]*

El ACV es un método para medir la huella ambiental de algún bien mueble, inmueble o servicio que se realiza por el ser humano y que modifica en alguna medida al medio ambiente.

Así fue como se dio inicio a la inquietud para el uso de este método siendo hasta 1990 cuando de manera formal se le da el nombre de ACV, el cual tiene la finalidad de analizar la huella que deja en el medio ambiente cualquier producto teniendo en cuenta el suministro de las materias primas necesarias para fabricarlo,

desde la obtención, transportación, fabricación o transformación para otros productos y por último, el propio producto, incluyendo envase, la utilización del mismo y los residuos generados por su uso.

*“En el sector de la construcción la idea del ACV se empezó a utilizar a partir de los años 90´s” (Fava, 2006), y el “interés en utilizar el ACV comienza a crecer rápidamente a partir del año 2000” [26], “En México, la formulación de propuestas orientadas a organizar la actividad del campo de la educación ambiental se llevó a cabo en la primera mitad de la década de los años noventa [30]*

En nuestro país el ACV se establecido la equivalencia a la Norma Internacional ISO 14040:1997 para realización del análisis de ciclo de vida siendo las normas aplicables: NMX-SAA-14040-IMNC-2008 y la NMX-SAA-14044-2008.

De acuerdo con estas normas, el ciclo de vida tiene 4 etapas:

1. Definición de metas y alcances.
2. Inventario de ciclo de vida.
3. Evaluación del impacto del ciclo de vida.
4. Interpretación.

En México, existen estudios referentes al ACV, sobre materiales y procesos relacionados con la industrias, principalmente con la farmacéutica y de algunos componentes electrónicos, como el de las baterías de los celulares, otros más relacionados a los principales materiales empleados en la construcción de casas-habitación, sobre estos materiales, sus estudios van orientadas solo al ecodiseño, con poca percepción referente a costos, ya que la idea en otros países del ACV en las construcciones es lograr un mejor equilibrio de la construcción con el medio ambiente aunado a la sustentabilidad que puede ofrecer la misma construcción, por ejemplo, una construcción en zonas donde existan ciertos tipos de materiales regionales es de mayor sustentabilidad, que otra donde se utilicen los mismos insumos, pero que no son producidos en la región.

## 2.2 Marco referencial

La mayor parte de los trabajos relacionados con el ACV son sobre el impacto social, económico y al medio ambiente de productos y servicios de la industria alimenticia, computacional y agrícola, es en estas industrias donde más trabajos de investigación existen en referencia con el Inventario del Ciclo de Vida.

La Asociación Nacional de la Industria Química Mexicana, con el afán de conocer impactos ambientales durante el ciclo de vida en dos tipos de vasos desechables, uno fabricado con poliestireno expandido (EPS) y otra opción en papel plastificado con polietileno. Esta asociación civil, le solicito un estudio al Centro de Análisis de Ciclo de Vida y Diseño sustentable (CADIS), el cual se realizó bajo los lineamientos de la norma ISO 14040:2006 con su equivalente en el país, la norma NMX-SAA-14040-IMNC-2008.

Los resultados encontrados por CADIS, mostrados en la Figura 2—1, resaltan que de las etapas del ciclo de vida en ambos vasos, la primera es la que mayores impactos ambientales ejerce, siendo esta la que producen las materias primas indispensables. Para el caso de las emisiones al medio ambiente, por medio de la generación de CO<sub>2</sub> durante sus etapas, señalan como ejemplo que, 6000 vasos del tipo de papel producen el equivalente a un viaje de 3662 kilómetros en avión de una persona, comparándolo con los vasos de poliestireno, los cuales emiten CO<sub>2</sub> como si fuesen 771 kilómetros. [31]

Considerando que el enfoque de ciclo de vida, para seleccionar materias primas en las industrias fabricantes de los productos cotidianos que son utilizados por las personas, se ha tornado importante en las decisiones relacionadas con el medio ambiente, también se encontrado que, *“en las últimas décadas, la reducción del impacto ecológico de los edificios está recibiendo cada vez más atención de los investigadores, responsables políticos y las empresas. Sobre todo la atención se centra en la reducción del consumo de energía y el uso de materiales ecológicos, pero el concepto de ciclo de vida está creciendo con importancia mundial”* [26].



Figura 2-1, Etapas evaluadas para ambos tipo de vasos.

Fuente: [31]

Con la herramienta del ACV, la asociación civil con el nombre de Centro Mario Molina (CMM), presenta en enero del año 2014, los resultados donde compara cuatro casos de estudio, referentes a construcciones de edificios, el de un auditorio, un edificio habitacional, un hospital y un edificio para oficinas. Siendo modelado para cada caso dos escenarios, el diseño convencional y un diseño eficiente, las etapas que fueron previstas en el análisis son las de construcción y

de operación. Además, es importante señalar que se elige como unidad funcional la construcción y operación de un edificio durante cincuenta años en el Valle de México.

En dicho trabajo, el CMM encontró resultados favorables, al modelar los dos diferentes tipo de edificios en cada caso de estudio, que se dieron en función de las características de los materiales utilizados en su construcción, por ejemplo, los sistemas que diferencian el escenario convencional del escenario eficiente son los de iluminación al cambiar luminarios incandescentes por luminarios de led, aislamiento térmico en techos y muros, rehabilitación de los aislamientos en ductos de aires acondicionados, planta de tratamiento de aguas residuales, captación de agua pluvial con tratamiento para su uso como agua potable.

*“En función de la categoría de impacto analizada y del tipo de edificio, se observó que la adecuación de los edificios puede reducir los impactos en 32% o hasta en 94%”* [32]. Dichos impactos al medio ambiente, en la categoría del calentamiento global dada por el CO<sub>2</sub>, fueron obtenidos en la investigación y se ejemplifica la Figura 2—2 para el edificio del auditorio, Figura 2—3 en edificio habitacional, Figura 2—4 edificio hospitalario y Figura 2—5 para las oficinas, respectivamente.

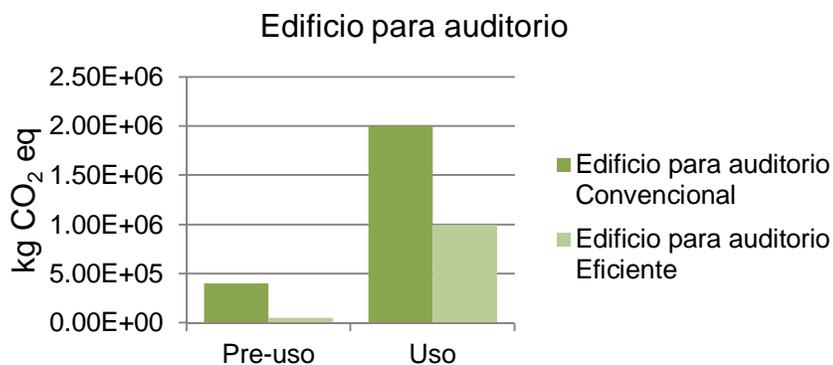


Figura 2-2, Emisiones de CO<sub>2</sub> en el auditorio.  
Fuente: [32].

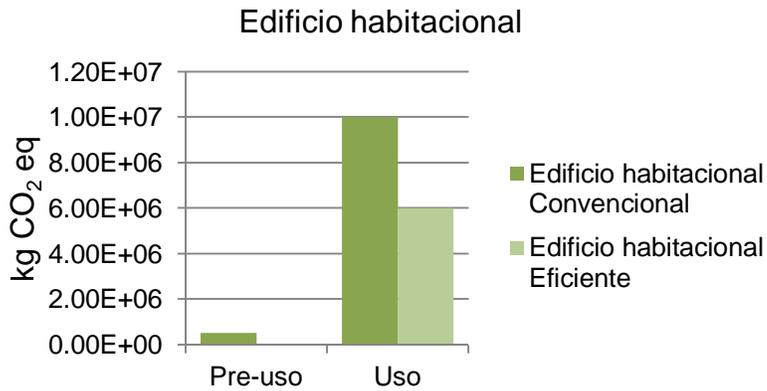


Figura 2-3, Emisiones de CO<sub>2</sub> en el edificio habitacional.  
Fuente: [32].

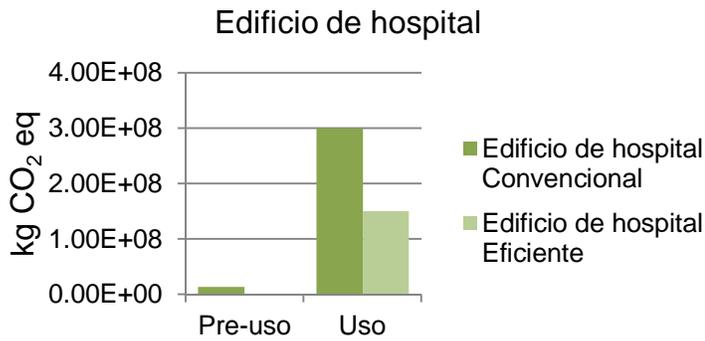


Figura 2-4, Emisiones de CO<sub>2</sub> en el hospital.  
Fuente: [32].

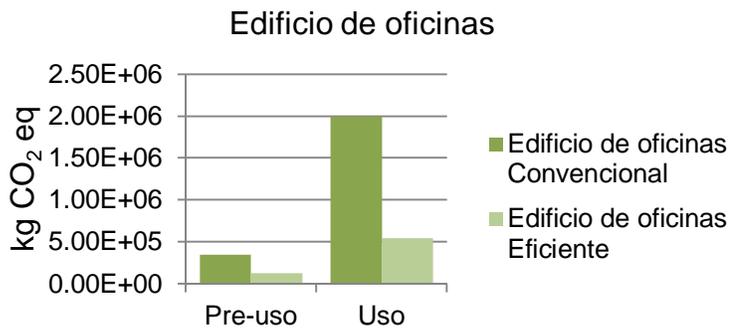


Figura 2-5, Emisiones de CO<sub>2</sub> en oficinas.  
Fuente: [32].

Sin embargo en este trabajo no utiliza base de datos dentro de su Inventario con información en México, sino que utiliza la información de programas con base datos internacionales, “Se utilizó el software Sima Pro V.7, los resultados de estudios nacionales sobre ACV y la base de datos Ecoinvent V.2 para los procesos sin información nacional disponible” [32]. Es por ello que el alcance de dicho trabajo presentado en el CMM, sugiere seguir buscando ampliar dicho estudio para mejorarlo. “En el estudio también se identificaron los principales flujos de los cuales existe poca información nacional disponible y se reconocen aquellos en los que se deberá profundizar en investigación. [32]

Otros investigadores, quienes pertenecen a la Universidad de Colima, encabezados por el Doctor en Arquitectura Gabriel Gómez Aspeitia, realizan un trabajo de investigación referente a dimensionar y evaluar el impacto ambiental de los materiales de construcción para la vivienda de interés social, comparando tres sistemas constructivos con diferenciación entre sí por el uso de materiales base como el ladrillo de barro cocido (LBC), block de cemento hueco (BCH) y tabicón sólido de cemento (TSC), en la Figura 2—6 se ejemplifica la obtención de las emisiones de CO<sub>2</sub> sin considerar la etapa de uso durante su ciclo de vida.

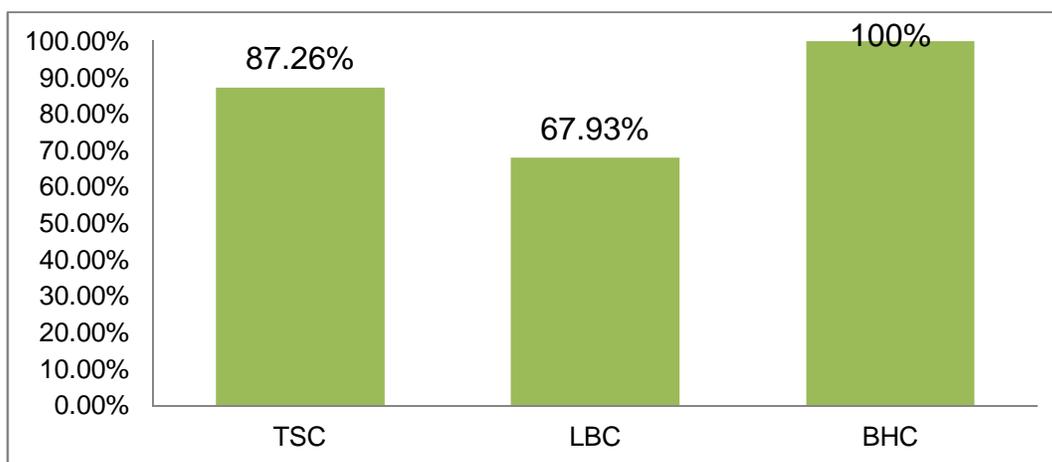


Figura 2-6, Emisiones de CO<sub>2</sub> de los tres sistemas de muros.  
Fuente: Elaboración propia basada en [33].

De lo anterior, los investigadores relacionan en la Figura 2–7, las sumas de cada ciclo de vida estudiado, en donde observan que “.....los resultados correspondientes a las fases del CV de los tres sistemas analizados, omitiendo la fase de ocupación de la vivienda. Ahí se aprecia que la fase de construcción es la que le sigue en importancia. De ahí que la optimización de los procesos de construcción y la mejora en las especificaciones constructivas y estructurales pueden ayudar a reducir este impacto. Una modificación en la geometría de las piezas de LBC puede reducir sensiblemente esta situación, pues simplemente con aumentar al doble la altura de las piezas, se reduce a la mitad la demanda de mortero de adherencia. En el caso del BHC el ámbito a trabajar es el sistema estructural de refuerzo, altamente demandante de acero” [33].

Se aprecia, como la etapa de transporte para el TSC es la que mayor genera emisiones al aire, lo cual es debido al uso de las materias primas utilizadas como los agregados y en los tres sistemas de materiales se observa como en la etapa de construcción es donde se dan los mayores porcentajes.

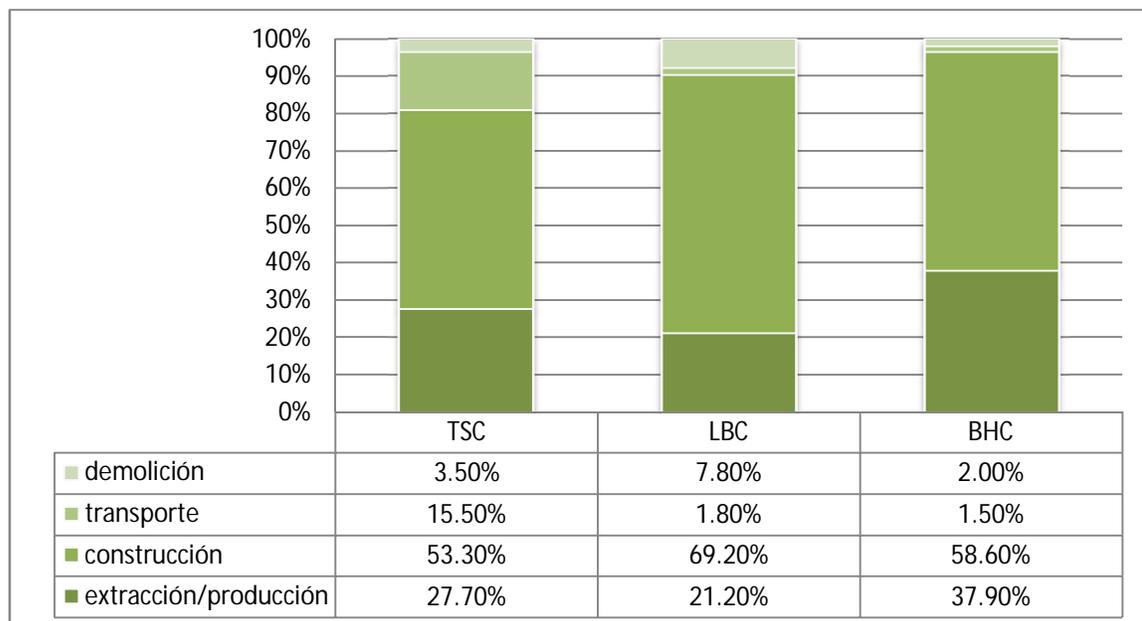


Figura 2-7, Porcentajes de emisiones por etapas en cada tipo de material utilizado. Fuente: Elaboración propia basada en [33].

Respecto a los trabajos relacionados con la envolvente, se hace mención por los resultados encontrados en cuestión de los materiales empleados que componen las construcciones en diferentes regiones, como en el trabajo de investigación “El comportamiento térmico de las construcciones de adobe” realizado por Parra-Saldivar, M. L., & Batty, W para tres diferentes regiones en México, se revisa el efecto del clima en tres diferentes latitudes (Mexicali del estado de Baja California Norte, Tuxtla Gutiérrez para el estado de Chiapas y Ciudad Victoria en Tamaulipas), aquí se utilizan un mismo tipo de material de construcción para las paredes externas y se modela con datos estadísticos utilizando software de simulación térmica activa, encontrando que *“la conductividad térmica de la pared externa ha sido demostrado ser un parámetro importante, por lo que la investigación adicional que hay que hacer con respecto a la cantidad de calor que la pared exterior de una pared de adobe puede almacenar”* [34].

Además, se documenta también, que las cuestiones geométricas de los elementos que forman la envolvente tienen relación con el clima de la región, como *“los efectos del tamaño de la ventana del edificio, ante el clima interior, dependen fuertemente de la temporada”*. [34].

En un trabajo con la herramienta del ACV, realizado respecto al comportamiento ecológico y económico de dos sistemas de muros exteriores, donde participan coautores pertenecientes a la Universidad de Cataluña en España y la Universidad Autónoma de Sinaloa en México, siendo su principal autor Diana Carolina Gámez García, se estudiaron dos sistemas de envolventes de vivienda en España.

La meta propuesta es *“analizar dos sistemas de cerramientos típicos en la edificación española, con el fin de definir qué opción es más conveniente para llevar a la práctica. Los resultados pueden proveer de herramientas a los encargados de la construcción para la elección del cerramiento más adecuado en temas medioambientales.”* [35]

El cerramiento es definido como una división exterior, generalmente realizada con muros de mampostería, siendo las dos muestras de estudio limitadas a su comparación. “*El alcance de este análisis se limita a la comparación de dos sistemas que hacen función de cerramientos, constituidos por una cara vista con dos hojas y un aislante térmico intermedio*” [35], la diferencia en cada sistema se muestra en la Tabla 2—1.

Tabla 2-1, Características de las muestras de estudio.

| Constitutivo  | Clave     | Sistema 1. CON-EPS   | Clave    | Sistema 2. CER-LR   |
|---|-----------|--|----------|---|
| <b>Hoja exterior: pared de cerramiento apoyada a una cara vista</b> | Con-EPS 1 | Bloque hueco de concreto de 400x150x200, liso, gris con compomenetes hidrofugantes, categoría I según la norma UNE-EN 771-3, tomado con mortero mixto 1:2:10 de cemento Portland con caliza. 15 cm de espesor. | Cer-LR 1 | Ladrillo perforado de 290x140x50mm, HD, categoría I, según la norma UNE-EN 771-1, tomado con mortero 1:2:10 con cemento CEM II. 14 cm de espesor.   |
| <b>Hoja interior: muro de tabicón</b>                               | Con-EPS 2 | Ladrillo hueco doble de 290x140x100 mm, LD, categoría I, según la norma UNE-EN 771-1, para revestir, colocado con mortero mixto 1:2:10. 10 cm de espesor.  | Cer-LR 2 | Ladrillo hueco doble de 290x140x50mm, LD, categoría I, según la norma UNE-EN 771-1, para revestir, colocado con mortero mixto 1:2:10. 10 cm de espesor.                                     |
| <b>Aislamiento</b>  | Con-EPS 3 | Planchas de poliestireno expandido (EPS), de 30 kPa de resistencia a la compresión, de 40 mm de espesor, 0.85 m <sup>2</sup> .K/W de resistencia térmica, densidad de 9 a 55 kg/cm <sup>3</sup> .              | Cer-LR 3 | Placa rígida de lana de roca (LR) UNE-EN 13162, de densidad 66 a 85 kg/m <sup>3</sup> de 40 mm de espesor, 1.053 m <sup>2</sup> .K/W de resistencia térmica, colocada con mortero adhesivo. |
| <b>Otros</b>  | Con-EPS 4 | Acero en barras corrugadas B500S de límite éelpastico >=500 N/mm <sup>2</sup> para el armado de paredes de bloques de mortero de cemento.  | Cer-LR 4 | Enfoscado a buena vista sobre parámetro vertical exterior, a 3.00 m de altura, como máximo con mortero uso corriente (GP) de designación CSIII W1, según la norma UNE-EN 998-1, fratasado.  |

Fuente: Elaboración propia basada en [35].

El objetivo se establece, considerando el enfoque llamado “de la cuna hasta la puerta”, quedando excluidas las etapas de uso y disposición final de los materiales utilizados en ambos sistemas. Se reproduce la Figura 2—8, mostrando los dos sistemas y su comportamiento ambiental en forma de porcentaje, dando como resultado que la opción 2 es el menos adecuado, respecto al concepto de sustentabilidad en la construcción, “*el sistema compuesto por muros cerámicos (principal y secundario) y que está aislado con lana de roca (sistema 2), es más contaminante que el sistema formado por muro principal de concreto, muro secundario de muro cerámico y aislante de poliestireno expandido (sistema 1)*” [35].

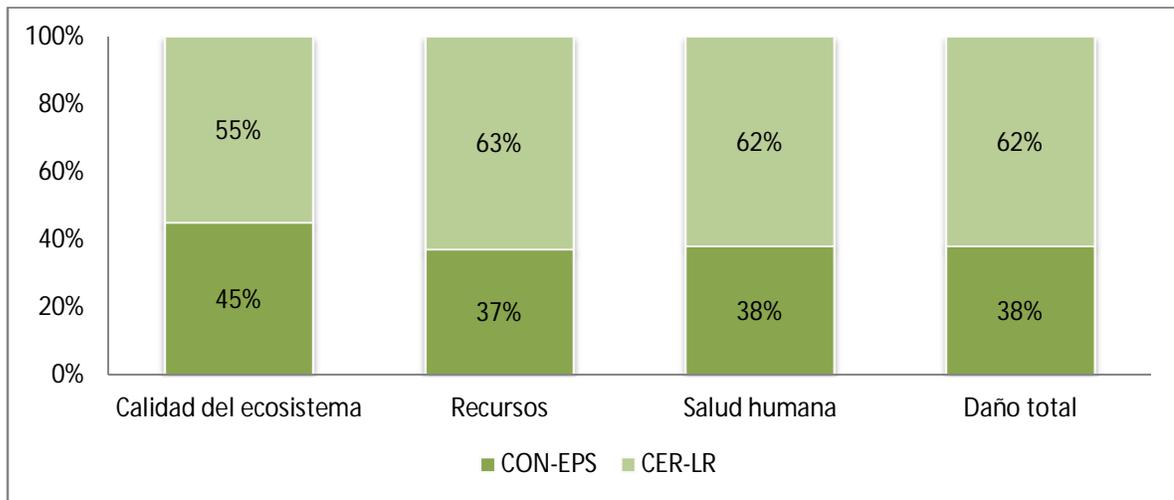


Figura 2-8, Daño (por grupo de CI) ocasionado por los sistemas constructivos.

Fuente: Elaboración propia basada en [35].

Sobre los materiales de construcción y sus efectos, también es conocido en diferentes publicaciones que para un mismo elemento constructivo de una edificación se ha encontrado que algunos materiales tiene un gasto energético mayor en su producción ocasionando diferentes grados de contaminación. *“En el mercado existen varios prototipos de vigas fabricadas en distintos materiales, cuyo proceso de fabricación produce contaminación, así, el proceso de producción de una viga de aluminio produce 227 kilos de gas carbónico, el de concreto 101 kilos y el de acero 74 kilos de gas carbónico; mientras que la madera tan sólo produce 6 kilos, para obtener la misma unidad.”* [36]

Algunos autores afirman que los materiales de construcción obtenidos de la madera, son la mejor alternativa para construir de manera sostenible, *“la madera es el único material de construcción 100 por ciento renovable, que durante su vida útil retiene CO<sub>2</sub>, y lo emana en pequeñas cantidades durante su tiempo de servicio; en comparación a los procesos industriales del acero, concreto y aluminio que necesitan una gran cantidad de energía para su producción y que genera un gran volumen de este gas invernadero cuando se fabrican”* [36]

Continuando con el análisis del autor, se comparan materiales en cuanto a la energía utilizada para su procesamiento, *“en este mismo sentido, la transformación de material genera un costo económico y ambiental medido por la cantidad de energía requerida para realizar el proceso; la madera por metro cúbico requiere entre 8 a 30 KWH para su transformación, mientras que el mismo volumen en concreto requiere de 150 a 250 KWH, el acero 650 KWH y el aluminio 800 KWH.* [36].

Entonces, los diferentes trabajos relacionados a la edificación afirman que *“la industria de la construcción es un elemento clave para desarrollo socioeconómico y un gran usuario de la energía y los recursos naturales; por lo que su participación en la sostenibilidad es fundamental para lograr el desarrollo sostenible de nuestra sociedad”* [37]

## **2.3 Marco legal**

*“Ignorantia legis neminem excusat”*

*Principio jurídico regulado en el artículo 21 del Código Civil Federal, el cual en su primer renglón estipula que “la ignorancia de las leyes no excusa su cumplimiento”.*

En concordancia con la política que se establecen en los diferentes países que conforman la Organización para las Naciones Unidas, con respecto al cuidado del medio ambiente y en el concepto de *sostenibilidad* en las acciones del ser humano, en México se reforma la *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos* y se publica el día 8 de febrero del 2012 en el Diario Oficial de la Federación (DOF), disposiciones relativas al derecho por parte de los ciudadanos mexicanos a ser parte de un medio ambiente sano, adicionándose el párrafo sexto del artículo 4º, *“Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley”* [38].

De esta misma manera, el 10 de agosto de 1987 la misma constitución se modifica en su artículo 73, manifestando con el referido apartado en la fracción XXIX-G, que el Congreso tiene entre sus facultades y responsabilidades “*para expedir leyes que establezcan la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y de los municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico*” [38].

Es así como, debido a las reformas requeridas con carácter ambiental, a partir de la modificación de la *Constitución*, se originan diferentes leyes en contexto a la preservación, cuidado y mitigación de los efectos desfavorables para el medio ambiente, es por ello que se destacan algunos preceptos, estos se muestran en la Figura 2—9. “*Además de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos de 1917, en la actualidad, la legislación ambiental se apoya en 16 Leyes*”. [39]

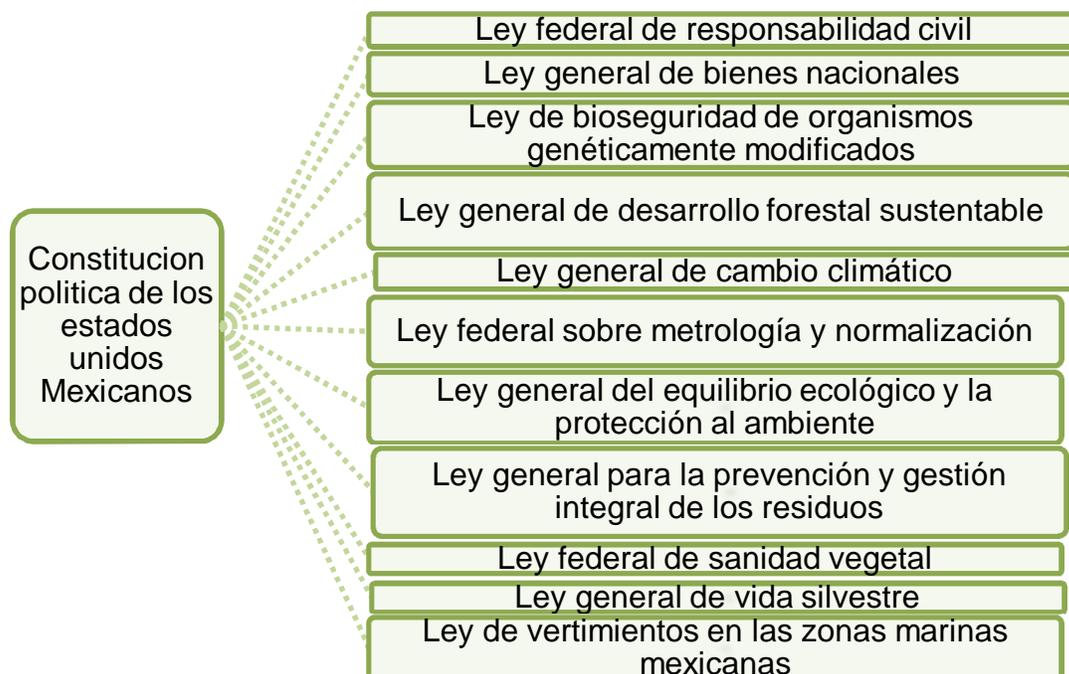


Figura 2-9, Leyes relacionadas con el medio ambiente en México.  
Fuente: Elaboración propia basada en [39].

Sin embargo, para la cuestión de determinar los impactos ambientales en las construcciones, de las disposiciones legales en México que más se acercan al propósito de contribuir con la sostenibilidad en las edificaciones de los edificios educativos del tipo U3-C, son la LGEEPA y la Ley General de Cambio Climático, al respecto, el Centro de Investigación y Docencia Económicas A.C. en su publicación denominada “Las normas oficiales mexicanas ecológicas para la industria mexicana: alcances, exigencia y requerimientos de reforma” se retoma el siguiente texto referido a la relación de leyes expedidas en México con respecto al Medio Ambiente, “.....de éstas, la que representa un sustento legal fundamental de la política ambiental es la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)” [39]

Ahora bien, en la misma publicación se resalta que las disposiciones legales aún no han sido totalmente determinantes para apoyar las acciones de conocer indicadores sobre las consecuencias de las acciones del hombre hacia el medio ambiente, pues dichas disposiciones aunque orientan políticas para el cuidado, mitigación y restablecimiento de los daños ocasionados al medio ambiente, estas políticas siguen deficientes

En comparación, la legislación en los países desarrollados, se ayudan con herramientas para identificar, cuantificar y caracterizar los diferentes impactos ambientales de los servicios y/o productos para enfocarse en rediseñarlos hasta obtener las mínimas repercusiones ambientales. Si no que en dichas disposiciones vigentes aún no se establecen herramientas como el ACV.

*“El instrumento más usual para el control de la contaminación ambiental en México y en la mayoría de los países ha sido el establecimiento y la aplicación de normas y castigos” [39]*

De lo anterior se debe resaltar que las leyes vigentes no solo establecen la aplicación de sus artículos, sino que hay que destacar que en el enunciado de dichas leyes también se orienta a determinar políticas que coadyuven al cuidado

del medio ambiente aunque no lo hagan en el caso específico sobre la herramienta que analiza el ciclo de vida, pero si ayudan con reglamentación para mitigar, disminuir y no realizar actividades que dañen el medio ambiente.

Es destacable mencionar que el día 6 de junio del año 2012 se publicó la Ley General de Cambio Climático (LGCC), la cual entró en vigor en octubre de ese mismo año y convierte a México en el primer país en vías desarrollo en contar con una ley en la materia.

En el ámbito internacional se han establecido diferentes normas para el Análisis de Ciclo de Vida, siendo la de mayor referente en México las normas emitidas por la ISO en sus capítulos ISO-14044 referentes al cuidado del medio ambiente, también podemos mencionar la USBB de la Unión Europea.

Siendo para México la norma equivalente para el análisis de ciclo de vida la norma mexicana denominada NMX-14044:2006, donde se define el Análisis de Ciclo de Vida como “recopilación y evaluación de las entradas, resultados y los impactos ambientales potenciales de un sistema del producto durante su ciclo de vida” y el Inventario de ciclo de vida se describe como “la fase del análisis del ciclo de vida que implica la recopilación y la cuantificación de entradas y resultados de un sistema del producto durante su ciclo de vida”. La Figura 2–10 muestra la jerarquía en la legislación ambiental mexicana.

Para el lugar donde se encuentran los dos edificios que son objeto del análisis con el proyecto de intervención, se destaca que en la región existen medidas para que sus habitantes gocen de un mejor entorno y se plasma en la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Sinaloa, publicada en el Periódico Oficial, en su edición no. 83, de fecha 12 de julio de 1991, reformándose la misma el 8 de abril del año 2013 con el nombre de Ley ambiental para el Desarrollo Sustentable del Estado de Sinaloa, más aun, dentro de la circunscripción local se emite en el año de 1992 su *Reglamento de Ecología y Protección al Ambiente para el Municipio de Culiacán, Sinaloa*.



Figura 2-10, Jerarquía de leyes ambientales en México.

Fuente: Elaboración propia basada en [39].

En todas las anteriores legislaciones, en referente las obras de construcción se indica que debe realizarse un documento técnico conocido como Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) y en referencia a los insumos necesarios en la construcción, también expresa que deberá notificarse a las autoridades correspondientes, quienes determinan si es necesario presentar la MIA por la explotación de bancos para los materiales necesarios en la construcción.

Hay que agregar que en el mes de enero del 2013, la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción propone como iniciativa de reforma a la Ley de Obras Publicas y Servicios Relacionados con las Mismas la inclusión de una artículo, en el cual para todos los proyectos de construcción con recursos federales, se deba de realizar un Análisis de Ciclo de Vida con la variante del costo para comparar la viabilidad económica de dos proyectos. [40]

Además en la elaboración del presente trabajo, se contempla la utilización de los acuerdos y circulares en materia de emisiones al medio ambiente, contemplados en la Ley de Cambio Climático con referencia a los GEI, en base a lo estipulado

con dicho acuerdo se presentan los cálculos que se forman parte del presente proyecto.

Con todo lo anterior se hace notar que para la aplicación de las normas mexicanas con denominación NMXSAA-14040-IMNC-2008 y NMX-SAA-14044-IMNC-2008, las cuales son de carácter voluntario, no se menciona en la legislación mexicana la utilización de estas normas de manera directa, sin embargo es notorio como en las mismas leyes y reglamentos se hace hincapié en el cuidado al medio ambiente por la sociedad mexicana del territorio nacional y de sus recursos naturales, es para tal motivo que la aplicación de la herramienta del ACV descrita en las normas se suma a los esfuerzos internacionales por conocer la relación entre las acciones del hombre y sus consecuencias para tener elementos más sólidos de las alternativas para mitigar dichas acciones.

## **2.4 Marco teórico**

La teoría y práctica, correspondiente a este proyecto de intervención, es muy amplia, primeramente se tiene que las normas mexicanas, tomadas como base para realizar la fase de ICV para las insumos de las envolventes en ambas construcciones y respecto al tema, se basa también en los conceptos de emisiones al medio ambiente por conducto de los GEI.

### **2.4.1 Herramienta del Ciclo de Vida**

La utilización de la herramienta del ACV para obtener el Inventario del proyecto a través de las normas ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006, es la metodología a seguir en este proyecto de intervención, dicha metodología se define como “La fase de análisis del Inventario del Ciclo de Vida (fase ICV) es la segunda etapa del ACV. Es un inventario de los datos de entrada/salida en relación con el sistema bajo estudio. Implica la recopilación de los datos necesarios para cumplir con los objetivos del estudio definido”.

*“El ACV evalúa, de forma sistemática los aspectos e impactos ambientales de los sistemas del producto, desde la adquisición de la materia prima hasta la*

*disposición final...*” [1], es por ello que solo prestando atención a todas y cada una de las fases dentro del ciclo de vida de un producto, servicio o sistema, se podrán relacionar las cargas ambientales correctamente.

Así mismo, dependiendo de la fase o los objetivos, en los que se necesita resolver un problema, en el ACV, se han identificado algunas formas comunes que plantean las fronteras de los trabajos que utilizan esta herramienta, véase Figura 2–11, pero estas no son limitativas y pueden generarse otras más:

- De la cuna a la puerta, es el ciclo de vida que abarca desde la extracción de la materia prima que se utilizara hasta la etapa en que es elaborado el producto, justo antes de que inicie la etapa de transporte hacia el punto de venta o construcción, en este proyecto, se ejemplifica con los insumos de materiales, para el caso del cemento, la cuna comienza a partir de la extracción de la piedra caliza hasta el momento en que es fabricado para su distribución al mercado. Es a nivel de “producto y/o servicio” terminando, dependiendo el producto será su implicación, ejemplo: cuando el producto es el cemento, “la puerta” es el cemento terminado; pero cuando el producto es un edificio, “la puerta” es el edificio terminado.
- De la puerta a la puerta, esto es considerando solamente las entradas y salidas en el proceso de fabricación. Retomando este proyecto, para cualquier insumo que intervenga en la construcción de la envolvente, este análisis comprende desde la llegada de la materia prima a la fábrica hasta el envasado, listo para su distribución.
- De la cuna a la tumba, es lo que suceda en el lapso de tiempo comprendido desde la etapa inicial de extracción del producto hasta su disposición final, siendo la previsión que da origen al significado del ACV. Para el caso de los insumos de la envolvente, su etapa final se considera hasta la demolición o desuso del edificio.
- De la cuna a la cuna, esto va desde la extracción de las materia primas hasta su reusó o reciclaje, ya sea en el mismo sistema u otro diferente, por medio de la reutilización de las salidas finales, continuando con el ejemplo

de insumos utilizados en las edificaciones del proyecto, la “cuna” empieza desde la raíz al obtener los elementos para fabricar el insumo, pasando por su proceso de producción, transporte, almacenaje, venta, colocación en el sitio final y después del desuso, reinicia el lapso de vida considerándose de nueva cuenta la “cuna”, para el caso de los insumos de este proyecto, el cemento para fabricar mortero o concreto, en ambos casos, pudieran reutilizarse como relleno en futuras obras o reutilizándose en forma de agregado, siendo este ejemplo uno de los tantos que pueden volver a dar inicio al ciclo de vida.

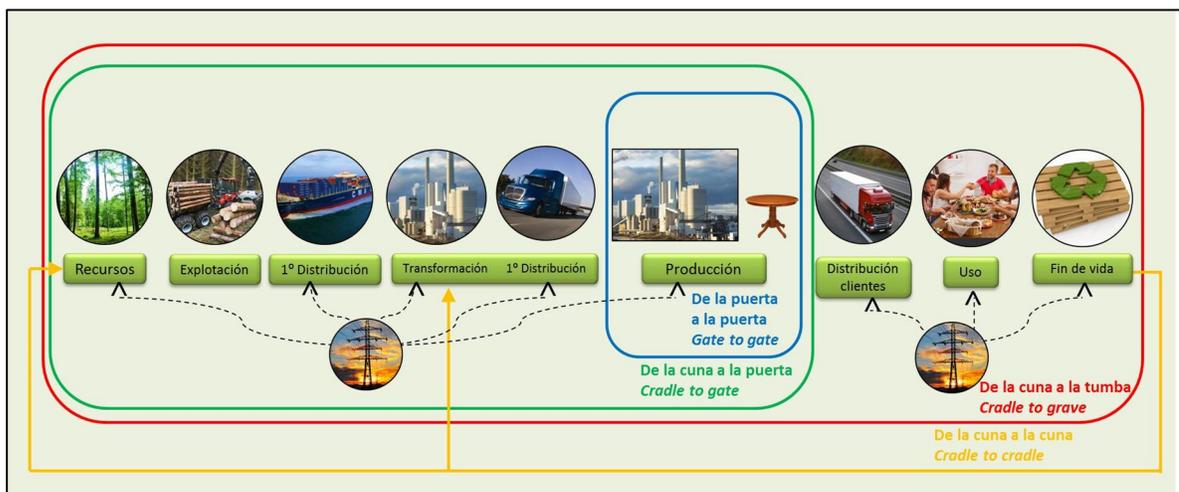


Figura 2-11, Enfoques en las etapas de un ACV.  
Fuente: [17].

El enfoque previsto para este proyecto de intervención es de la cuna a la puerta, incluyendo las etapas previas a la llegada de los insumos a la construcción así como la etapa de construcción de ambas edificaciones.

## 2.4.2 Gases de Efecto Invernadero

En la artículo transitorio segundo de LGCC, aplicable en México se establece lo siguiente “El país asume el objetivo indicativo o meta aspiracional de reducir al

año 2020 un treinta por ciento de emisiones con respecto a la línea de base; así como un cincuenta por ciento de reducción de emisiones al 2050 en relación con las emitidas en el año 2000”, y para cumplir el cometido, en dicha ley se indica a la SEMARNAT elaborar el Registro Nacional de Emisiones (RENE), considerando para su elaboración, la investigación, conocimiento y registro de los impactos del cambio climático en el ecosistema y biodiversidad dentro del territorio nacional

Es así como con la creación del RENE, se comienza en la contabilización de las emisiones en los diferentes sectores y subsectores de las industrias del país, véase en la Figura 2–12, los sectores definidos en la LGCC, los cuales son basados por las categorías de emisión expuestas.

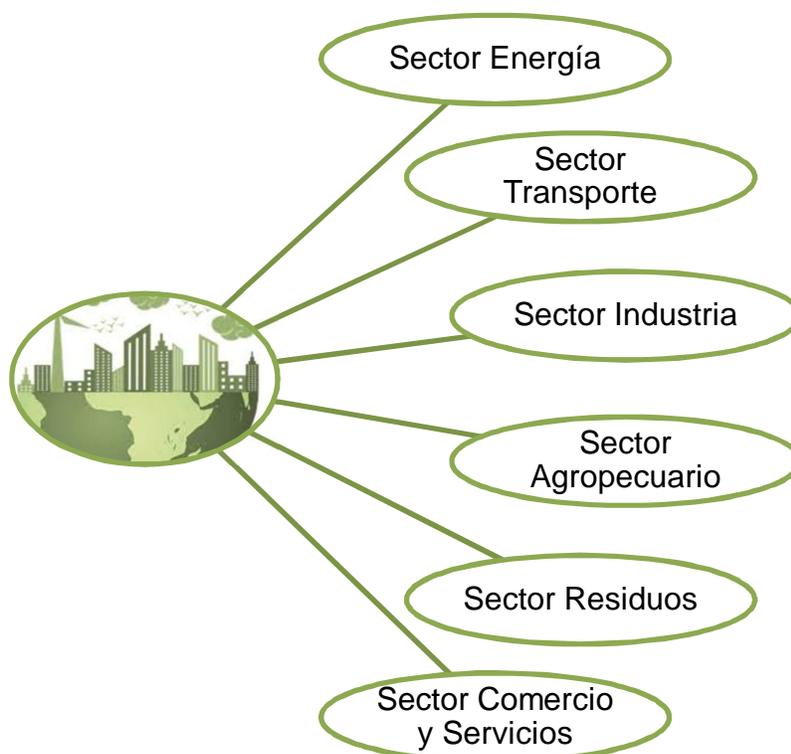


Figura 2-12, Sectores industriales de acuerdo a la LGCC.  
Fuente: Elaboración propia basada en [41].

Estos sectores son identificados en el artículo 3 del reglamento para la LGCC (Ley General de Cambio Climático), y se subdividen en subsectores, se muestra a continuación las divisiones que están incluidas en el RENE y en la Figura 2–13 los sectores y subsectores que forman parte del estudio.

I. Sector Energía:

- a. Subsector generación, transmisión y distribución de electricidad, y
- b. Subsector explotación, producción, transporte y distribución de hidrocarburos;

II. Sector Transporte:

- a. Subsector transporte aéreo;
- b. Subsector transporte ferroviario;
- c. Subsector transporte marítimo, y
- d. Subsector transporte terrestre;

III. Sector Industrial:

- a. Subsector industria química;
- b. Subsector industria siderúrgica;
- c. Subsector industria metalúrgica;
- d. Subsector industria metal-mecánica;
- e. Subsector industria minera;
- f. Subsector industria automotriz;
- g. Subsector industria de celulosa y papel;
- h. Subsector industria de las artes gráficas;
- i. Subsector industria petroquímica;
- j. Subsector industria cementera y calera;
- k. Subsector industria del vidrio;
- l. Subsector industria electrónica;

- m. Subsector industria eléctrica;
- n. Subsector industria de alimentos y bebidas;
- o. Subsector industria de la madera, y
- p. Subsector industria textil;
- IV. Sector Agropecuario:
  - a. Subsector agricultura, y
  - b. Subsector ganadería;
- V. Sector Residuos:
  - a. Subsector aguas residuales, y
  - b. Subsector residuos sólidos urbanos y residuos de manejo especial, incluyendo disposición final, y
- VI. Sector Comercio y Servicios
  - a. Subsector construcción;
  - b. Subsector comercio;
  - c. Subsector servicios educativos;
  - d. Subsector actividades recreativas y entretenimiento;
  - e. Subsector turismo;
  - f. Subsector servicios médicos;
  - g. Subsector gobierno, y
  - h. Subsector servicios financieros.



I. Sector Energía

- a. Subsector generación, transmisión y distribución de electricidad, y



II. Sector Transporte

- b. Subsector transporte ferroviario
- c. Subsector transporte marítimo, y
- d. Subsector transporte terrestre



III. Sector Industrial

- a. Subsector industria química;
- b. Subsector industria siderúrgica;
- c. Subsector industria metalúrgica;
- d. Subsector industria metal-mecánica;
- i. Subsector industria petroquímica;
- j. Subsector industria cementera y calera;
- k. Subsector industria del vidrio;
- l. Subsector industria electrónica;
- m. Subsector industria eléctrica;
- o. Subsector industria de la madera, y



VI. Sector Comercio y Servicios

- a. Subsector construcción;

Figura 2-13, Subsectores de la industria de acuerdo a la LGCC.  
Fuente: Elaboración propia basada en [41].

Los datos para alimentar el RENE, se obtienen de la Cédula de Operación Anual (COA), el cual es el instrumento de reporte y recopilación de información, por parte de los sectores mencionados, para dar a conocer sus emisiones y transferencia de contaminantes al aire, agua, suelo y subsuelo a partir del uso de sus materiales y residuos peligrosos y el COA es empleado para la actualización de la base de datos del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes sobre las emisiones en cada sector.

Es de esta manera, como los establecimientos alimentan el COA y este a su vez, sirve como base para la obtención de los datos que necesita el RENE, en este trabajo, se utiliza la *“Calculadora de emisiones para el RENE”*, el cual es una herramienta que se encuentra en la página de internet de la SEMARNAT.

La anterior Calculadora, considera los GEI y sus compuestos que están descritos en el Reglamento para la LGCC utilizada por el RENE, la anterior Ley define en el artículo tercero los GEI como *“aquellos componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropógenos, que absorben y emiten radiación infrarroja”* refiriéndose en el artículo 5 de su reglamento a los GEI ordenados por su importancia son:

- I. Dióxido de carbono;
- II. Metano;
- III. Óxido nitroso;
- IV. Carbono negro u hollín;
- V. Clorofluorocarbonos;
- VI. Hidroclorofluorocarbonos;
- VII. Hidrofluorocarbonos;
- VIII. Perfluorocarbonos;
- IX. Hexafluoruro de azufre;

- X. Trifluoruro de nitrógeno;
- XI. Éteres halogenados;
- XII. Halocarbonos;
- XIII. Mezclas de los anteriores, y
- XIV. Los Gases y Compuestos de Efecto Invernadero que el Panel Intergubernamental determine como tales y que la Secretaría dé a conocer como sujetos a reporte mediante Acuerdo que publique en el Diario Oficial de la Federación.

Los GEI son estimados de acuerdo a su masa expresada en kilogramos o toneladas, basados a su equivalencia en dióxido de carbono, y en el acuerdo publicado en el DOF el 03 de septiembre del 2015, se define como *“Emisión de dióxido de carbono equivalente es La cantidad de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que causaría el mismo forzamiento radiativo integrado, en un horizonte de tiempo determinado, como una cantidad emitida de un Gas o Compuesto de Efecto Invernadero o una mezcla de gases de efecto invernadero. La emisión de CO<sub>2</sub> equivalente se obtiene multiplicando la emisión de un Gas de Efecto Invernadero por su Potencial de Calentamiento Global (PCG) para el horizonte temporal determinado.”* Se abrevia como CO<sub>2</sub>eq.

Además, el PCG es la medida relativa que compara un GEI o compuesto con el dióxido de carbono como el gas de referencia, la Tabla 2–2 resume lo correspondiente al Anexo 2, con el acuerdo publicado en el DOF el 14 de agosto del 2015, estableciendo los gases o compuestos de efecto invernadero que son agrupados para el cálculo del reporte de emisiones, así como sus potenciales de calentamiento.

Tabla 2-2, PCG de los GEI descritos en la LGCC de México

| Nomenclatura     | GEI                      | Características  | PCM                      |
|------------------|--------------------------|--|--------------------------|
| CO <sub>2</sub>  | Bióxido de carbono       | Es el principal gas de efecto invernadero que contribuye al cambio climático, se genera cuando se quema cualquier sustancia que contiene carbono. También es un producto de la respiración y de la fermentación. Las plantas absorben dióxido de carbono durante la fotosíntesis                                 | 1                        |
| CH <sub>4</sub>  | Metano                   | Uno de los seis gases de efecto invernadero (GEI) a mitigarse en virtud del Protocolo de Kioto. Es el alcano más simple y el componente principal del gas natural. Está asociado a todos los hidrocarburos utilizados como combustibles, a la ganadería y a la agricultura                                       | 28                       |
| N <sub>2</sub> O | Óxido nitroso            | Uno de los seis gases de efecto invernadero en virtud del Protocolo de Kioto. La principal fuente antropogénica de N <sub>2</sub> O es la agricultura (gestión del suelo y el estiércol animal), el tratamiento de aguas residuales, la combustión de combustibles fósiles, y los procesos industriales químicos | 265                      |
| CN               | Carbono negro u hollín   | Está compuesto por hollín, carbón vegetal y/o posible materia orgánica refractaria capaz de absorber luz. Permanece en la atmósfera sólo por días o semanas. Se refiere, en ocasiones, al hollín o humo negro  | 900                      |
| CFC              | Clorofluorocarbonos      | Son compuestos orgánicos que contienen cloro, carbono, hidrógeno y flúor y son usados en la refrigeración, aire acondicionado y como propelentes, y disolventes  | varia desde 4,660-13,900 |
| HCFC             | Hidroclorofluorocarbonos | Compuestos que contienen solamente átomos de hidrógeno, cloro, flúor y carbono. Puesto que los HCFC contienen cloro, contribuyen al agotamiento de la capa de ozono  | varia desde 79-1,980     |
| HFC              | Hidrofluorocarbonos      | Son un grupo de compuestos químicos que incluye alcanos, tales como metano o etano, con uno o más halógenos, tales como cloro o flúor. Se producen de manera comercial como sustitutos de los clorofluorocarbonos (CFC). Los HFC se utilizan sobre todo en refrigeración y fabricación de semiconductores        | varia desde 16-4,800     |
| PFC              | Perfluorocarbonos        | Son una familia de compuestos derivado de un hidrocarburo donde los átomos de hidrógeno han sido reemplazados por átomos de flúor. Son subproductos de la fundición del aluminio y del enriquecimiento del uranio. También sustituyen a los CFC en la fabricación de semiconductores                             | varia desde 6630-23,500  |
| SF <sub>6</sub>  | Hexafluoruro de azufre   | Este gas se utiliza como aislante en interruptores y equipos eléctricos. Es generado también por fugas en procesos de fabricación de algunos semiconductores y manufacturación de magnesio   | 22,000                   |
| NF <sub>3</sub>  | Trifluoruro de nitrógeno | Se utiliza en el grabado de plasma de obleas de silicio. Se trabaja de manera preponderante en la limpieza de las cámaras de PECVD en la producción de alto volumen de pantallas de cristal líquido y de película delgada basadas en células solares de silicio  | 17,200                   |
| EH               | Éteres halogenados       | Compuestos orgánicos pertenecientes al grupo éter, donde uno o más de sus átomos hidrógenos han sido sustituidos por halógenos   | varia desde 1-6,450      |
| HC               | Halocarbonos             | Son compuestos formados por carbono y halógenos como bromo y flúor, utilizados para el control de fuegos e incendios   | varia desde 173-1,750    |

Fuente: Elaboración propia basada en [41].

## **3 PROYECTO DE INTERVENCIÓN**

### **3.1 Su enunciado y descripción**

La realización del proyecto de intervención denominado “Comparación de dos edificios de infraestructura educativa del Noroeste de México mediante Inventario de Ciclo de Vida revisando los insumos de la envolvente vertical”, se enfoca en la sustentabilidad para la industria de la construcción, al aportar elementos que sirvan de base, en la selección de insumos que generen el menor impacto ambiental.

Para lograr lo anterior se obtiene el volumen, la masa y el costo, y a partir de ello, el consecuente influjo en las fases del ciclo de vida de extracción y fabricación, transporte y construcción en los insumos empleados para la edificación de la envolvente vertical de dos edificios conocidos de infraestructura educativa y obtener como resultados las salidas. Para las fases del ciclo de vida de la cuna hasta la puerta, el resultado se expresa en función de dos indicadores ambientales, el primero es respecto a las cantidades de insumos necesarios y el segundo, son las emisiones de GEI al medio ambiente, expresados en dióxido de carbono equivalente.

### **3.2 Objetivos generales**

1. Analizar y comparar dos sistemas de envolventes de edificios públicos educativos del noroeste de México, con la metodología del Análisis de Ciclo de Vida, mediante el estudio de Inventario de Ciclo de Vida hasta la etapa de construcción.
2. Interpretar la utilización de la metodología del ACV, en este proyecto de intervención, como una herramienta para determinar entre dos propuestas la sostenibilidad en la construcción.

3. Definir la solución más competitiva, en la envolvente de los sistemas constructivos, en cuestión de impactos ambientales, por medio de las emisiones al aire.

### **3.3 Objetivos específicos**

1. Definir el concepto de Inventario de ciclo de Vida dentro de la metodología del Análisis de Ciclo de Vida de los insumos de las etapas de construcción bajo las normas ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006 con sus equivalentes en México, la norma NMX-SSA-14040-IMNC-2008 y NMX-SSA-14044-IMNC-2008.
2. Elaborar el Inventario de Ciclo de Vida para los insumos utilizados en la construcción de la envolvente sobre los dos edificios públicos educativos del noroeste de México.
3. Adoptar las normas genéricas NMX-SSA-14040-IMNC-2008 y NMX-SSA-14044-IMNC-2008, proponiendo una metodología que pueda ser utilizada en futuros trabajos relacionados en construcción sostenible.
4. Calcular las cantidades que diferencian a los elementos, de las dos envolventes verticales, para las diferentes etapas del Inventario de Ciclo de Vida.
5. Señalar a partir de los resultados obtenidos con la utilización de la herramienta del ICV, las etapas del sistema con mayor y menor emisiones al medio ambiente.
6. Encontrar la fase o las fases del ciclo de vida de los insumos que emita las mayores y menores emisiones al medio ambiente.
7. Comparar la utilización en masa de los materiales de construcción utilizados para los dos edificios en base a los resultados para cada fase del ciclo de vida.

8. Calcular para la categoría de impacto ambiental del calentamiento global, con la unidad de referencia de masa, el dióxido de carbono equivalente por las emisiones y el consumo de recursos energéticos.

### **3.4 Justificación**

Debido al uso no racional en la utilización de los recursos naturales y al crecimiento de la población a nivel mundial se han provocado una serie de factores que proyectan el tiempo de vida del planeta más corto y de menor calidad, es por ello que la comunidad científica preocupada por el fenómeno de la contaminación en sus diferentes formas viene sentando las bases para que las acciones del ser humano no sean tan ofensivas con el medio en que habita, manteniendo un balance entre su entorno, el uso de energía y sus emisiones al medio ambiente.

De la misma manera, el enfoque de carácter iterativo que brinda la utilización de la herramienta del ICV busca encontrar alternativas en los materiales de construcción utilizados para la edificación de la infraestructura educativa acorde al concepto de sostenibilidad.

La mayor aportación de este proyecto de intervención es sensibilizar a las personas involucradas en la planeación de obras, elaboración de proyectos, construcción, supervisión, fabricación y/o venta de materiales y demás aspectos y dar a conocer los resultados de la herramienta del ACV mediante el estudio de ICV de los insumos utilizados en la construcción de la envolvente vertical de los edificios públicos educativos del Noroeste de México.

Así con lo anterior, se deduce que los resultados por utilizar esta herramienta, se obtienen elementos que ayuden a pretender la sostenibilidad en la construcción de los espacios educativos, empezando por la recomendación de un prototipo de aulas, la cual se construya más acorde a las características de la región cumpliendo con las necesidades sociales, económicas y políticas, siempre

considerando el ecosistema regional, en la utilización de recursos naturales y energía.

Además, se hace notar también que las envolventes, por sus características y resoluciones de fachadas y cubiertas les corresponde una responsabilidad importante con el ambiente, siendo un factor fundamental en el logro de edificios sustentables de gran eficiencia energética y bajo impacto ambiental, reflejándose un menor impacto económico a largo plazo.

El presente proyecto de intervención, se llevó a cabo para dos edificios de infraestructura educativa en el municipio de Culiacán del Estado de Sinaloa en la región Noroeste del México.

De continuar con la tendencia actual en el uso de los insumos de construcción, para la edificación de la infraestructura educativa y del Noroeste de México y el país, sin tomar en cuenta las características económicas como la utilización de mayor o menor energía y el impacto ambiental durante las diferentes fases de su ciclo de vida, los patrones de consumo estarán alejados de la sustentabilidad.

Es prioritario proyectar la envolvente de una edificación tomando en cuenta los factores a los que se encuentra expuesta durante su ciclo de vida y con ello valorar el uso de los recursos naturales y energéticos, y sobre todo el impacto a su entorno.

Finalmente el argumento para el desarrollo del proyecto, es que se ha de considerar el concepto de sostenibilidad en los sistemas constructivos por medio de los insumos utilizados para su edificación, beneficiándose el mismo usuario de las instalaciones educativas, la UAS y la sociedad misma, al obtener en mediano y largo plazo mejoras tangibles económicas, sociales y ambientales.

Entonces, al equiparar los dos edificios con el estudio de ICV, será posible seleccionar con la metodología sistemática planteada, el mejor sistema constructivo de entre dos o más opciones posibles.

### 3.5 Metodología

Para la realización del Inventario de Ciclo de Vida, se utiliza lo estipulado en las normas NMXSAA-14040-IMNC-2008 y NMX-SAA-14044-IMNC-2008, es por ello, que se toman en cuenta las directrices indicadas en estas normas, para las cuales, el objetivo de conocer el ACV de los sistemas constructivos puede satisfacerse con el análisis del ICV, en la Figura 3—1 se observa, que un estudio de ICV debe contener, la fase para la definición del objetivo y el alcance, la fase de análisis del inventario y la fase de interpretación, nótese que las fases anteriores se dirigen entre sí para resaltar el carácter iterativo. .

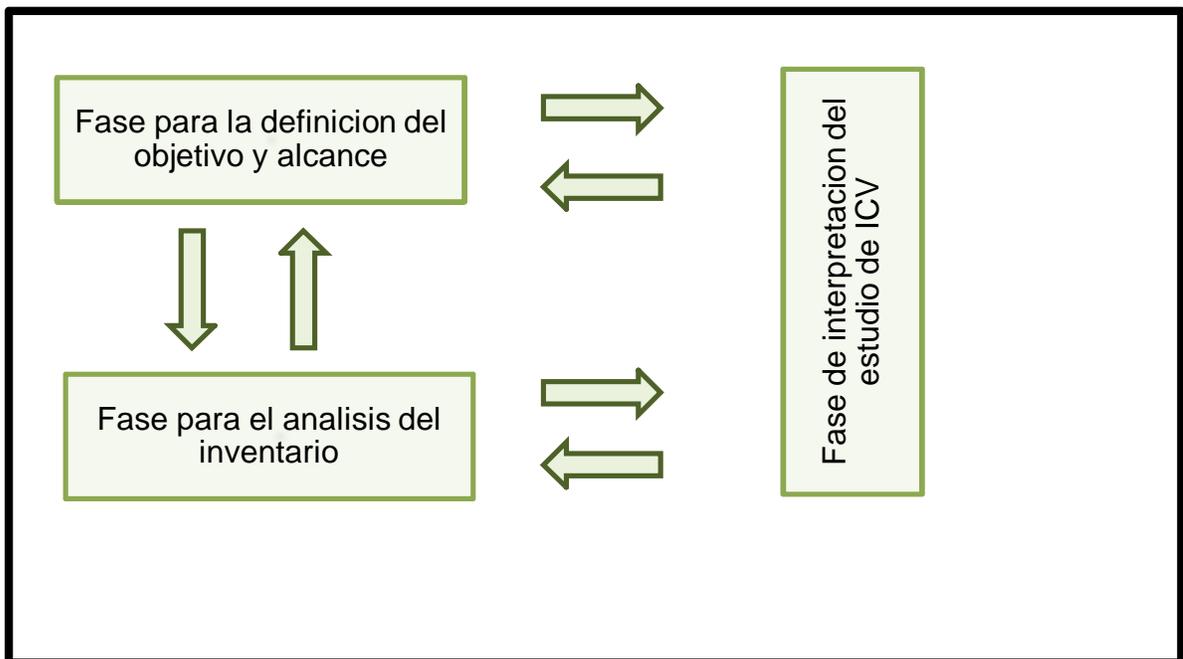


Figura 3-1, Fases para el estudio de ICV.  
Fuente: Elaboración propia basada en [1].

### 3.5.1 Definición del objetivo y alcance del estudio.

En concordancia con las normas, esta fase debe estar claramente definida y tanto el objetivo como el alcance deben ser coherentes entre sí, basados en la aplicación a la cual se prevé determinar.

#### 3.5.1.1 Objetivo

Siguiendo lo expuesto en las normas previstas, que sirven de guía para este proyecto de intervención y para realizar el estudio de ICV, la fase para definir el objetivo es el inicio de la metodología y aquí se debe precisar información relativa al tema que motiva el estudio, *“Al definir el objetivo de un ACV, se debe especificar sin ambigüedad los siguientes puntos: -La aplicación prevista; -Las razones para realizar el estudio; -El público previsto, es decir las personas a quienes se prevé comunicar los resultados del estudio, y -Si se pretende utilizar los resultados en aseveraciones comparativas previstas para su divulgación al público.”* [2]. Lo anterior se ejemplifica en el Figura 3—2.

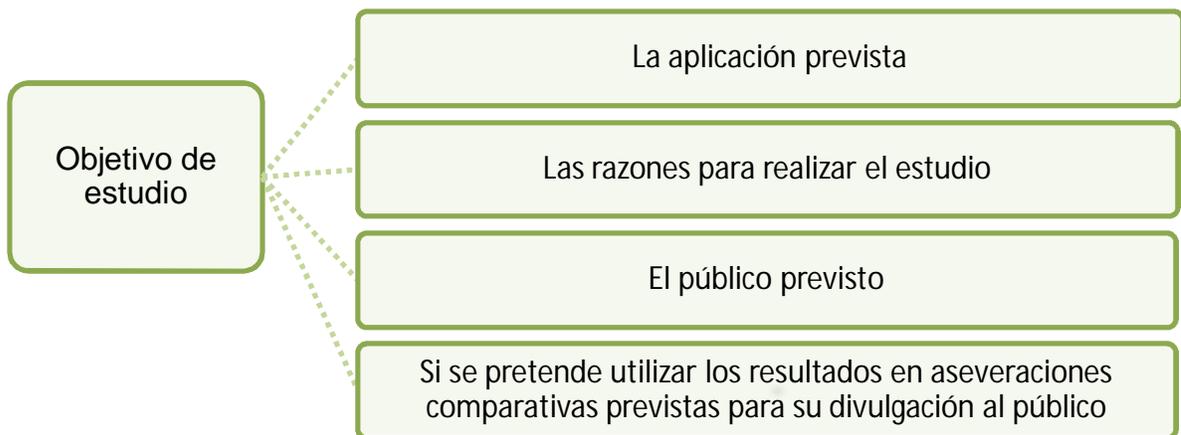


Figura 3-2, Desarrollo del objetivo de un ACV.

Fuente: Elaboración propia basada en [1].

### **3.5.1.2 Aplicación prevista**

Para de definir claramente la finalidad del análisis, especificando sin incertidumbres el propósito de este proyecto de intervención, se debe de interpretar correctamente la aplicación prevista, es decir, el principio por el cual se adopta realizar el estudio.

### **3.5.1.3 Razones para realizar el estudio**

El argumento con el cual se optó el presente estudio, desarrollando en palabras, la lógica para su realización.

### **3.5.1.4 Público previsto**

En este apartado es conveniente señalar a las personas o el sector de la sociedad a las que se les comunicaran los resultados que se obtengan.

### **3.5.1.5 Si se pretende utilizar los resultados en aseveraciones comparativas previstas para su divulgación al público**

En suma, los datos que sean obtenidos del estudio de ICV, deberán ser pertinentes si estos serán dados a conocer, aunque *“no se debe utilizar únicamente un estudio del ICV para hacer comparaciones que se van a utilizar en aseveraciones comparativas previstas para su divulgación al público”* [2].

### **3.5.1.6 Alcance**

El alcance es suficientemente bien definido para asegurar que la amplitud, profundidad y que el nivel de detalle del estudio sean compatibles y suficientes para alcanzar el objetivo establecido. Al estipular este apartado dentro del estudio de ACV, se consideran los puntos siguientes: el sistema del producto a estudiar, las funciones de los sistemas que serán comparados, la muestra de las productos, la unidad funcional, los límites del sistema, los tipos de impacto, las suposiciones y los tipos y fuente de datos. Los requerimientos anteriores se estipulan en la Figura 3—3.

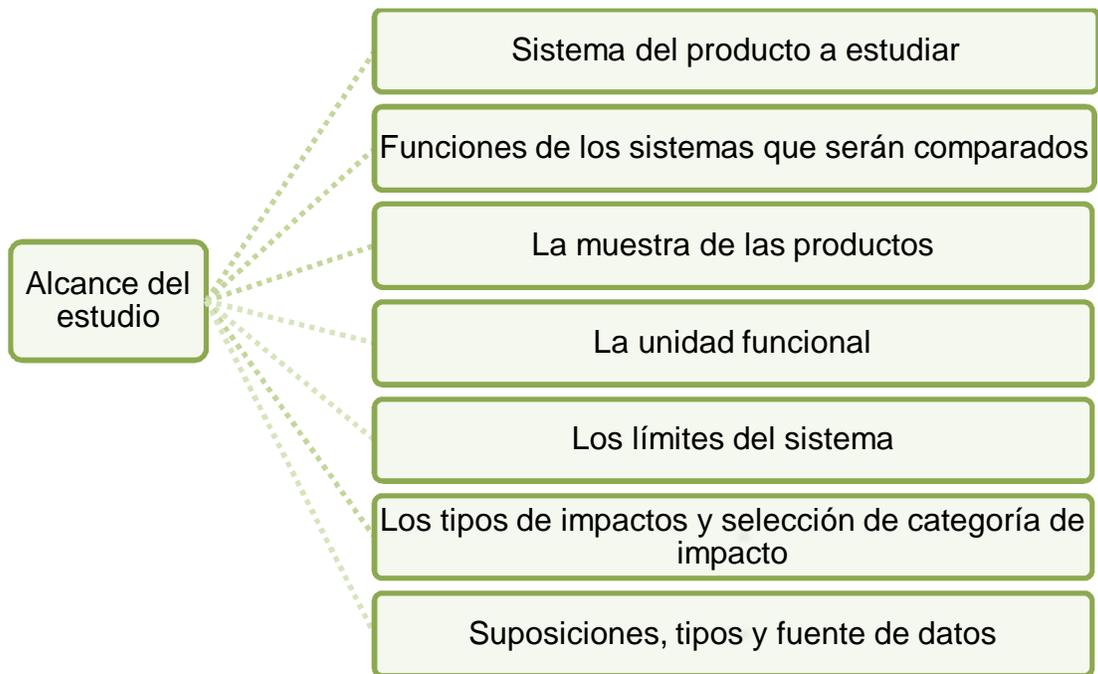


Figura 3-3, Requisitos a utilizar en el desarrollo del alcance para el ACV.

Fuente: Elaboración propia basada en [1].

El desarrollo de los anteriores requisitos para el alcance del ACV, establecen las fronteras necesarias basadas en el sistema que es objeto del estudio, el tratamiento, para cada estipulación de la Figura 3—3, se explica a continuación.

#### **3.5.1.6.1 Sistema del producto a estudiar**

En este paso, se indica el conjunto de procesos unitarios que dan forma al bien o servicio, el cual puede ser tangible o intangible del sistema que es analizado.

#### **3.5.1.6.2 Función del sistema**

Se ha de especificar claramente las características de desempeño para el sistema, es decir, la tarea que le corresponde realizar al conjunto, y aunque un sistema pueda tener varias funciones, aquí se indica cuál de ellas será objeto del estudio, pudiendo seleccionar diversas.

#### **3.5.1.6.3 Muestra del producto**

La porción del sistema que con sus elementos conforman el o los productos que serán objeto del estudio de ICV.

#### **3.5.1.6.4 Unidad funcional**

Para que exista una relación inequívoca entre los principios que originan el estudio, se debe proporcionar una referencia a partir de la cual se normaliza el sistema con referencia numérica, de esta manera, la cuantificación de la función que se analiza o las funciones que se comparan, tendrán coherencia.

#### **3.5.1.6.5 Los límites del sistema**

Acotar el borde máximo o mínimo al cual estará sujeto el sistema de estudio, estos serán dados por la localización geográfica, las etapas previstas del ACV y el criterio de corte que se utiliza. Se relaciona a continuación los límites que son considerados, abundando en cada uno de ellos.

La localización geográfica es la identificación puntual referente a la ubicación para cada edificio que es objeto del estudio.

Las etapas previstas son dadas por el enfoque contemplado, al cual se le denomina como “de la cuna a la puerta”, comprenden las etapas de extracción de las materias primas, fabricación de las materias primas, transporte para su comercialización, etapa de almacenamiento y traslado al sitio de la edificación y la etapa de construcción, véase Figura 3—4; Se omiten la etapa de uso y de reciclaje o disposición final, en primera instancia porque no se tienen datos referentes a su utilización por ser obras de reciente ejecución.

El criterio de corte, es decir los elementos del sistema que, basados en un determinado discernimiento, se consideran relevantes para ser tomados en cuenta para los flujos del sistema, esta especificación puede considerarse criterios como lo es seleccionar los componentes que más influyen en masa, utilización de energía, importancia ambiental y/o volumen durante las entradas o salidas.

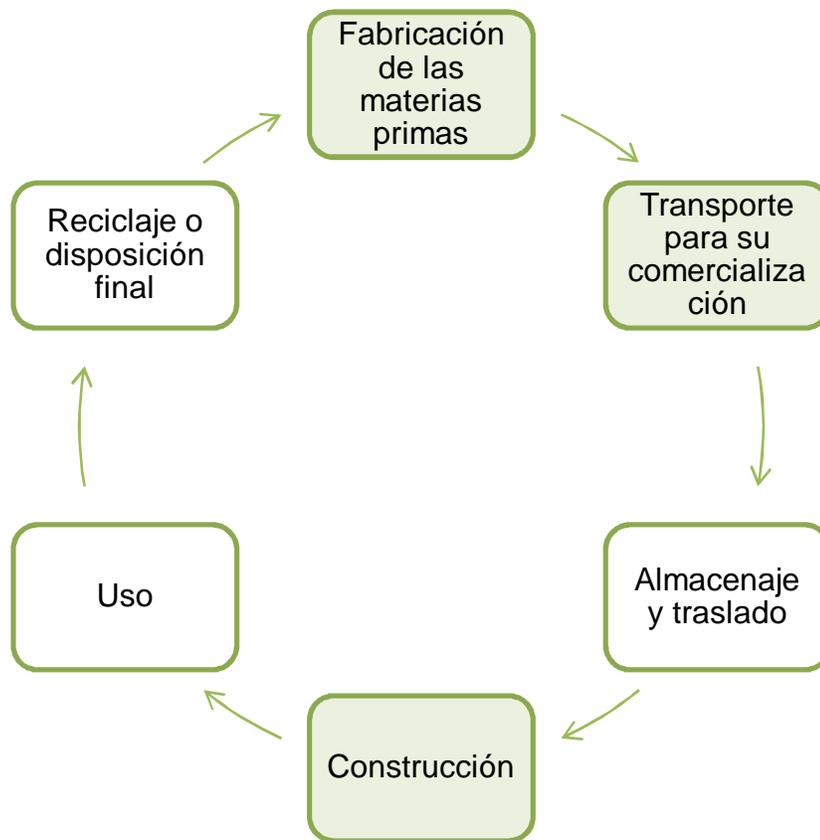


Figura 3-4, Etapas previstas del ACV.

Fuente: Elaboración propia basada en [1].

Para el criterio de corte, es decir el causal que define las entradas a incluir para la evaluación del sistema, se dan en función del costo, el volumen y el peso de mayor representatividad, considerando un porcentaje de representatividad del 2% sobre el total de cada criterio propuesto. Se ejemplifica la Tabla 3—1 con los requisitos propuestos para el límite del sistema, en donde se anotan las industrias a las que pertenecen los tipos de insumos utilizados, achurando las que han sido seleccionadas, consideran que en al menos uno de los tres criterios de corte sobrepasan el 2% de su representatividad propuesto.

Véase Figura 3—5 con los requisitos propuestos para el límite del sistema.

Tabla 3-1, Criterios de corte a utilizar en ambos sistemas constructivos.

| Insumos a según la industria | Sistema constructivo T1 |                  |            |                  |                   |                  | Sistema constructivo T2 |                  |            |                  |                   |                  |
|------------------------------|-------------------------|------------------|------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------------|------------------|------------|------------------|-------------------|------------------|
|                              | Economico               |                  | Peso       |                  | Volumen           |                  | Economico               |                  | Peso       |                  | Volumen           |                  |
|                              | (\$)                    | %                | (Kgs)      | %                | (M <sup>3</sup> ) | %                | (\$)                    | %                | (Kgs)      | %                | (M <sup>3</sup> ) | %                |
| (1)                          | (2)                     | (3)              | (4)        | (5)              | (6)               | (7)              | (2)                     | (3)              | (4)        | (5)              | (6)               | (7)              |
| sumatorias totales           | costo total             | porcentaje total | peso total | porcentaje total | volumen total     | porcentaje total | costo total             | porcentaje total | peso total | porcentaje total | volumen total     | porcentaje total |

Fuente: Elaboración propia.

- ( 1 ) Columna que describe las industrias a la que pertenecen los insumos
- ( 2 ) Columna para la suma del costo en pesos mexicanos que representa cada tipo de industria
- ( 3 ) Columna donde se anota el porcentaje respecto al costo total, (2)/costo total
- ( 4 ) Columna para la suma del peso en kilogramos que representa cada tipo de industria
- ( 5 ) Columna donde se anota el porcentaje respecto al peso total, (4)/peso total
- ( 6 ) Columna para la suma del volumen en metros cúbicos que representa cada tipo de industria
- ( 7 ) Columna donde se anota el porcentaje respecto al volumen total, (6)/volumen total

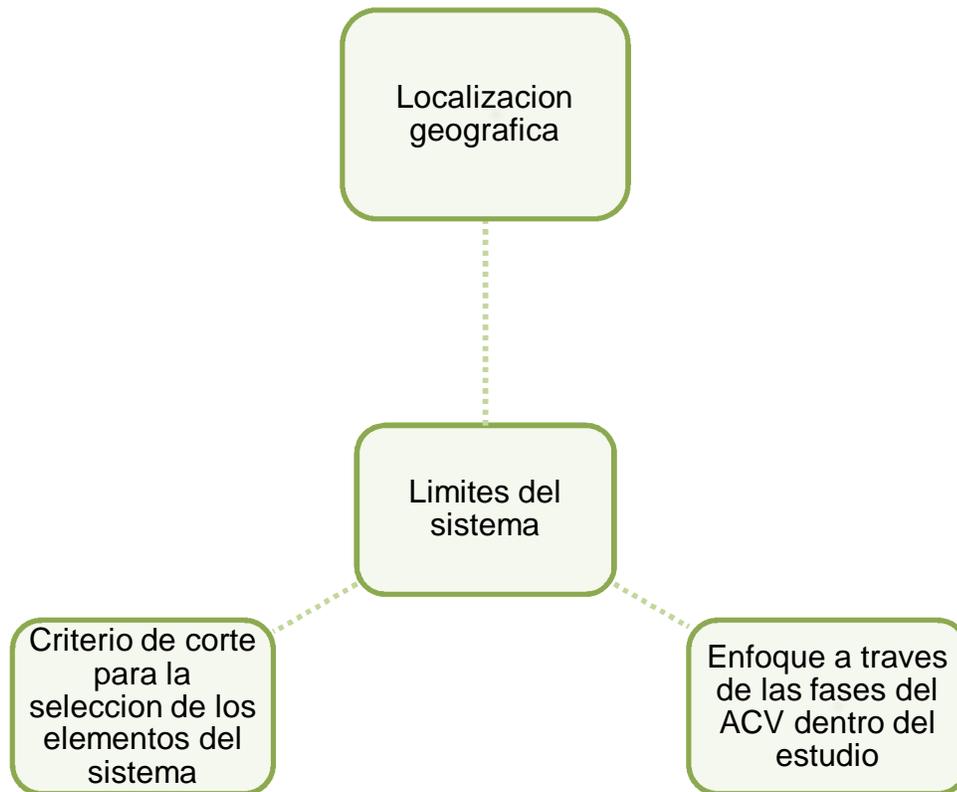


Figura 3-5, Consideraciones propuestas para el límite del sistema.

Fuente: Elaboración propia basada en [1].

### 3.5.1.6.6 Los tipos de impacto y selección de categoría de impacto

Continuando con el alcance, es necesario señalar la naturaleza de los efectos que se analizan, si estos repercuten en forma positiva o negativa, si han de ser directos e indirectos y demás atribuciones. Además, se tiene que escoger en cual ámbito se desea revisar la influencia que tienen los procesos del sistema en estudio, *“la selección de categorías de impacto debe reflejar un conjunto exhaustivo de asuntos ambientales relacionados con el sistema.....”* [2], *“la SETAC propone tres categorías de impacto a considerar en un ACV, y estas se*

engloban en tres grupos principales: consumo de recursos naturales, impactos al ecosistema y daños a la salud” [42].

Los tipos de impactos que pueden ser considerados se pueden ver en la Tabla 3-2, y estos son solo como ejemplo, es decir no son limitativos, pudiendo incrementar la importancia de algún otro tópico de interés con la idea de sostenibilidad.

Tabla 3-2, Categorías de impactos consideradas por SETAC

| Categoría de impacto ambiental  | Unidad de referencia      | Factor de caracterización                         |
|---------------------------------|---------------------------|---|
| Calentamiento global            | Kg.eq.CO <sub>2</sub>     | Potencial de calentamiento global (PCG)           |
| Consumo de recursos energeticos | MJ                        | Cantidad consumida                                |
| Reduccion de la capa de ozono   | Kg.Eq.CFC 11              | Potencial de agotamiento de la capa de ozono(PAO) |
| Eutrofizacion                   | Kg.Eq. de NO <sub>3</sub> | Potencial de eutrofizacion (PE)                   |
| Acidificacion                   | Kg.Eq. de SO <sub>2</sub> | Potencial de acidificacion (PE)                   |
| Consumo de materias primas      | 1 m <sub>3</sub>          | Cantidad consumida                                |

Fuente: Elaboración propia basada en [42].

### 3.5.1.6.7 Suposiciones, tipos y fuente de datos.

En cuanto a las consideraciones propuestas para el inicio del estudio de ICV, se debe partir con indicios que den consecuencias a los puntos cualitativos y cuantitativos que marquen la pauta para iniciar el análisis, es decir, las suposiciones necesarias para empezar con datos puntuales a partir de información propuesta.

Existen varias suposiciones alrededor del análisis, primeramente, respecto a la construcción de la envolvente, se utilizan las cantidades de insumos necesarios en cada sistema constructivo y para las fases del ICV se realizan suposiciones de acuerdo a este estudio.

### 3.5.2 Análisis del inventario del ciclo de vida

Para la segunda fase del estudio de ICV, se deben de recopilar los datos necesarios que cumplan con el objetivo y el alcance, así como los procedimientos de cálculo para cuantificar las entradas y salidas pertinentes, en la Figura 3–6 se observan los pasos a realizar para cumplir con el plan.

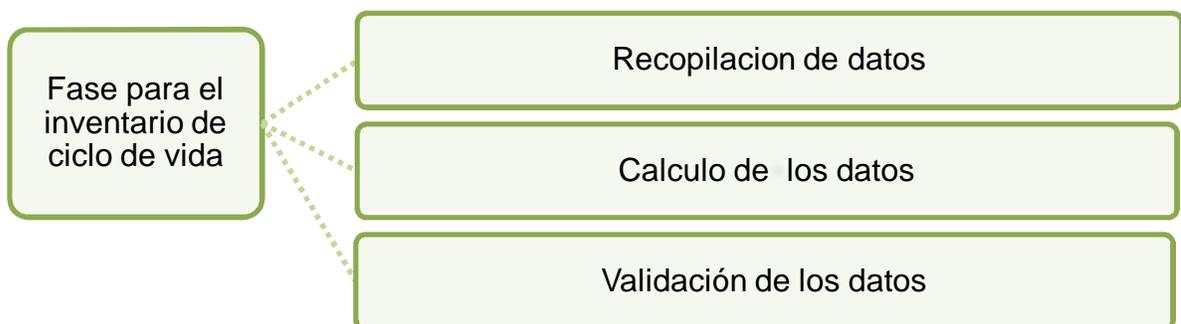


Figura 3-6, Fases del ICV.

Fuente: Elaboración propia basada en [2].

### **3.5.2.1 Recopilación de datos**

Para reunir los datos con características distintas así como las cantidades de los elementos que estén dentro del sistema, es preciso indicar si estos son estimados, calculados y/o medidos, al igual como también la fuente de cual provienen. Los datos de entrada que se necesitan establecer en este estudio de ICV son las cantidades de material para cada envolvente, además en cada proceso durante su ciclo de vida es necesario establecer y fijar información de las emisiones, la cual depende de su etapa a analizar.

La información indispensable para realizar el ICV de este proyecto de intervención, está dada por las entradas a los flujos del sistema, y los flujos que circulan en él para obtener las salidas en cada fase de su ciclo de vida.

Es por ello que se calcula la cantidad de insumos utilizados en los sistemas constructivos T1 y T2, estos elementos se agrupan en concordancia a la industria de la cual provienen, ver Tabla 3—3, en esta se anotan la información de inicio que representan la descripción de los insumos, el costo, peso y volumen. Se observa que esta cantidad de insumos es basada en la utilización de los mismos para los diferentes sistemas constructivos.

La influencia al medio ambiente de los insumos anteriores, será determinada por el flujo de referencia que mide la salida del sistema, para llegar a esta, se encontrara el flujo unitario de la emisión correspondiente a cada grupo de insumos, recurriendo a la información nacional, ya sea por medio las estadísticas, informes, bibliografía o información previamente calculada.

Tabla 3-3, Listado total de insumos utilizados para cada sistema constructivo.

| Descripción de los trabajos: |         |        |          |                          |         |            |                    |            |            |  |               |            |
|------------------------------|---------|--------|----------|--------------------------|---------|------------|--------------------|------------|------------|--|---------------|------------|
| Insumo                       | Familia | Unidad | Cantidad | Costo económico en pesos |         |            | Peso en kilogramos |            |            | Criterio respecto al volumen en metros cúbicos |               |            |
|                              |         |        |          | Costo unitario           | Importe | %          | Peso unitario      | Total      | %          | Volumen unitario                               | Total         | %          |
| (1)                          | (2)     | 3)     | (4)      | (5)                      | (6)     | (7)        | (8)                | (9)        | (10)       | (11)   | (12)          | (13)       |
| Sumatorias totales           |         |        |          |                          | Costo   | Porcentaje |                    | Peso total | Porcentaje |  | Volumen total | Porcentaje |

Fuente: Elaboración propia.

- ( 1 ) Insumo utilizado
- ( 2 ) Columna que describe las industrias a la que pertenecen los insumos
- ( 3 ) Unidad de medición de referencia
- ( 4 ) Cantidad requerida
- ( 5 ) Costo por unidad de medición de referencia
- ( 6 ) Importe en pesos mexicanos del insumo total utilizado
- ( 7 ) Columna donde se anota el porcentaje respecto al costo total, (4)/costo total
- ( 8 ) Peso en kilogramos por unidad de medición de referencia

- ( 9 ) Peso total en kilogramos de cada insumo utilizado
- ( 10 ) Columna donde se anota el porcentaje respecto al peso total,  $(9)/\text{peso total}$
- ( 11 ) Volumen por metros cúbicos por unidad de medición de referencia
- ( 12 ) Volumen total en metros cúbicos de cada insumo utilizado
- ( 13 ) Columna donde se anota el porcentaje respecto al volumen total,  $(12)/\text{volumen total}$

A partir del listado de insumos anterior se agrupan solamente los insumos de los materiales, de acuerdo al tipo de industria utilizando el clasificador del Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte denominado por sus siglas SCIAN, obteniendo como resultado la Tabla 3—4.

Tabla 3-4, Listado de insumos agrupado para cada sistema constructivo.

| Tipo de industria  | Unidad | Sistema constructivo T1 o T2 |                  |            |                  |                    |                  |
|--------------------|--------|------------------------------|------------------|------------|------------------|--------------------|------------------|
|                    |        | Economico                    |                  | Peso       |                  | Volumen            |                  |
|                    |        | importe                      | %                | ( Kgs )    | %                | ( M <sup>3</sup> ) | %                |
| ( 1 )              | ( 2 )  | ( 3 )                        | ( 4 )            | ( 5 )      | ( 6 )            | ( 7 )              | ( 8 )            |
| sumatorias totales |        | costo total                  | porcentaje total | peso total | porcentaje total | volumen total      | porcentaje total |

Fuente: Elaboración propia.

- ( 1 ) Columna que describe las industrias a la que pertenecen los insumos
- ( 2 ) Unidad de medición de referencia
- ( 3 ) Importe en pesos mexicanos del tipo de industria
- ( 4 ) Columna donde se anota el porcentaje respecto al costo total, (3)/costo total
- ( 5 ) Peso total en kilogramos del tipo de industria
- ( 6 ) Columna donde se anota el porcentaje respecto al peso total, (5)/peso total
- ( 7 ) Volumen total del tipo de industria
- ( 8 ) Columna donde se anota el porcentaje respecto al peso total, (7)/volumen total

Con la información obtenida en las tablas anteriores, se extraen los elementos de mayor representatividad, estos son seleccionados en concordancia al criterio de corte referido en el punto 3.5.1.1, dando como resultado la industria en el cual los materiales influyen en mayor medida con la construcción de las envolventes, la Tabla 3—5 engloba las industrias. En consecuencia, estos grupos de industrias, serán analizados en sus tres etapas definidas, para obtener el inventario correspondiente.

Tabla 3-5, Industrias objeto de análisis.

| Tipo de industria |
|-------------------|
| ( 1 )             |

Fuente: Elaboración propia.

( 1 ) Columna que indica las industrias por analizar

Así pues, los datos provenientes de cada sistema constructivo, que serán utilizados para conocer las emisiones de CO<sub>2</sub>, se enlistan en la Tabla 3—6 y su forma de llenado es dada por la información anteriormente estipulada.

( 1 ) Columna que describe las industrias a la que pertenecen los insumos

( 2 ) Peso total en kilogramos del tipo de industria

( 3 ) Columna donde se anota el porcentaje respecto al peso total, (2)/peso total

( 4 ) Volumen total del tipo de industria

( 5 ) Columna donde se anota el porcentaje respecto al peso total, (4)/volumen total

Tabla 3-6, Cantidad de material respecto al sistema constructivo.

| Tipo de industria  | Cantidad de material para el sistema constructivo T1 o T2 |                  |                    |                  |
|--------------------|---|------------------|--------------------|------------------|
|                    | Peso  |                  | Volumen            |                  |
|                    | ( Kgs )   | %                | ( M <sup>3</sup> ) | %                |
| ( 1 )              | ( 2 )   | ( 3 )            | ( 4 )              | ( 5 )            |
| sumatorias totales | peso total  | porcentaje total | volumen total      | porcentaje total |

Fuente: Elaboración propia.

Otra acción a desarrollar sucesiva al cómputo de datos, es encontrar la cantidad unitaria de emisión o vertido al medio ambiente, para el flujo ambiental seleccionado en el punto 3.5.1.2, esta magnitud es referenciada a la unidad con la que cada industria emite sus insumos y debe encontrarse para las etapas de su ciclo de vida analizado, el resumen de esta información se recaba en la Tabla 3—7. Siendo considerada la cantidad de emisión por unidad de insumo utilizado en los sistemas constructivos objeto de este análisis, con lo comunicado por la SEMARNAT a través del RETEC.

Con lo anterior se expresa la afirmación de que los flujos a obtener por unidad de insumo son a partir de la información generada en México, considerando este trabajo como parte de los acercamientos para obtener estudios de ICV a partir de datos exclusivamente Mexicanos.

Tabla 3-7, Resumen de los flujos unitarios por industria y etapa.

| Tipo de industria | Emision o vertido | Unidad | Cantidad unitaria de flujo emitido al medio ambiente por etapa |          |         |
|-------------------|-------------------|--------|--|----------|---------|
|                   |                   |        | Etapa 1  | Etapa 2. | Etapa 3 |
| ( 1 )             | ( 2 )             | ( 3 )  | ( 4 )  | ( 5 )    | ( 6 )   |

Fuente: Elaboración propia.

- ( 1 ) Columna que describe el tipo industria a la que pertenecen los insumos
- ( 2 ) Tipo de emisión o vertido a considerar
- ( 3 ) Unidad de medición de referencia
- ( 4 ), ( 5 ) y ( 6 ) Flujo unitario para cada etapa respecto a la unidad (3).

Asimismo, los flujos unitarios para cada etapa se obtienen de la siguiente forma:

Para la etapa 1, de extracción de materias primas y producción de materiales, se utiliza la calculadora de emisiones del RENE en su versión 4.0, véase la Tabla 3–8 y publicaciones de SEMARNAT.

Para la etapa 2, referente al transporte y/o acarreo de los insumos, desde la industria que los elabora hasta el sitio de utilización para la construcción en cada sistema constructivo, la Tabla 3–8 y publicaciones de SEMARNAT también se aprovecha para obtener el flujo de emisión.

Por último, obtener el flujo que aportan los elementos utilizados durante la etapa 3, la cual concierne a las actividades propias durante la construcción de las

envolventes, de igual manera el uso de la Tabla 3—8 con la herramienta utilizada para el RENE y publicaciones de SEMARNAT, se calculan los flujos unitarios de este último proceso considerado para el análisis del ciclo de vida.

Las variables en cada etapa son las cantidades que se requieren para obtener los flujos unitarios, en la extracción de materias primas y producción de materiales, la magnitud de los insumos es la entrada, en el transporte se le adiciona, además de las cantidades de materiales por proceso, la distancia de la cual se fabrica la materia prima hasta el punto de utilización en la envoltura de cada sistema constructivo, para con ello obtener la salida debido al traslado y en la etapa de construcción el valor de entrada es el mismo que en las etapas anteriores.

Tabla 3-8, Calculadora de emisiones para el RENE, versión 4.0

**SEMARNAT**  
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

**Calculadora de emisiones para el Registro Nacional de Emisiones**

Tus emisiones anuales son:  tCO<sub>2</sub>e/año

**NOTA:**  
El resultado de emisiones es indicativo. La calculadora entregará resultados más aproximados a las emisiones reales en la medida en que el usuario ingrese información completa y verdadera. Puede servir como herramienta orientadora para determinar si el sujeto sobrepasa o no el umbral de registro. En ningún caso sustituye la estimación de emisiones que deben realizar los Establecimientos Sujetos a Reporte y no se debe usar como resultado final de sus emisiones anuales, esta calculadora es un instrumento de apoyo. La suma de las emisiones puede no coincidir con el resultado parcial, por el redondeo de cifras.

**BID**  
Banco Interamericano de Desarrollo

La SEMARNAT agradece al Banco Interamericano de Desarrollo por su apoyo financiero para llevar a cabo este proyecto

1.- Selecciona el sector, subsector y actividad      2.- Ingresas el dato de actividad en las unidades solicitadas      REINICIAR

| Sector | Subsector | Actividad | Fuente de Emisión | Instrucciones | Dato de Actividad | Unidad | Emisiones GEI [tCO <sub>2</sub> e] | Emisiones CO <sub>2</sub> [tCO <sub>2</sub> ] | Emisiones CH <sub>4</sub> [tCH <sub>4</sub> ] | Emisiones N <sub>2</sub> O [tN <sub>2</sub> O] |
|--------|-----------|-----------|-------------------|---------------|-------------------|--------|------------------------------------|---|---|--|
| ( 1 )  | ( 2 )     | ( 3 )     | ( 4 )             | ( 5 )         | ( 6 )             | ( 7 )  | ( 8 )                              | ( 9 )   | ( 10 )  | ( 11 )   |

Fuente: [43].

- ( 1 ) Sector, referenciado para el RENE, a según la categoría de su fuente emisora.
- ( 2 ) El subsector está definido de acuerdo a la industria a la cual pertenece el insumo utilizado
- ( 3 ) En esta columna, se alimenta la actividad específica con el tipo de industria
- ( 4 ) La fuente de emisión es indicada por el RENE, de acuerdo a la actividad seleccionada en la columna ( 4 )
- ( 5 ) Señala el parámetro en masa o volumen de insumo a ingresar
- ( 6 ) De acuerdo al sector, subsector y la actividad se alimenta esta columna, y la información a ingresar es referente a la cantidad numérica, de masa o volumen, expuesta en las instrucciones de la Columna ( 5 )

( 7 ) Es la unidad con la cual se referencia la columna ( 6 )

( 8 ), ( 9 ), ( 10 ) y ( 11 ) Flujo unitario de GEI calculado por el RENE

### 3.5.2.2 Cálculo de los datos

Para el cálculo de los datos del ICV, se utiliza lo compilado en la fase anterior, encontrando para cada etapa del ciclo de vida las salidas, estas son las emisiones por sistema constructivo en cada grupo de insumos o industria. La Tabla 3—9 se utiliza para identificar las salidas determinadas en cada uno de los sistemas constructivos, obteniendo el inventario para el estudio ICV y poder comparar con la idea de construcción sostenible en la envolvente en los dos edificios.

Tabla 3-9, Emisión en la etapa considera para cada sistema constructivo

| Industrias                         | Sistema constructivo | Emisiones al aire |       |
|------------------------------------|----------------------|-------------------|-------|
|                                    |                      | Flujo unitario    | Total |
| ( 1 )                              | ( 2 )                | ( 3 )             | ( 4 ) |
| Total de los insumos de materiales |                      |                   |       |

Fuente: Elaboración propia.

( 1 ) Columna que describe el tipo industria a la que pertenecen los insumos.

( 2 ) Cantidad del insumo.

( 3 ) Flujo unitario para cada etapa.

( 4 ) Total de emisiones para la etapa.

### 3.5.2.3 Asignación

Este proceso se realiza para señalar e identificar los productos y/o co-productos así como sus derivados para las entradas y salidas del sistema, además se debe cumplir que *“las entradas y salidas asignadas a un proceso unitario debe ser igual a las entradas y salidas del proceso unitario antes de la asignación”* [2].

### 3.5.3 Interpretación del estudio de ICV

Después de la obtención de los resultados para cada sistema y para cada etapa, la información resultante se va sumando y con ello se compara cada sistema constructivo respecto al total de las emisiones, así como también las fases que intervienen y los subproductos representados por los insumos para cada sistema comparado

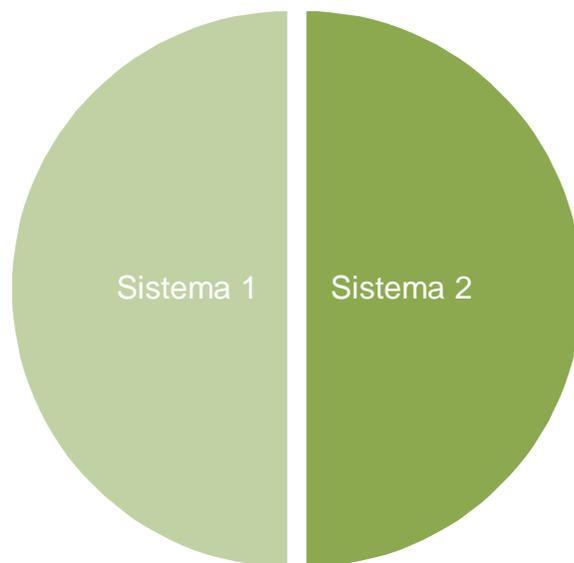


Figura 3-7, Comparación de emisiones de CO<sub>2</sub>eq.

Fuente: Elaboración propia.

## 4 ESTRATEGIAS DE IMPLEMENTACIÓN

*“Los científicos pueden plantear los problemas que afectaran al medio ambiente con base en la evidencia disponible, pero su solución no es responsabilidad de los científicos, es de toda la sociedad”*

*Dr. Mario Molina*

El ACV simplificado, es desarrollado siguiendo las normas mexicanas NMX-SAA-14040-IMNC-2008 y NMX-SAA-14044-IMNC-2008, es por ello que se toman en cuenta las directrices indicadas en estas normas para los cuales el objetivo de conocer el ACV de los sistemas constructivos puede satisfacerse con el estudio del ICV.

### 4.1 Plan de acción

Se desarrolla el procedimiento en base a la metodología formulada en el tercer capítulo apoyada en las normas especificadas, concretar las acciones propuestas es la finalidad del plan de acción, esto se lleva a cabo al recopilar los datos que serán necesarios a partir de la formulación del modelo expuesto y desarrollar la norma genérica aplicada a este proyecto con referencia a la construcción sostenible.

Los pasos estratégicos de la planeación consisten en:

#### 4.1.1 Objetivo y alcance del estudio

##### 4.1.1.1 Objetivo

Comparar dos sistemas constructivos que se diferencian en su envolvente vertical para determinar cuál de ellos tiene un mejor comportamiento hacia el medio ambiente, considerando las emisiones al aire y la cantidad de energía durante su ciclo de vida, como lo describe la Figura 3–2.

Lo anterior se logra determinando la cantidad de elementos utilizados en la construcción de la envolvente vertical para cada sistema constructivo utilizado en la edificación de infraestructura educativa, particularmente para los espacios de educación superior y media superior en la Universidad Autónoma de Sinaloa con el sistema constructivo U3-C, se seleccionaron los dos tipos de edificación mostradas en la Figura 4—1 para el edificio U3-C tipo 1, en lo sucesivo (T1) y la Figura 4—2 para el edificio U3-C tipo 2, el cual se denominara (T2).



Figura 4-1, Edificio U3-C convencional T-1.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 4-2, Edificio U3-C alternativo T-2.

Fuente: Elaboración propia.

#### **4.1.1.1.1 Aplicación prevista**

Poner en práctica dentro de las instancias gubernamentales con relación a la edificación de infraestructura educativa la utilización de la herramienta del ACV por medio del estudio de ICV en los insumos utilizados para la construcción de las envolventes T1 y T2, adaptando la metodología genérica de las normas utilizadas, al dar los primeros pasos en los análisis de diferentes sistemas constructivos.

#### **4.1.1.1.2 Razones para realizar el estudio**

El motivo para llevar a cabo el estudio previsto, es conceder las diferencias con perspectiva ambiental que ocasionan las edificaciones con un mismo fin, a raíz de la selección de sus elementos que intervienen en los dos sistemas constructivos descritos, manteniendo la idea fundamental de obtener información suficiente, que ayude a los encargados de proyectos y a las personas en la toma de decisiones

en el interior de la UAS y sus departamento de construcción, para seleccionar entre estas dos opciones la que mejor se acerque a la construcción sostenible.

#### **4.1.1.1.3 Público previsto**

El proyecto se dirige a los integrantes del área de proyecto, diseño y construcción de la DCM pertenecientes a la UAS, debido a que es la instancia pública ejecutora de los recursos económicos provenientes de la federación que realizaron ambos sistemas constructivos, así como también, darlo a conocer a las personas involucradas en la toma de decisiones dentro y fuera del mismo departamento.

Además a nivel estatal y nacional se pretende darlo a conocer a las dependencias encargadas de la realización de los proyectos de construcción para la infraestructura educativa, lo cual se realiza con una invitación a la lectura del proyecto.

#### **4.1.1.1.4 Si se pretende utilizar los resultados en aseveraciones comparativas previstas para su divulgación al público**

Para el cuidado del medio ambiente en el ramo de la construcción, se puede manejar un parámetro definido que indique en forma cuantitativa un grado mayor o menor de sustentabilidad, la información aquí expuesta no será para asegurar fehacientemente cuál de los dos sistemas constructivos ofrece un mejor equilibrio al medio ambiente, sin embargo, con los resultados a obtener es fácil formar la perspectiva que indique mejores comportamientos de los sistemas constructivos con carácter ambiental, y estos resultados podrán ser observados por cualquier persona, debido a su carácter público, ya que forman parte del proyecto de intervención que define el trabajo final en la maestría de construcción del área de posgrado dentro de la Facultad de Ingeniería de la UAS.

#### **4.1.1.2 Alcance del estudio**

##### **4.1.1.2.1 Sistema del producto a estudiar**

El producto que es objeto de análisis se considera la envolvente vertical de dos edificios U3-C con sistemas constructivos diferentes, siendo el sistema constructivo T1 el indicado en las normas y especificaciones generales del INIFED y el edificio U3-C con un sistema constructivo en la envolvente vertical es el denominado T2, este último es una variante diseñada por miembros del departamento de proyectos de la DCM de la UAS.

Como subproductos son los diferentes insumos empleados en los dos sistemas constructivos, estos insumos están dados por el listado de utilización de materiales, mano de obra y equipo para cada sistema constructivo, en el Anexo 3 se muestran los insumos empleados para ambos edificios, estos listados son proporcionados por la DCM de la UAS.

Es de suma importancia señalar que para los dos sistemas constructivos con diferenciación en la envolvente vertical, se utilizan en su construcción tres conjuntos de elementos, los que denominaremos productos, estos son los materiales de construcción, la mano de obra y el equipo o maquinaria necesario únicamente para su edificación.

Por lo anterior, los insumos utilizados de materiales serán analizados en las tres etapas consideradas dentro del proyecto, la primera es de extracción de materias primas y producción de materiales, la segunda corresponde al traslado desde la fábrica hasta el sitio de edificación y la última etapa es la construcción. En el caso de los insumos de mano de obra así como los correspondientes elementos de la maquinaria que se necesita, solamente son objeto de análisis en la etapa correspondiente a la construcción. La Figura 4–3, ejemplifica el sistema del producto.



Figura 4-3, Sistemas del producto a estudiar.

Fuente: Elaboración propia.

La descendencia del sistema T1 y del sistema T2 son los insumos necesarios para la edificación de las envolventes y estos son los materiales de construcción, la mano de obra y el equipo.

#### **4.1.1.2.2 Función del sistema**

La función de un edificio U3-C es ser destinado para su uso como aulas de nivel medio superior y superior, su fundamento está dado por el diseño arquitectónico con el cual fue planeado y en consecuencia su diseño estructural es calculado para tal finalidad, sin embargo en las universidades públicas, la utilización de este tipo de edificios ha sido ampliamente aprovechada para fines complementarios al de aulas, como para oficinas administrativas, laboratorios, auditorios, bibliotecas y centros de cómputo, entre otros. Siendo entonces su principal aprovechamiento con fines educativos en escuelas con recursos públicos.

Por añadidura, para los sistemas constructivos T1 y T2, los elementos exteriores que circundan la envolvente de las dos edificaciones son de igual envergadura. Siendo su finalidad, la de proteger las actividades internas en los edificios y tanto sus dimensiones arquitectónicas, su aplicación y sus estructuras son iguales, marcando la diferenciación exclusivamente, en la cantidad de materiales utilizados para su construcción.

Ante tal cualidad que distingue una envolvente de la otra, refiriéndose a los materiales que erigen los edificios, se hace mención que en este trabajo no está dentro del alcance determinar la capacidad térmica en las construcciones de estudio, pero si el analizar las envolventes en su paramento vertical, ya que el trabajar con este tema, se consideran las características que deben aportar estos elementos en el ciclo de vida de las edificaciones.

#### **4.1.1.2.3 Muestra del producto**

En los sistemas constructivos se tienen los mismos elementos en la envolvente del edificio, y estos se componen por muros, columnas, trabes, puertas y ventanas, quienes a su vez son elaboradas hasta el producto final entregable, por insumos de materiales, mano de obra, y equipo de construcción. En la Figura 4—4 se muestran los elementos de los sistemas constructivos.

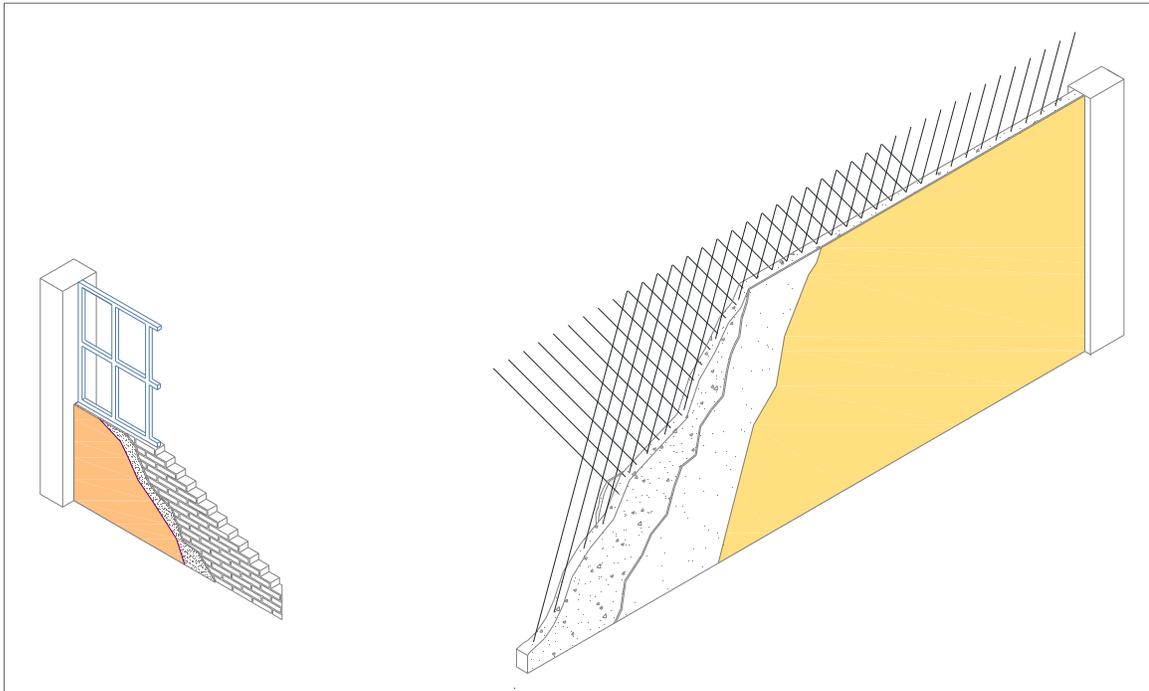


Figura 4-4, Elementos de las envolventes para T1 y T2 en su paramento vertical.  
Fuente: Elaboración propia.

Estos elementos son los mismos para ambos sistemas constructivos, pero se diferencian por las cantidades de insumos para construir la envolvente, por lo tanto, para el sistema T1 son de 51.19% de materiales, 45.13% de mano de obra y 3.68% para el equipo de construcción, ver Figura 4–5. En el sistema T2 estos valores representan el 59.60%, 37.32% y 3.08% para los materiales, mano de obra y equipo de construcción respectivamente, la Figura 4–6 representa la utilización en porcentaje de los insumos para el sistema T2.

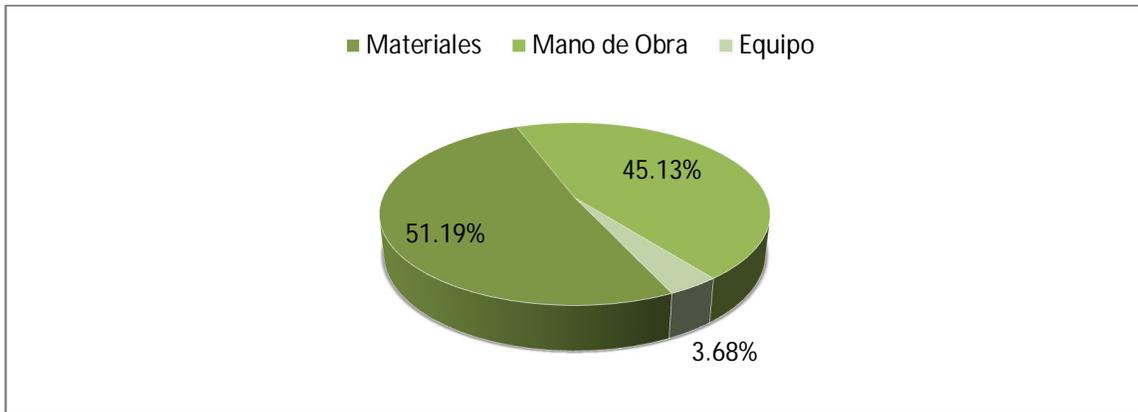


Figura 4-5, Porcentaje de insumos en el sistema T1.

Fuente: Elaboración propia.

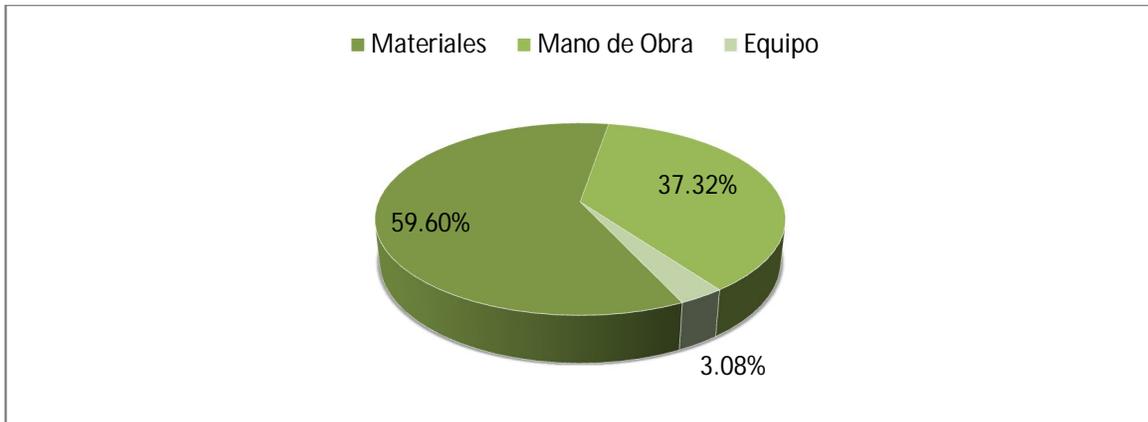


Figura 4-6, Porcentaje de insumos en el sistema T2.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.1.2.4 Unidad funcional

Como ambos sistemas constructivos tienen el mismo propósito en su función y ambos son de igualdad relativa por sus características geométricas, se elige que la unidad de referencia o unidad funcional sea expresada como pieza, aun así, se expresan las dimensiones de la envolvente vertical, la medida para la fachada

principal y posterior es de 42.88 metros y constan de 12 claros longitudinales de 3.24 metros y un claro de 4.00 metros para la escalera, en las fachadas laterales se tiene que la medida total es de 12.60 metros, siendo un entre eje de 8.00 metros y la altura total del edificio es de 9.15 metros. De esta manera, las medidas se establecen en la Tabla 4–1, y en el Figura 4–7 se observan sus dimensiones, obteniendo el área para cada lado de la envolvente vertical, siendo las superficies que colindan con el exterior y el interior de los sistemas constructivos T1 y T2.

Tabla 4-1, Geometría de edificio tipo U3-C.

| Geometría de edificio tipo U3-c (dimensiones en metros)                  |                    |            |                    |            |                   |            |
|--|--------------------|------------|--------------------|------------|-------------------|------------|
| Niveles  | Claro longitudinal | entre-ejes | Claro longitudinal | entre-ejes | Claro transversal | entre-ejes |
| 3  | 3.24               | 12         | 4.00               | 1          | 8.00              | 1          |
| Geometría de edificio tipo U3-c para determinar el área de la envolvente |                    |            |                    |            |                   |            |
| Fachada  | eje                | longitud   | ancho              | altura     | área              |            |
| frontal  | A                  | 42.88      | -                  | 9.15       | 392.35 m2         |            |
| posterior  | B                  | 42.88      | -                  | 9.15       | 392.35 m2         |            |
| lateral derecha  | 1                  | -          | 8.00               | 9.15       | 73.20 m2          |            |
| lateral izquierda  | 14                 | -          | 8.00               | 9.15       | 73.20 m2          |            |
| área total de la envolvente vertical                                     |                    |            |                    |            | 931.10 m2         |            |

Fuente: Elaboración propia.

Es notorio además, como la unidad de la envolvente al considerarse como pieza completa, esta satisface los dos sistemas constructivos, debido a que la finalidad en ambas edificaciones es la misma, podemos también establecer que la superficie de la envolvente es igual, esto significa que ambas constan de 931.10 metros cuadrados.



  
 Universidad Autónoma de Sinaloa

---

**PROYECTO DE INTERVENCIÓN**

---

**PROYECTO**  
 Edificio U3-C, estructura tipo

Figura 4-7, Fachada principal tipo del edificio U3-C.

Fuente: [44]

#### 4.1.1.2.5 Límites para los sistemas constructivos

Para lograr determinar la información que será útil, se delimita los sistemas constructivos T1 y T2, tomando en cuenta la ubicación de los edificios construidos, los elementos que son analizados y las etapas.

Es por lo anterior, que el límite geográfico es, la región Noroeste de México en el estado de Sinaloa, su ubicación se muestra en la Figura 4–8 y pertenecen a la Unidad Regional Centro para la ciudad de Culiacán. El edificio T1 y el edificio T2 pertenecen a la Facultad de Agronomía de la UAS, la Figura 4–9 indica su ubicación exacta.



Figura 4-8, Ciudad de Culiacán, estado de Sinaloa en la región Noroeste de México.

Fuente: [10].



Figura 4-9, Ubicación del sistema constructivo T1 y T-2.

Fuente: Elaboración propia con información de [12]

Como anteriormente se mencionó, los insumos de construcción utilizados en la envolvente vertical de ambos sistemas constructivos, son los que serán objeto del análisis ICV, otro límite dado para el ICV, está en las etapas de las cuales se calcularan sus efectos al medio ambiente

Para los insumos, se analizan las etapas que consideren:

- Extracción de materias primas y producción de materiales
- Transporte y/o acarreo de los insumos y
- Construcción.

Lo anterior se describe en la Figura 4—10 siguiente.



Figura 4-10, Etapas del análisis de ICV.

Fuente: Elaboración propia.

Se recuerda que están fuera del alcance para el análisis de este estudio las etapas de uso y de reciclaje o disposición final, debido a que para la correcta elaboración de estas etapas es necesario, llevar a cabo la evaluación de los dos sistemas constructivos al futuro, desde conocer los factores que influyen en su operación y hasta donde termina su uso y si es posible disponer de los residuos de la demolición a partir de los materiales utilizados en las edificaciones, por lo que no se dispone del tiempo suficiente para lograrlo.

Para el análisis de ICV en las etapas anteriores solo se incluyen los factores directos para los insumos, como por ejemplo para la etapa de fabricación no se

consideran los flujos de energía o emisiones al medio ambiente que puedan generar los trabajadores que intervienen en el proceso de manufactura ni el equipo, producto del traslado de sus casas a los sitios de producción, es decir, para los materiales de construcción solo serán considerados los flujos directos para cada etapa, este límite se considera porque no es posible encontrar la información para estas variables, dejándose fuera del alcance del proyecto.

Como criterio de corte, es decir, el nivel de importancia para la selección de los insumos que son objeto de este análisis, se determinan los de mayor relevancia con respecto al costo, peso y volumen

Para las cantidades de los insumos como los de materiales, mano de obra y equipo en cada conjunto de las envolventes se calcula un comparativo de costos estimados el mes de diciembre del año 2015, los cuales son expresados en pesos mexicanos, otro comparativo en la unidad de peso expresado en kilogramos y otro más para la unidad del volumen expresado en metros cúbicos, nótese que para los insumos de mano de obra y equipo solo se consideran sus costos y la cantidad de su utilización, expresado en jornadas laborales para la mano de obra y horas de trabajo para la maquinaria y equipo de construcción.

Para ejemplificar los costos para la envolvente vertical se anexa la

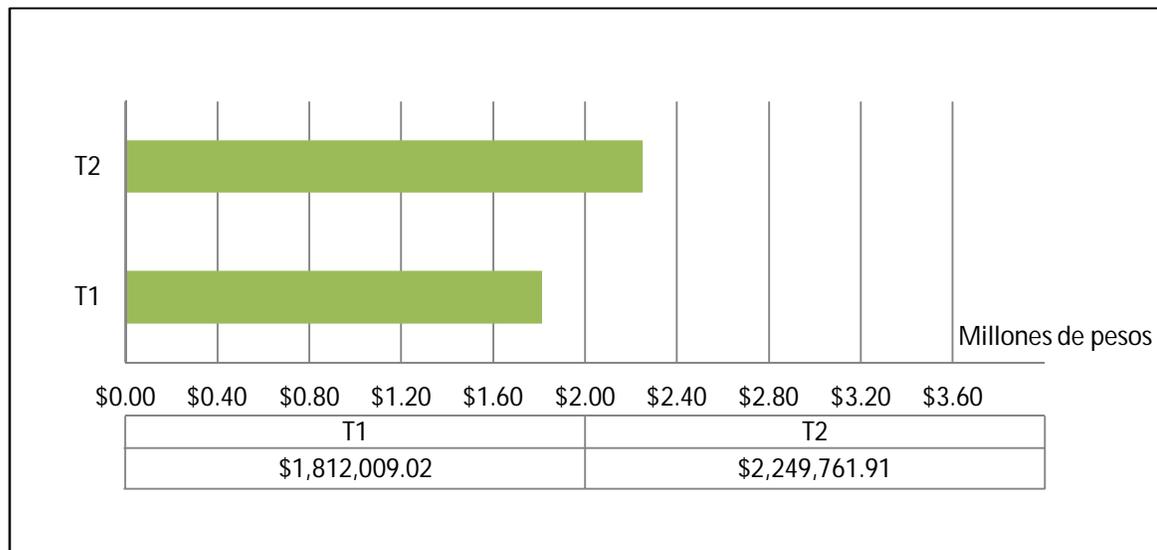


Figura 4-11Figura 4—11, en la cual se compara cada sistema constructivo, se describe que T1 es el sistema constructivo con la envolvente del edificio U3-C tipo INIFED, en el cual el costo directo por la utilización de sus insumos es de un millón ochocientos doce mil nueve pesos 02/100 m.n. (\$1'812,009.02). En el caso correspondiente al tipo 2 el costo de los insumos es de dos millones doscientos cuarenta y nueve mil setecientos sesenta y un pesos 91/100 m.n. (\$2'249,761.91) y se le denomina T2.

Para comparar la cantidad de insumos de cada sistema constructivo, se muestra la Figura 4—12, en la cual se ejemplifican los costos para cada grupo de insumos en los dos correspondientes sistemas constructivos.

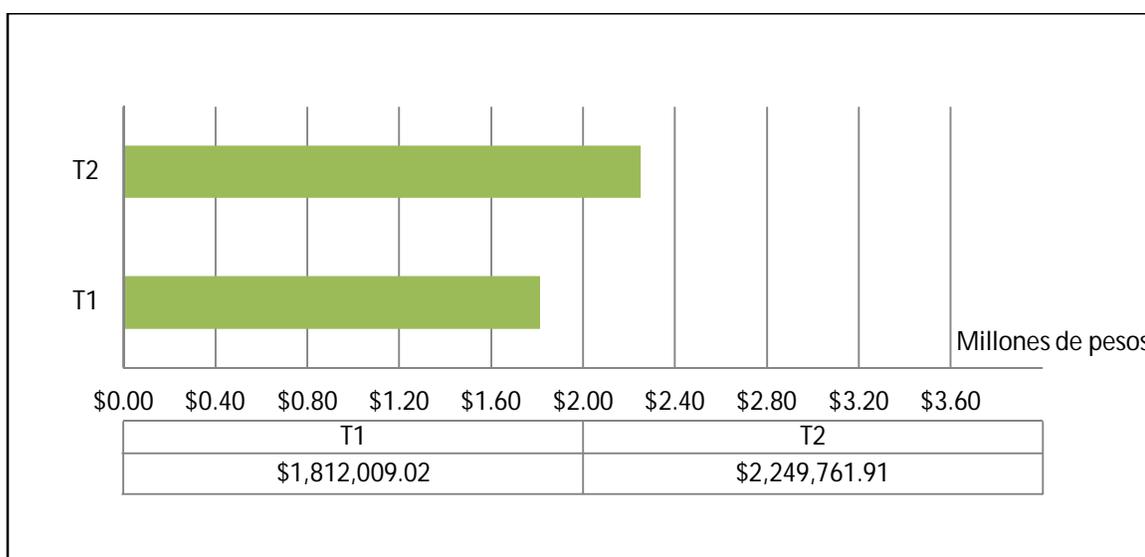


Figura 4-11, Costos (\$) para la envolvente en cada sistema constructivo.

Fuente: Elaboración propia.

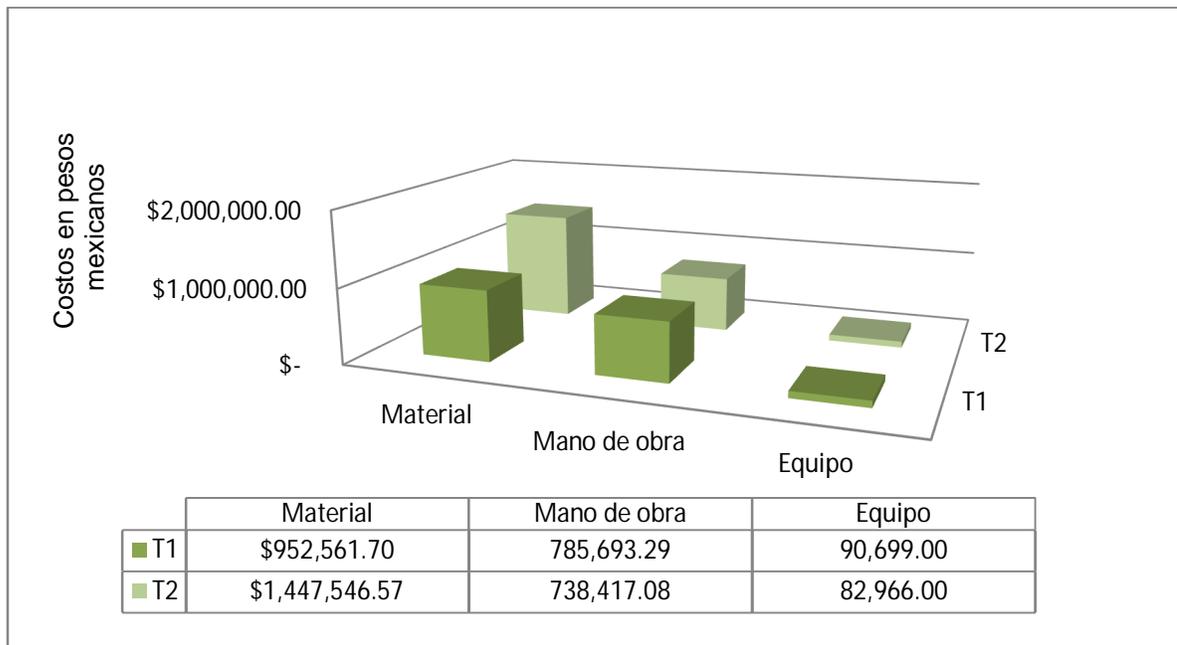


Figura 4-12, Costos (\$) para los grupos de insumos de cada sistema constructivo.  
Fuente: Elaboración propia.

Continuando con los indicadores que son revisados para evaluar cada sistema constructivo, se muestran las cantidades utilizadas para la mano de obra expresada en el total de jornales que se necesitan en ambos procesos y las horas necesarias de equipo en cada diferente tipo de envolvente, para la T1 se necesitan 2.289.33 jornales los cuales son expresados suponiendo un solo obrero y 648.10 del total de horas del equipo utilizado en la fase de construcción, en el caso para el sistema T2 son 2,151.59 jornales y 451.55 horas con respecto a los insumos mano de obra y los de la maquinaria. De lo anterior se obtienen la Figura 4—13 y Figura 4—14.

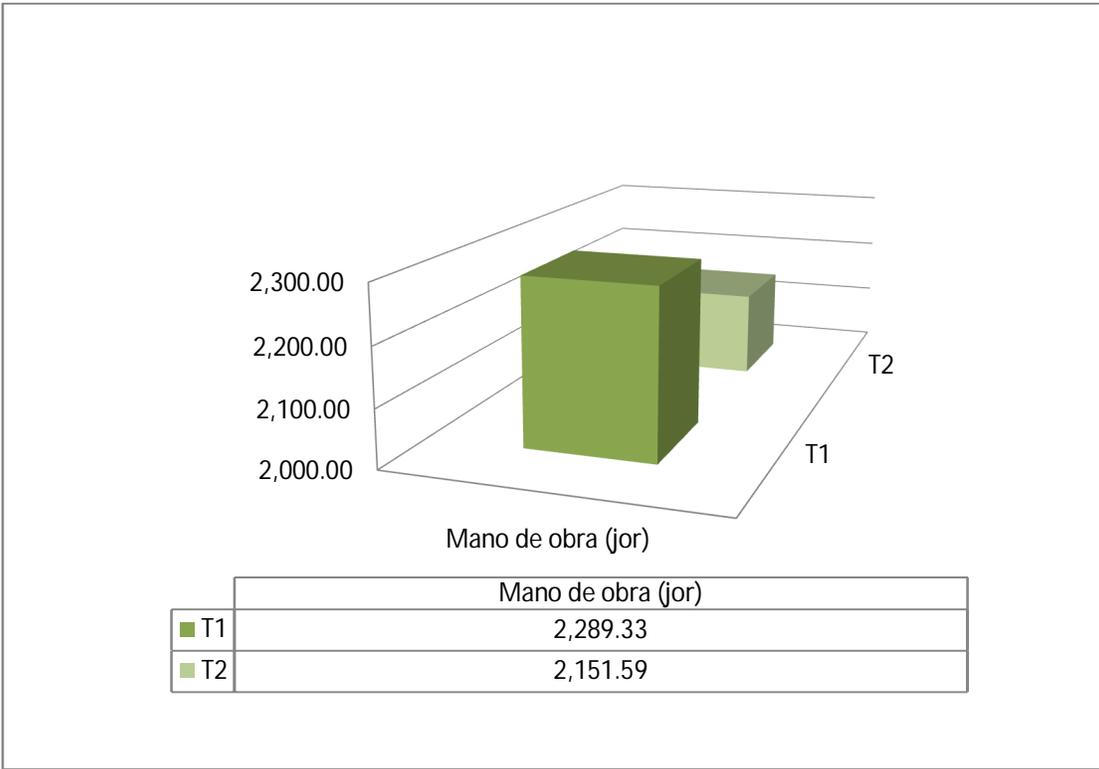


Figura 4-13, Mano de obra expresada en jornales de un solo obrero.

Fuente: Elaboración propia.

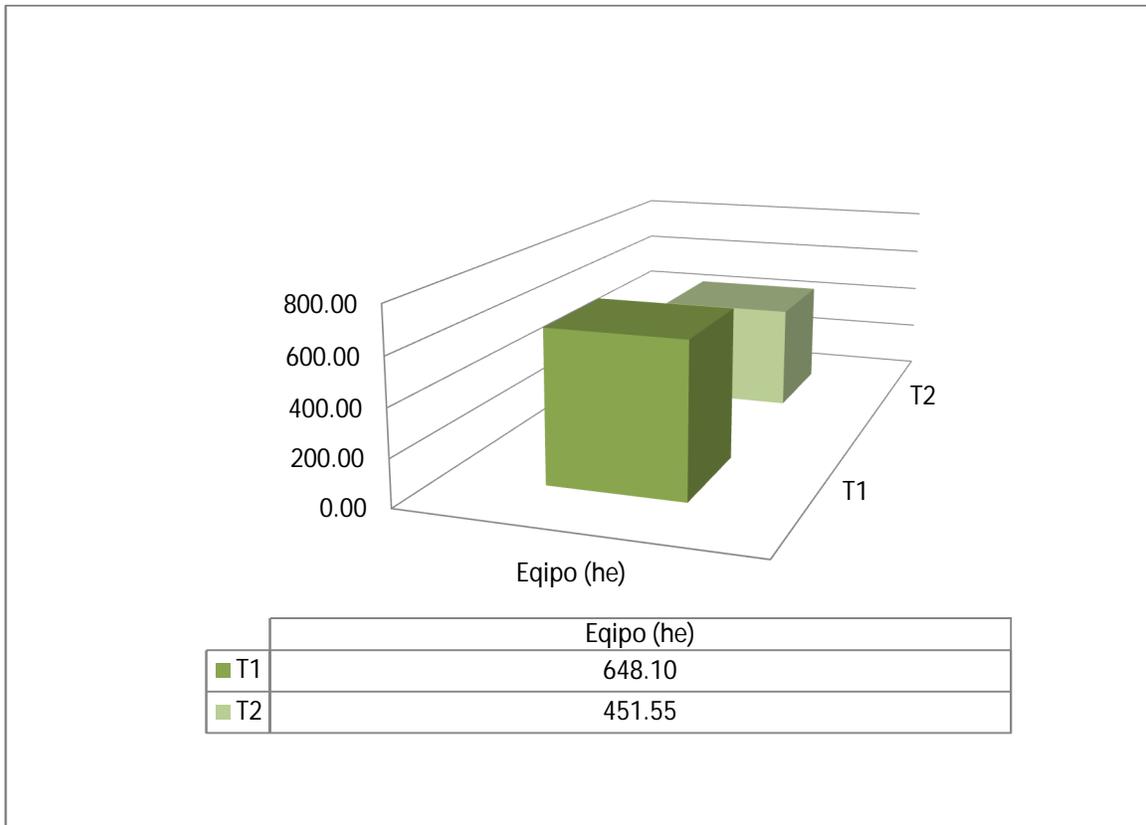


Figura 4-14, Horas de trabajo de los equipos de construcción.

Fuente: Elaboración propia.

Para determinar la masa de los materiales de construcción se utiliza el Anexo 3, en donde se muestra cada elemento de los dos sistemas constructivo con su respectivo peso, de igual manera en el mismo Anexo 3 se muestran los volúmenes de todos los insumos utilizados, en la Figura 4–15 se extrae el resultado de la suma de los dos sistemas constructivos, se tiene que para el T1 la masa es de 916.45 toneladas y el volumen es de 2714 metros cúbicos y en el sistema T2 los valores son de 866.78 toneladas y 2467.24 m<sup>3</sup>.

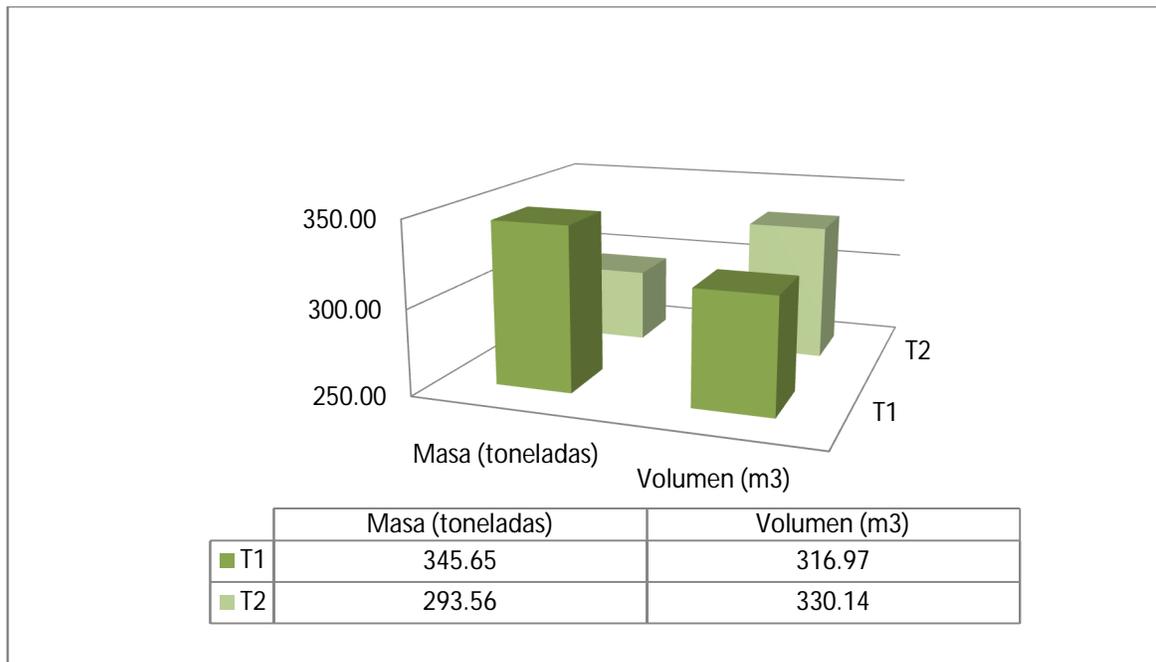


Figura 4-15, Masa y volumen para los dos sistemas constructivos.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.1.2.6 Los tipos de impacto y selección de categoría de impacto

Continuando con el alcance, es necesario señalar la naturaleza de los efectos que se analizan, si estos repercuten en forma positiva o negativa, si han de ser directos e indirectos y demás atribuciones. Es por ello que la categoría de impacto al medio ambiente seleccionada es la de emisiones al aire.

#### 4.1.1.2.7 Suposiciones, tipos y fuente de datos.

Las consideraciones supuestas que se originan a partir de la fuente y naturaleza de los datos que se utilizan en el proyecto son:

- Respecto a la envolvente, las cantidades de los insumos en T1 y T2 se obtienen a partir del listado de utilización de materiales, mano de obra, equipo y maquinaria utilizado exclusivamente en la edificación de los

sistemas constructivos y estos elementos son proporcionados por la DCM de la UAS. Con lo anterior se hace hincapié que no se consideran flujos externos a cada sistema constructivo, siendo estos, insumos que no sean utilizados directamente en las envolventes.

- Los insumos se concentran en tres grupos, siendo estos: los materiales de construcción, la mano de obra necesaria para la edificación y los insumos de maquinaria y equipo de construcción.
- De los anteriores grupos de insumos, solamente los materiales de construcción serán asociados a la industria encargada de producirlos y/o comercializarlos, estas industrias, son las que se señalan en el artículo 3 del reglamento para la LGCC.
- En cada industria, que son encasillados los insumos de materiales, se suponen la extracción y fabricación de estos, son incluidas en una misma etapa, debido a que la obtención y manufactura es considerada en el RENE para la factoría que los produce.
- Para la etapa de transporte
- La consideración para las etapas del ciclo de vida que son incluidas para el inventario, es debido a que los datos que se necesitan son de naturaleza cuantificable en el tiempo que se realiza este estudio de ICV, excluyendo otras etapas de su ciclo de vida, a causa de la compleja información que se debe reunir.

Los datos que se utilizan en este ACV son:

- Para los elementos de las envolventes, las cantidades de sus elementos e insumos utilizados, así como los costos y la masa, es tomada en base a los listados de utilización que se obtienen por los conceptos de trabajo realizados en los sistemas T1 y T2 y que son definidos en el presupuesto de obra generado por los ingenieros del departamentos de costos de la DCM de la UAS.
- En las industrias, información de los vertidos al aire

- Con las etapas del ciclo de vida, se hace la suposición principal de considerar las emisiones en la extracción de materias primas y de manufactura, como una sola.
- Las deducciones en los datos que se calculan en las etapas del ciclo vida están dadas por la información que es recolectada anualmente por la SEMARNAT y es plasmada en la base de datos nacional del RETC y a su vez es considerada en la herramienta del RENE de donde se obtienen las emisiones al aire que se necesitan para cada industria.
- Las emisiones al aire calculadas, son consideradas con el CO<sub>2</sub> equivalente en base a todas las sustancias emitidas en las industrias.

#### **4.1.2 Análisis de inventario del ciclo de vida**

La Figura 4–16, da la idea clara de los pasos a seguir para obtener el ICV, mostrando además que la información necesaria es calculada con los tres grupos de insumos, materiales, mano de obra, herramienta y equipo y a su vez, cada grupo de insumos es analizados en su etapa correspondiente, siendo solamente el conjunto de materiales utilizados en las envolventes los que se analizan en las tres etapas y la mano de obra y maquinaria, solamente se estudia en la etapa de construcción.

Obteniendo en cada etapa la cantidad de emisiones al aire por medio del CO<sub>2</sub>eq, debido a sus procesos en el ciclo de vida del sistema.

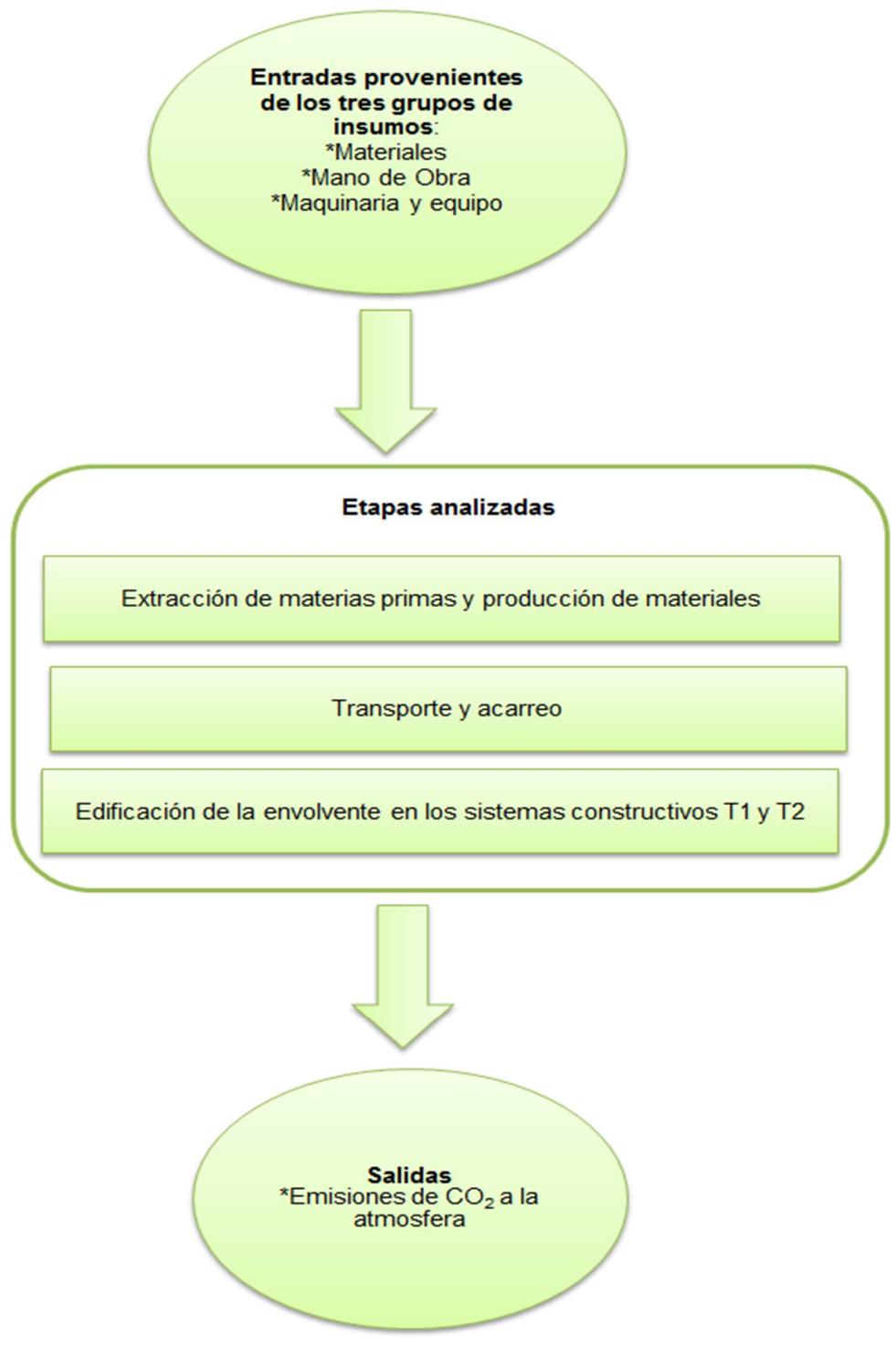


Figura 4-16, ICV para los sistemas constructivos T1 y T2  
Fuente: Elaboración propia.

#### **4.1.2.1 Recopilación de datos**

##### **4.1.2.1.1 Cantidad de material**

Una vez determinadas las fases para el sistema y seleccionados los dos edificios a intervenir, se procede a cuantificar los materiales que se utilizan en la envolvente vertical, para ello se toman las especificaciones de los dos sistemas constructivos seleccionados, donde la fuente del proyecto tipo U3-C es el INIFED y para los elementos de los sistemas constructivos la fuente es el departamento de construcción y mantenimiento de la Universidad Autónoma de Sinaloa, estos datos se enlistan en el Anexo 3 para los sistemas constructivos T1 y T2.

En la Tabla 4—2 y Tabla 4—3, se enlistan los elementos de los materiales, mano de obra y equipo necesarios para edificar cada sistema constructivo, agrupados de acuerdo al tipo de industria, con dichos insumos y el criterio de corte definido en el alcance, se seleccionan el conjunto de materiales que represente al menos el 2%, en costo, peso o volumen respecto al total de este tipo de insumos, siendo de esta manera, el método para asegurar se evalúen con ICV los elementos de construcción más representativos en cada sistema.

Se observa como para el sistema constructivo T1, los insumos de materiales y mano de obra, predominan con el 51.93% y 43.95%, sobre el grupo de insumos para el equipo y maquinaria, los que representan el 4.13%. Dentro de los insumos de materiales, los grupos que se analizan son los del Acero, Agregados, Aluminio, Cemento, Madera, Mampostería, Pintura y Vidrio.

De la misma manera, para el sistema constructivo T2, los mismos conjuntos de insumos son los mayoritarios con 64.34% para materiales, 32.82% para la mano de obra y en menor medida con 2.84% para equipo y maquinaria. En forma similar que el sistema T1, se analizan las industrias asociadas con el Acero, Agregados, Aluminio, Cemento, Hule, Madera, Mampostería, Pintura y Vidrio, pero además se incorpora la industria que fabrica la película para la protección de los vidrios, y es la del hule dentro de la industria química.

Tabla 4-2, Listado de insumos agrupado para sistema constructivo T1



**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SINALOA**  
 DIRECCION DE CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO  
 CONCEPTOS DE OBRA RELATIVOS A LA ENVOLVENTE VERTICAL, EDIFICIO  
 U3-C

**Descripción de los trabajos:**  
 Conceptos de obra relativos a la envolvente vertical, edificio U3-C, sistema constructivo T1

| Agrupación de los insumos                          | Criterio respecto al costo económico en pesos |                | Criterio respecto al peso en kilogramos |                | Criterio respecto al volumen en metros |                |
|--|---|----------------|---|----------------|--|----------------|
|  | Importe                                       | %              | Total                                   | %              | Total                                  | %              |
| <b>Insumos de materiales</b>                       |   |                |   |                |  |                |
| Acero, industria siderúrgica                       | \$ 480,781.37                                 | 26.53%         | 35,994.40                               | 10.41%         | 30.04                                  | 9.48%          |
| Agregados, productos pétreos para la construcción  | \$ 30,870.20                                  | 1.70%          | 187,084.85                              | 54.13%         | 161.62                                 | 50.99%         |
| Aluminio, industria metalúrgica                    | \$ 103,697.86                                 | 5.72%          | 1,443.78                                | 0.42%          | 9.86                                   | 3.11%          |
| Cal, industria de la cal y el cemento              | \$ 1,618.06                                   | 0.09%          | 1,347.26                                | 0.39%          | 1.35                                   | 0.43%          |
| Cemento, Industria de la cal y el cemento          | \$ 121,366.99                                 | 6.70%          | 56,929.35                               | 16.47%         | 56.93                                  | 17.96%         |
| Combustibles                                       | \$ 1,338.45                                   | 0.07%          | 257.35                                  | 0.07%          | 0.26                                   | 0.08%          |
| Ferretería, Industrial metalmeccánica              | \$ 4,758.37                                   | 0.26%          | 91.68                                   | 0.03%          | 0.49                                   | 0.15%          |
| Hule, industria química                            | \$ 1,435.66                                   | 0.08%          | 67.63                                   | 0.02%          | 1.02                                   | 0.32%          |
| Madera, industria de productos de la madera        | \$ 71,704.99                                  | 3.96%          | 7,940.42                                | 2.30%          | 16.49                                  | 5.20%          |
| Mampostería, materiales para                       | \$ 20,564.24                                  | 1.13%          | 46,576.53                               | 13.48%         | 35.21                                  | 11.11%         |
| Pintura, industria química                         | \$ 54,612.65                                  | 3.01%          | 1,858.30                                | 0.54%          | 1.80                                   | 0.57%          |
| Plástico, industria química                        | \$ 9,297.61                                   | 0.51%          | 434.11                                  | 0.13%          | 1.00                                   | 0.31%          |
| Piezas metálicas y tornillos                       | \$ 5,726.47                                   | 2.47%          | 22.37                                   | 0.01%          | 0.67                                   | 0.21%          |
| Vidrio, industria del vidrio y sus productos       | \$ 44,788.78                                  | 2.47%          | 5,598.57                                | 1.62%          | 0.22                                   | 0.07%          |
| <b>Total de los insumos de materiales</b>          | <b>\$ 952,561.70</b>                          | <b>54.73%</b>  | <b>345,646.60</b>                       | <b>100.00%</b> | <b>316.97</b>                          | <b>100.00%</b> |
| <b>Insumos de mano de obra</b>                     |   |                |   |                |  |                |
| Mano de obra                                       | \$ 785,693.29                                 | 43.36%         | —                                       | —              | —                                      | —              |
| <b>Total de los insumos de mano de obra</b>        | <b>\$ 785,693.29</b>                          | <b>43.36%</b>  | <b>0.00</b>                             | <b>0.00%</b>   | <b>0.00</b>                            | <b>0.00%</b>   |
| <b>Insumos de equipo y maquinaria</b>              |   |                |   |                |  |                |
| Equipo y maquinaria                                | \$ 73,754.03                                  | 4.07%          | —                                       | —              | —                                      | —              |
| <b>Total de los insumos de equipo y maquinaria</b> | <b>\$ 73,754.03</b>                           | <b>4.07%</b>   | <b>0.00</b>                             | <b>0.00%</b>   | <b>0.00</b>                            | <b>0.00%</b>   |
| <b>Total del reporte</b>                           | <b>\$ 1,812,009.02</b>                        | <b>102.16%</b> | <b>345,646.60</b>                       | <b>100.00%</b> | <b>316.97</b>                          | <b>100.00%</b> |

Fuente: Elaboración propia con información de la DCM.

Tabla 4-3, Listado de insumos agrupado para sistema constructivo T2.



**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SINALOA**  
 DIRECCION DE CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO  
 CONCEPTOS DE OBRA RELATIVOS A LA ENVOLVENTE VERTICAL, EDIFICIO  
 U3-C

**Descripción de los trabajos:**  
 Conceptos de obra relativos a la envolvente vertical, edificio U3-C, sistema constructivo T2

| Agrupación de los insumos                          | Criterio respecto al costo<br>económico en pesos |                | Criterio respecto al<br>peso en kilogramos |                | Criterio respecto al<br>volumen en metros |                |
|--|--|----------------|--|----------------|---|----------------|
|  | Importe  | %              | Total                                      | %              | Total                                     | %              |
| <b>Insumos de materiales</b>                       |  |                |  |                |   |                |
| Acero, industria siderurgica                       | \$ 321,317.89                                    | 14.28%         | 26,821.88                                  | 9.14%          | 20.5466                                   | 6.22%          |
| Agregados, productos petreos para la construccion  | \$ 27,766.98                                     | 1.23%          | 166,913.92                                 | 56.86%         | 145.3769                                  | 44.03%         |
| Aluminio, industria metalurgica                    | \$ 257,821.58                                    | 11.46%         | 3,768.38                                   | 1.28%          | 12.2287                                   | 3.70%          |
| Cal, industria de la cal y el cemento              | \$ 678.25  | 0.03%          | 564.74                                     | 0.19%          | 0.5647                                    | 0.17%          |
| Cemento, Industria de la cal y el cemento          | \$ 111,585.14                                    | 4.96%          | 52,303.89                                  | 17.82%         | 52.3039                                   | 15.84%         |
| Combustibles                                       | \$ 1,269.66                                      | 0.06%          | 244.12                                     | 0.08%          | 0.2441                                    | 0.07%          |
| Ferretería, Industrial metalmeccanica              | \$ 23,950.45                                     | 1.06%          | 108.22                                     | 0.04%          | 0.6609                                    | 0.20%          |
| Hule, industria quimica                            | \$ 188,549.35                                    | 8.38%          | 40.00                                      | 0.01%          | 0.5349                                    | 0.16%          |
| Madera, industria de productos de la madera        | \$ 70,046.20                                     | 3.11%          | 7,757.92                                   | 2.64%          | 16.1075                                   | 4.88%          |
| Mampostería, materiales para                       | \$ 8,620.12                                      | 0.38%          | 19,523.96                                  | 6.65%          | 14.7586                                   | 4.47%          |
| Pintura, industria quimica                         | \$ 38,582.50                                     | 1.71%          | 1,350.80                                   | 0.46%          | 1.3578                                    | 0.41%          |
| Plastico, industria quimica                        | \$ 19,991.29                                     | 0.89%          | 688.60                                     | 0.23%          | 1.2881                                    | 0.39%          |
| Piezas metalicas y tornillos                       | \$ 4,183.89                                      | 0.19%          | 29.65                                      | 0.01%          | 1.0512                                    | 0.32%          |
| Vidrio, industria del vidrio y sus productos       | \$ 373,183.26                                    | 16.59%         | 13,442.05                                  | 4.58%          | 63.1176                                   | 19.12%         |
| <b>Total de los insumos de materiales</b>          | <b>\$ 1,447,546.57</b>                           | <b>64.34%</b>  | <b>293,558.11</b>                          | <b>100.00%</b> | <b>330.14</b>                             | <b>100.00%</b> |
| <b>Insumos de mano de obra</b>                     |  |                |  |                |   |                |
| Mano de obra                                       | \$ 738,417.08                                    | 32.82%         | ---  | ---            | ---                                       | ---            |
| <b>Total de los insumos de mano de obra</b>        | <b>\$ 738,417.08</b>                             | <b>32.82%</b>  | <b>0.00</b>                                | <b>0.00%</b>   | <b>0.00</b>                               | <b>0.00%</b>   |
| <b>Insumos de equipo y maquinaria</b>              |  |                |  |                |   |                |
| Equipo y maquinaria                                | \$ 63,798.27                                     | 2.84%          | ---  | ---            | ---                                       | ---            |
| <b>Total de los insumos de equipo y maquinaria</b> | <b>\$ 63,798.27</b>                              | <b>2.84%</b>   | <b>0.00</b>                                | <b>0.00%</b>   | <b>0.00</b>                               | <b>0.00%</b>   |
| <b>Total del reporte</b>                           | <b>\$ 2,249,761.91</b>                           | <b>100.00%</b> | <b>293,558.11</b>                          | <b>100.00%</b> | <b>330.14</b>                             | <b>100.00%</b> |

Fuente: Elaboración propia con información de la DCM.

En la Figura 4–17 se muestran las industrias, que para el sistema constructivo T1 y T2 son inventariadas y en la Tabla 4–4 se enlista la cuantía determinada para la actividad económica de referencia.



Figura 4-17, Industrias que serán analizadas.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-4, Cantidades de material para cada sistema constructivo.

| Industrias  | Sistema constructivo T1 |                    | Sistema constructivo T2 |                    |
|---|-------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|
|   | Peso                    | Volumen            | Peso                    | Volumen            |
|   | ( Kgs )                 | ( M <sup>3</sup> ) | ( Kgs )                 | ( M <sup>3</sup> ) |
| Insumos de materiales                             |                         |                    |                         |                    |
| Acero, industria siderurgica                      | 35,994.40               | 30.04              | 26,821.88               | 20.55              |
| Agregados, productos petreos para la construccion | 187,084.85              | 161.62             | 166,913.92              | 145.38             |
| Aluminio, industria metalurgica                   | 1,443.78                | 11.86              | 3,768.38                | 12.23              |
| Cemento, Industria de la cal y el cemento         | 56,929.35               | 56.93              | 52,303.89               | 52.30              |
| Hule, industria quimica                           | -                       | -                  | 40.00                   | 0.53               |
| Madera, industria de productos de la madera       | 7,940.42                | 16.49              | 7,757.92                | 16.11              |
| Mampostería, materiales para                      | 46,576.53               | 35.21              | 19,523.96               | 14.76              |
| Pintura, industria quimica                        | 1,858.30                | 1.80               | 1,350.80                | 4.36               |
| Vidrio, industria del vidrio y sus productos      | 5,598.57                | 0.22               | 3,843.55                | 62.73              |
| Total de los insumos de materiales                | 343,426.20              | 314.18             | 282,324.28              | 328.95             |

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.2.1.2 Flujo unitario de emisiones

En el caso de las relaciones de cada industria y su insumo para los diferentes ciclos, la información proviene de diferentes ámbitos. Con la *Calculadora de Emisiones del RENE* del Anexo 4, se calculan las emisiones de CO<sub>2</sub>eq para cada industria, en donde se supone la fabricación de cada producto de la industria como la unidad en toneladas, dando como resultado que el aluminio emite 4.70 toneladas de dióxido de carbono por cada tonelada de aluminio fabricado, para el cemento son 0.54 toneladas de CO<sub>2</sub>eq por tonelada de cemento producido, la industria del vidrio en cada tonelada producida emite 0.10 tCO<sub>2</sub>eq. La *Calculadora de Emisiones del RENE* no emite información directa, al proporcionar la cantidad de insumo, en las industrias que producen el acero, las resinas y hules, la madera, y la pintura, por tal situación, se recurre a la fuente principal, la del RETC.

A partir de la información de SEMARNAT, plasmada en el RETC, la cual se visualiza en el Anexo 5, que por cada tonelada de acero fabricado se emiten 1.47 tCO<sub>2</sub>eq, en el caso de la película de seguridad es de 0.27 tCO<sub>2</sub>eq y para la actividad productiva de la pintura es de 0.58 tCO<sub>2</sub>eq. En la información del registro

de emisiones de México no se tienen datos de contaminación, para las actividades relacionadas con la obtención de materia prima, como los son agregados, madera y material de mamposteado proveniente de los tabiques de barro, sin embargo hay otras fuentes de investigación, que han plasmado la influencia al medio ambiente, de estas actividades dentro de la industria de la construcción en México.

Para el tabique o ladrillo utilizado en el mamposteado de los muros, la fuente utilizada es la publicación realizada por el INECC en el informe de ladrilleras, la cual señala *“las emisiones estimadas CO<sub>2</sub>eq por las ladrilleras en México ascienden a 6’617,438....”* [45], y en dicha fuente se presenta para el estado de Sinaloa vertidos al aire en kgCO<sub>2</sub>eq de 0.00121237 para cada unidad de tabique fabricada, según la información dada por el departamento de la DCM, cada tabique pesa alrededor de 3.23 kilogramos, por lo tanto, en la fabricación de una tonelada de este material, se tiene una salida de 0.375 toneladas de CO<sub>2</sub>eq.

El agregado fino y el agregado grueso para la fabricación del concreto y el mortero, son explotados y extraídos directamente en la ribera del río Culiacán, y las exhalaciones que se consideran, para el cálculo de la emisión unitaria, son las propias de la operación de la maquinaria durante el cribado de estos agregados. La referencia utilizada para encontrar el flujo unitario es en base a una Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) con modalidad particular denominada *“Operación y Mantenimiento de una ampliación al predio de explotación del banco de extracción de materiales pétreos denominado “Culiacancito” ubicado sobre la margen izquierda del río Culiacán, en un tramo de 947.00 metros de longitud ubicado a 2,700 metros hacia el sur del poblado de Culiacancito, sindicatura de Culiacancito, Municipio de Culiacán, Sinaloa”*.

En la MIA anterior se estima el consumo de diésel diario, por la utilización de una draga, un cargador frontal y tres camiones de volteo, de 300 a 350 litros como máximo, y *“Se calcula una tasa de extracción promedio en el banco de material de 180m<sup>3</sup>/día lo que equivale aproximadamente a 252.0 toneladas de material pétreo en peso”* [46].

De manera que continuando con la utilización de la *Calculadora de Emisiones del RENE*, en el Anexo 6 se obtiene una emisión de 0.27 toneladas de CO<sub>2</sub>eq por cada 100 litros de combustible consumido, entonces para el consumo de 300 y 350 litros, se tendrían emisiones de dióxido de carbono equivalente por 0.81 y 0.945 toneladas respectivamente.

En consecuencia, si suponemos 325 litros de consumo diario del diésel, el flujo unitario por la obtención de los materiales pétreos en la ciudad de Culiacán, proviene del resultado de dividir 0.877 tCO<sub>2</sub>eq contra la producción estimada diaria de 252 toneladas, obteniendo 0.0035 toneladas de CO<sub>2</sub>eq de emisiones al aire por cada tonelada producida de material de agregado.

Para finalizar la primera etapa del inventario en este paso del ICV, la madera es el componente de los sistemas constructivos que falta por reunir su flujo unitario. Este material no es permanente en la construcción y solo es utilizado de manera temporal, pues se necesita mayoritariamente para encajonar los elementos de concreto verticales utilizándose como cimbra y en menor medida se le da uso para apoyo en las actividades propias de la edificación, como los andamios. Sin embargo, la información en México con referencia a las emisiones al medio ambiente durante la explotación de la madera es nula, en trabajos internacionales es considerada como *sumidero* de CO<sub>2</sub>, debido que *“en la mayoría de los casos, la energía necesaria para la transformación y el transporte de la madera es menor que la energía almacenada mediante la fotosíntesis en la propia madera”* [47], lo que da como fundamento para este trabajo, que para la extracción y producción de madera no se considera emisión alguna.

En la Tabla 4–5 se resumen los flujos unitarios para la primera etapa dentro del estudio de ICV, la de extracción de materias primas y producción de materiales, para cada unidad en peso producida.

Tabla 4-5, Emisión por tonelada producida de insumo de CO<sub>2</sub>eq para la primer etapa.

| Industrias  | Flujo unitario (tCO <sub>2</sub> eq/t) |
|---|--|
|   | Etapa 1                                |
| Insumos de materiales                             |  |
| Acero, industria siderurgica                      | 1.470                                  |
| Agregados, productos petreos para la construccion | 0.004                                  |
| Aluminio, industria metalurgica                   | 4.700                                  |
| Cemento, Industria de la cal y el cemento         | 0.540                                  |
| Hule, industria quimica                           | 0.270                                  |
| Madera, industria de productos de la madera       | 0.000                                  |
| Mampostería, materiales para                      | 0.375                                  |
| Pintura, industria quimica                        | 0.580                                  |
| Vidrio, industria del vidrio y sus productos      | 0.100                                  |

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de la segunda etapa, la del transporte de los insumos utilizados en ambos sistemas constructivos, se hace la suposición que todos los materiales que se necesitan para la construcción de las dos envolventes, son conducidos en vehículos de carga particulares que utilizan diésel como combustible, con una capacidad máxima y se considera solo el transporte desde la fábrica que provee los insumos hasta la ciudad de Culiacán, lugar donde están las dos edificaciones.

La dirección general de autotransporte federal de la subsecretaría de transporte perteneciente a la secretaria de transporte y telecomunicaciones de México, publico en su estadística anual que los vehículos de autotransporte de carga con mayor circulación en México son los tracto camiones de tres ejes y para las unidades de arrastre son las que utilizan semirremolque de dos ejes y su nomenclatura la norma NOM-012-SCT-2-2014 es la T3-S2, los cuales de acuerdo a dicha oficial mexicana, se hace referencia al peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal, para el vehículo descrito cuya característica física consta de cinco ejes y dieciocho llantas, se especifica en la norma un peso máximo permisible para el transporte de carga de 46.5 toneladas,

ver Anexo 7 y para el acarreo de los materiales pétreos se considera el camión unitario con nomenclatura C-2, con las misma característica de peso permisible.

Los rendimientos de combustible, para los vehículos de carga T3-S2 y C-3 son considerados en base al estudio realizado por el Instituto Mexicano del Transporte, en su boletín técnico número 368, el cual publica los rendimientos de combustible para este tipo de automotores, dichos consumos fueron estudiados para una carga de 25 toneladas, el resultado varía a según las condiciones propias del vehículo, de la carretera, condiciones atmosféricas y otros factores que aumentan *“la diferencia de consumo de combustible, de llantas o de refacciones entre dos operadores de vehículos de transporte, por el mismo recorrido, puede llegar hasta 40%, lo que significa que existen diversos tipos de manejo y que algunos son más económicos que otros”* [48]. En el estudio se estima un rendimiento que varía desde 1.47 a 2.50 kilómetros recorridos por cada litro de diésel consumido, seleccionando para este proyecto de intervención un rendimiento de 2 kilómetros por litro de diésel para una carga de 25 toneladas.

Con la anterior información se determina el flujo unitario por kilómetro recorrido para la carga máxima de 25 toneladas, en cada transporte de los insumos, utilizando la *Calculadora de Emisiones del RENE* expuesta en el Anexo 8, y en la Tabla 4–6, se muestra el resultado de 0.0054 toneladas de CO<sub>2</sub>eq por cada mil metros de trayectoria.

Tabla 4-6, Emisión por kilómetro recorrido para la segunda etapa.

| Industrias   | Flujo unitario (tCO <sub>2</sub> eq/1km) |
|--|--|
|  | Etapa 2                                  |
| Insumos de materiales<br>Acero, industria siderurgica<br>Agregados, productos petreos para la construccion<br>Aluminio, industria metalurgica<br>Cemento, Industria de la cal y el cemento<br>Hule, industria quimica<br>Madera, industria de productos de la madera<br>Mampostería, materiales para<br>Pintura, industria quimica<br>Vidrio, industria del vidrio y sus productos | 0.0054                                   |

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de la distancia, que es recorrida para el transporte de los insumos de materiales, desde el lugar donde se procesan hasta el sitio de la edificación, se considera que estos son provistos por la fábrica de mayor producción. Con la información obtenida del RETC, se enlistan los grupos de industrias y su ubicación en la Tabla 4–7, indicando las coordenadas clave y descripción del SCIAN así como sus coordenadas y distancia hasta la ubicación de las edificaciones de estudio. En las agrupaciones de insumos sin clave, como lo son los agregados y de mamposteo de tabique, estos son productos locales y su ubicación se propone en base a la información que se toma como base para la determinar las emisiones.

Los agregados se obtienen de las coordenadas latitud norte 24°48'21.9" y latitud oeste 107°32'40.8" debido a la criba referenciada y el material para el mamposteo es fabricado en el sector norte de la ciudad de Culiacán con coordenadas al norte 24°52'05.27" y latitud oeste 107°23'37.62', el recorrido para el traslado de los insumos se muestra en la Tabla 4–7.

Para obtener las distancias desde el sitio de fabricación hasta el lugar de emplazamiento de los dos sistemas constructivos, se utiliza la herramienta desarrollada por el INEGI para determinar las distancias y consumo de combustibles teóricos [12].

Tabla 4-7, Ubicación y distancia para el traslado de los insumos de materiales.

| Tipo de industria                                 | Clave SCIAN | Descripcion SCIAN  | Latitud Norte | Longitud Oeste | Estado     | Distancia en kilometros |
|---|-------------|--|---------------|----------------|------------|-------------------------|
| Insumos de materiales                             |             |  |               |                |            |                         |
| Acero, industria siderurgica                      | 331111      | Complejos siderúrgicos   | 26°52'47"     | 101°25'4"      | Coahuila   | 1016.46                 |
| Agregados, productos petreos para la construccion | -           | -  | -             | -              | Sinaloa    | 28.25                   |
| Aluminio, industria metalurgica                   | 331310      | Industria básica del aluminio  | 19°9'36"      | 96°13'58"      | Veracruz   | 1577.17                 |
| Cemento, Industria de la cal y el cemento         | 327310      | Fabricación de cemento y productos a base de cemento en plantas integradas | 19°57'24"     | 99°22'15"      | Hidalgo    | 1168.08                 |
| Hule, industria quimica                           | 325992      | Fabricación de películas, placas y papel fotosensible para fotografía.     | 22°23'22"     | 97°55'40"      | Tamaulipas | 1325.10                 |
| Madera, industria de productos de la madera       | 321910      | Fabricación de productos de madera para la construcción                    | 28°38'17"     | 106°0'55"      | Chihuahua  | 1093.29                 |
| Mampostería, materiales para                      | -           | -  | -             | -              | Sinaloa    | 36.76                   |
| Pintura, industria quimica                        | 325510      | Fabricación de pinturas y recubrimientos                                   | 19°47'48"     | 98°58'19"      | Mexico     | 1190.61                 |
| Vidrio, industria del vidrio y sus productos      | 327211      | Fabricación de vidrio.   | 24°46'0"      | 100°34'0"      | Nuevo Leon | 1090.17                 |

Fuente: Elaboración propia.

Para la última etapa considerada en el alcance del proyecto de intervención, consistente en la etapa de construcción, se estiman los flujos unitarios de todos los insumos que intervienen en la edificación, estos son los correspondientes a los materiales necesarios, la mano de obra empleada para la colocación de los materiales y el equipo y maquinaria de construcción utilizado para el mismo fin.

La fuente principal de consulta, con las emisiones y transferencia de contaminantes en el país, no tiene información al respecto y con la herramienta ya utilizada, la *Calculadora de Emisiones del RENE* del Anexo 4, se observa que para la etapa de construcción, las emisiones son posibles de determinar en base a dos aspectos, la utilización de combustibles y el consumo de energía eléctrica, ver Anexo 9.

.Es por consecuencia, que los insumos de materiales en esta etapa de la edificación no generan emisión alguna por cuenta propia, pero si lo hacen, al

considerar el retiro de los sobrantes durante la construcción o al término de la misma, con el acarreo de los residuos se liberan contaminantes. “El porcentaje de residuos de la construcción se considera 6.8% por cada m3 de construcción” [49], de esta forma se obtiene el volumen de desechos, al cual se le aumenta el abundamiento considerando el 30%, de esta manera las emisiones consideradas son las que se originan por el acarreo de los residuos de construcción.

La distancia desde el lugar de los trabajos hasta al punto de desecho, es propuesta en el mismo sitio donde se adquirieron los agregados pétreos para la elaboración del concreto, en la Tabla 4–6 se utiliza 0.0054 tCO<sub>2</sub>eq en cada kilómetro recorrido y de la Tabla 4–7 se observa el kilometraje desde la obra hasta el sitio de descarga de los RC de 28.25 kilómetros y la Tabla 4–8 muestra el total del material por retirar al multiplicarlo por el 30% de abundamiento para el sistema constructivo T1 y la Tabla 4–9 para el sistema constructivo T2.

Tabla 4-8, RC sistema constructivo T1

| Industrias  | Sistema constructivo T1 |               |              |               |
|---|-------------------------|---------------|--------------|---------------|
|   | Peso                    | RC            | Factor de    | Total         |
|   | ( Toneladas )           | ( Toneladas ) | abundamiento | ( Toneladas ) |
| Insumos de materiales                             |                         |               |              |               |
| Acero, industria siderurgica                      | 35.99                   | 2.45          |              | 3.18          |
| Agregados, productos petreos para la construccion | 187.08                  | 12.72         |              | 16.54         |
| Aluminio, industria metalurgica                   | 1.44                    | 0.10          |              | 0.13          |
| Cemento, Industria de la cal y el cemento         | 56.93                   | 3.87          |              | 5.03          |
| Hule, industria quimica                           | -                       | -             | 30%          | -             |
| Madera, industria de productos de la madera       | 7.94                    | 0.54          |              | 0.70          |
| Mampostería, materiales para                      | 46.58                   | 3.17          |              | 4.12          |
| Pintura, industria quimica                        | 1.86                    | 0.13          |              | 0.16          |
| Vidrio, industria del vidrio y sus productos      | 5.60                    | 0.38          |              | 0.49          |
| Total de los insumos de materiales                | 343.43                  | 23.35         |              | 30.36         |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-9, RC sistema constructivo T2

| Industrias  | Sistema constructivo T2 |               |              |               |
|---|-------------------------|---------------|--------------|---------------|
|   | Peso                    | RC            | Factor de    | Total         |
|   | ( Toneladas )           | ( Toneladas ) | abundamiento | ( Toneladas ) |
| Insumos de materiales                             |                         |               |              |               |
| Acero, industria siderurgica                      | 26.82                   | 1.82          |              | 2.37          |
| Agregados, productos petreos para la construccion | 166.91                  | 11.35         |              | 14.76         |
| Aluminio, industria metalurgica                   | 3.77                    | 0.26          |              | 0.33          |
| Cemento, Industria de la cal y el cemento         | 52.30                   | 3.56          |              | 4.62          |
| Hule, industria quimica                           | 0.04                    | 0.00          | 30%          | -             |
| Madera, industria de productos de la madera       | 7.76                    | 0.53          |              | 0.69          |
| Mampostería, materiales para                      | 19.52                   | 1.33          |              | 1.73          |
| Pintura, industria quimica                        | 1.35                    | 0.09          |              | 0.12          |
| Vidrio, industria del vidrio y sus productos      | 3.84                    | 0.26          |              | 0.34          |
| Total de los insumos de materiales                | 282.32                  | 19.20         |              | 24.95         |

Fuente: Elaboración propia.

En el apartado de mano de obra de la construcción, se buscan las emisiones directas del personal durante el lapso de los trabajos, este periodo de tiempo es expresado en jornales, del Anexo 3, se toman los valores calculados de 2,289.33 días y 2,151.59 días para los sistemas constructivos T1 y T2 respectivamente.

El personal obrero realiza emisiones por sus diferentes actividades durante el día, como lo son las provenientes del transporte empleado para dirigirse a su trabajo, uso del agua, consumo de energía eléctrica de los aparatos electrodomésticos y otros como los desechos, de los anteriores, se estima entonces, solamente el consumo de energía, la razón dada es, que hay poca información en las tendencias de los trabajadores para su cálculo. Continuando con el consumo de energía eléctrica se toma la información descrita, en el boletín no. 36 con fecha del 16 de junio del 2015, el Consejo para el Desarrollo Económico de Sinaloa, proyecta un consumo doméstico medio diario de 3.70 kilowatt-hora por cada usuario de energía eléctrica, este dato es el que se utiliza para el cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub>eq con la *Calculadora de Emisiones del RENE* del Anexo 12, se obtiene que por cada 3.7 kWh de consumo eléctrico, se emiten 1.7 kilogramos de CO<sub>2</sub>eq, ver Tabla 4—10 obteniendo un flujo unitario diario de 0.0017 tCO<sub>2</sub>eq para cada jornal de trabajo.

Tabla 4-10, Flujo unitario diario por consumo de energía eléctrica.

| Agrupación de los insumos | Flujo unitario (tCO <sub>2</sub> eq/jor) |
|---------------------------|--|
|                           | Etapa 3                                  |
| Mano de obra              | 0.0017                                   |

Fuente: Elaboración propia.

El último rubro en la etapa de construcción, de la maquinaria y equipo utilizado, se determinan en base al consumo de combustible del costo horario y la cantidad de horas de trabajo, para con ello conocer el total de consumo y con la utilización de la *Calculadora de Emisiones del RENE* del Anexo 4, se encuentran las emisiones al aire.

Resumiendo los datos que se necesitan de la etapa de construcción, para el cálculo de las emisiones en los sistemas constructivos T1 y T2, de los materiales es el volumen de residuos de construcción que son llevados hasta el sitio en que son depositados y la distancia, las jornadas de mano de obra durante la ejecución de la obra y el consumo de energía eléctrica, y para la maquinaria o equipo la información utilizada es el consumo de combustible por hora y la cantidad de horas, la Tabla 4-11 muestra la maquinaria y equipo de construcción utilizada para esta etapa, el combustible que utilizan, su consumo horario y las emisiones al aire por litro consumido del Anexo 11, para obtener el flujo unitario en toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente.

Tabla 4-11, Flujo unitario horario por consumo de combustible

| Agrupación de los insumos   | Consumo de combustible |         | Emisiones al aire        |                            |
|---|------------------------|---------|--------------------------|----------------------------|
|   | Tipo                   | Consumo | Flujo unitario           |                            |
|   |                        |         | (tCO <sub>2</sub> eq/lt) | (tCO <sub>2</sub> eq/hora) |
| Bomba marca thomsen modelo 985 tipo pluma,<br>montada en camion kenworth diesel de 140 hp | Diesel                 | 47.50   | 0.0031                   | 0.145                      |
| Soldadora lincoln   | Kwh                    | 20.00   | 0.0005                   | 0.009                      |
| Revolvedora de 1 saco   | Gasolina               | 1.14    | 0.0025                   | 0.003                      |
| Vibrador a gasolina de chicote  | Gasolina               | 0.75    | 0.0025                   | 0.002                      |

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.2.2 Cálculo de los datos

##### 4.1.2.2.1 Primera etapa, extracción de materias primas y producción de materiales

Se alimenta la cantidad unitaria de insumo utilizado en cada sector de la industria, y se obtienen las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente expresadas en toneladas, la Tabla 4–12 para el sistema T1, arroja un total de 111.91 toneladas de dióxido de carbono equivalente y la Tabla 4–13 correspondiente al sistema T2 calcula 96.99 toneladas de dióxido de carbono equivalente. Los datos obtenidos de la Tabla 4–12 y Tabla 4–13 se representan en la Figura 4–18.

Tabla 4-12, Emisiones para la etapa 1 del sistema constructivo T1.

| Industrias  | Sistema constructivo T1 | Emisiones al aire       |                       |
|---|-------------------------|-------------------------|-----------------------|
|   | Peso                    | Flujo unitario          | Total                 |
|   | ( Toneladas )           | (tCO <sub>2</sub> eq/t) | (tCO <sub>2</sub> eq) |
| Insumos de materiales                             |                         |                         |                       |
| Acero, industria siderurgica                      | 35.99                   | 1.470                   | 52.912                |
| Agregados, productos petreos para la construccion | 187.08                  | 0.004                   | 0.655                 |
| Aluminio, industria metalurgica                   | 1.44                    | 4.700                   | 6.786                 |
| Cemento, Industria de la cal y el cemento         | 56.93                   | 0.570                   | 32.450                |
| Hule, industria quimica                           | -                       | 0.270                   | 0.000                 |
| Madera, industria de productos de la madera       | 7.94                    | 0.000                   | 0.000                 |
| Mampostería, materiales para                      | 46.58                   | 0.375                   | 17.466                |
| Pintura, industria quimica                        | 1.86                    | 0.580                   | 1.078                 |
| Vidrio, industria del vidrio y sus productos      | 5.60                    | 0.100                   | 0.560                 |
| Total de los insumos de materiales                | 343.43                  |                         | 111.91                |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-13, Emisiones para la etapa 1 del sistema constructivo T2.

| Industrias  | Sistema constructivo T2 | Emisiones al aire       |                       |
|---|-------------------------|-------------------------|-----------------------|
|   | Peso                    | Flujo unitario          | Total                 |
|   | ( Toneladas )           | (tCO <sub>2</sub> eq/t) | (tCO <sub>2</sub> eq) |
| Insumos de materiales                             |                         |                         |                       |
| Acero, industria siderurgica                      | 26.82                   | 1.470                   | 39.428                |
| Agregados, productos petreos para la construccion | 166.91                  | 0.004                   | 0.584                 |
| Aluminio, industria metalurgica                   | 3.77                    | 4.700                   | 17.711                |
| Cemento, Industria de la cal y el cemento         | 52.30                   | 0.570                   | 29.813                |
| Hule, industria quimica                           | 0.04                    | 0.270                   | 0.000                 |
| Madera, industria de productos de la madera       | 7.76                    | 0.000                   | 0.000                 |
| Mampostería, materiales para                      | 19.52                   | 0.375                   | 7.321                 |
| Pintura, industria quimica                        | 1.35                    | 0.580                   | 0.783                 |
| Vidrio, industria del vidrio y sus productos      | 13.44                   | 0.100                   | 1.344                 |
| Total de los insumos de materiales                | 291.92                  |                         | 96.99                 |

Fuente: Elaboración propia.

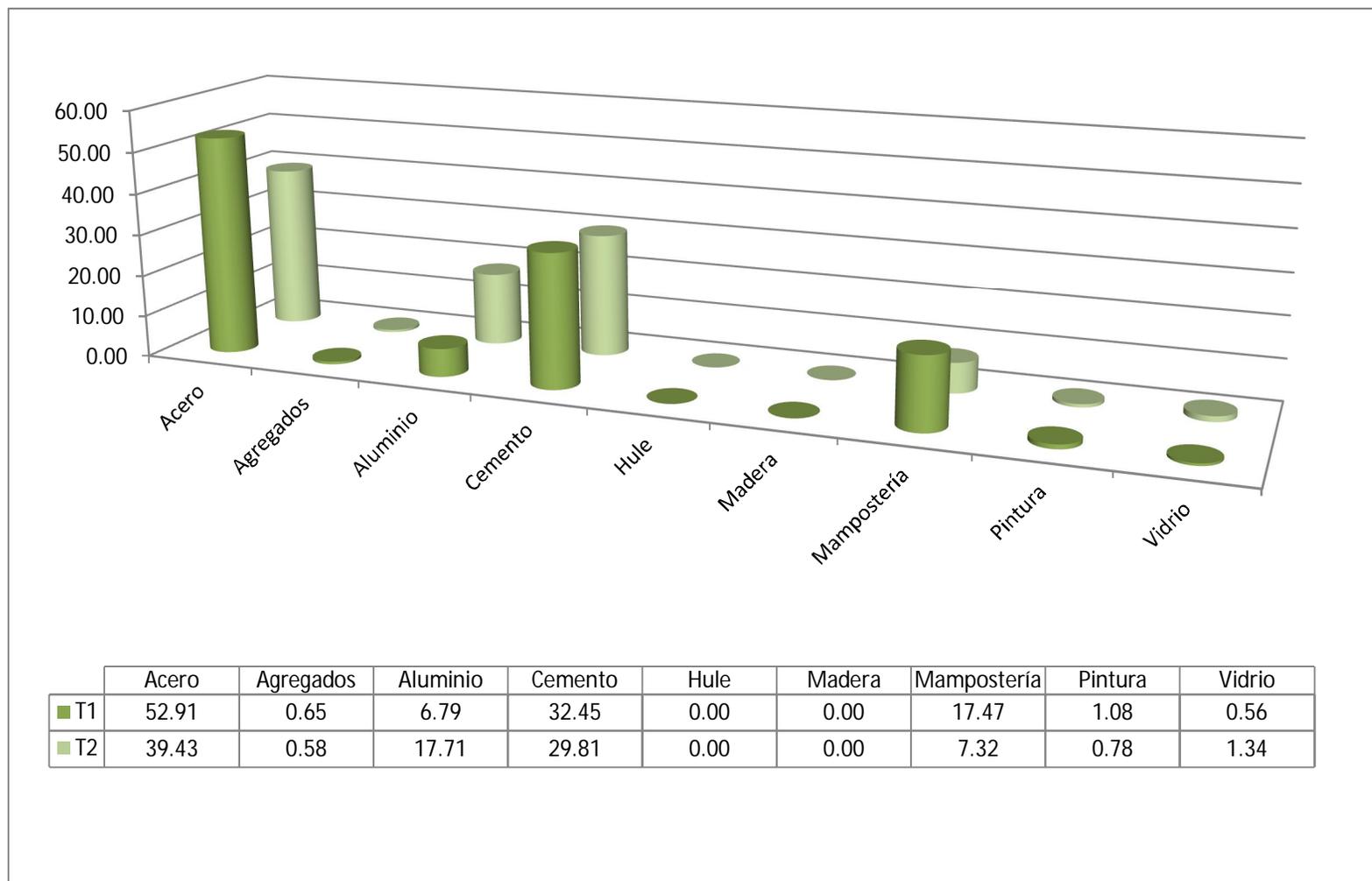


Figura 4-18, Emisiones de CO<sub>2</sub>eq para la primer etapa de los insumos de materiales en T1 y T2.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.2.2.2 Segunda etapa, Transporte y/o acarreo de los insumos

En el caso del transporte de los materiales, se utiliza la información recopilada anteriormente, peso, emisiones al aire por unidad de kilómetro recorrido y distancia desde el sitio de elaboración de los insumos hasta el lugar de edificación, con las cuales se elabora la Tabla 4–14 y Tabla 4–15, de las cuales se tiene que para las cantidades de insumos de materiales utilizadas en la construcción del sistema constructivo T1, se determinan 27.941 toneladas de CO<sub>2</sub>eq y 26.899 toneladas de CO<sub>2</sub>eq para el T2. La Figura 4–19 ilustra los resultados en esta etapa de transporte para los insumos de materiales.

Tabla 4-14, Emisiones para la etapa 2 del sistema constructivo T1.

| Industrias  | Sistema constructivo T1 |                         | Distancia en kilómetros | Emisiones al aire                          |                                |
|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--|--------------------------------|
|   | Peso<br>( Toneladas )   | # de Viajes<br>(25 ton) |                         | Flujo unitario<br>(tCO <sub>2</sub> eq/Km) | Total<br>(tCO <sub>2</sub> eq) |
| Insumos de materiales                             |                         |                         |                         |  |                                |
| Acero, industria siderurgica                      | 35.99                   | 1.44                    | 1,016.46                | 0.0054                                     | 7.903                          |
| Agregados, productos petreos para la construccion | 187.08                  | 7.48                    | 28.25                   | 0.0054                                     | 1.142                          |
| Aluminio, industria metalurgica                   | 1.44                    | 0.06                    | 1,577.17                | 0.0054                                     | 0.492                          |
| Cemento, Industria de la cal y el cemento         | 56.93                   | 2.28                    | 1,168.08                | 0.0054                                     | 14.364                         |
| Hule, industria quimica                           | -                       |                         | 1,325.10                | 0.0054                                     | 0.000                          |
| Madera, industria de productos de la madera       | 7.94                    | 0.32                    | 1,093.29                | 0.0054                                     | 1.875                          |
| Mampostería, materiales para                      | 46.58                   | 1.86                    | 36.76                   | 0.0054                                     | 0.370                          |
| Pintura, industria quimica                        | 1.86                    | 0.07                    | 1,190.61                | 0.0054                                     | 0.478                          |
| Vidrio, industria del vidrio y sus productos      | 5.60                    | 0.22                    | 1,090.17                | 0.0054                                     | 1.318                          |
| Total de los insumos de materiales                | 343.43                  |                         |                         |  | 27.941                         |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-15, Emisiones para la etapa 2 del sistema constructivo T2.

| Industrias  | Sistema constructivo T2 |                         | Distancia en<br>kilometros | Emisiones al aire                         |                                |
|---|-------------------------|-------------------------|----------------------------|---|--------------------------------|
|   | Peso<br>( Toneladas )   | # de Viajes<br>(25 ton) |                            | Flujo unitario<br>(tCO <sub>2</sub> eq/t) | Total<br>(tCO <sub>2</sub> eq) |
| Insumos de materiales                             |                         |                         |                            |   |                                |
| Acero, industria siderurgica                      | 26.82                   | 1.07                    | 1,016.46                   | 0.0054                                    | 5.889                          |
| Agregados, productos petreos para la construccion | 166.91                  | 6.68                    | 28.25                      | 0.0054                                    | 1.019                          |
| Aluminio, industria metalurgica                   | 3.77                    | 0.15                    | 1,577.17                   | 0.0054                                    | 1.284                          |
| Cemento, Industria de la cal y el cemento         | 52.30                   | 2.09                    | 1,168.08                   | 0.0054                                    | 13.197                         |
| Hule, industria quimica                           | 0.04                    | 0.00                    | 1,325.10                   | 0.0054                                    | 0.011                          |
| Madera, industria de productos de la madera       | 7.76                    | 0.31                    | 1,093.29                   | 0.0054                                    | 1.832                          |
| Mampostería, materiales para                      | 19.52                   | 0.78                    | 36.76                      | 0.0054                                    | 0.155                          |
| Pintura, industria quimica                        | 1.35                    | 0.05                    | 1,190.61                   | 0.0054                                    | 0.347                          |
| Vidrio, industria del vidrio y sus productos      | 13.44                   | 0.54                    | 1,090.17                   | 0.0054                                    | 3.165                          |
| Total de los insumos de materiales                | 291.92                  |                         |                            |   | 26.899                         |

Fuente: Elaboración propia.

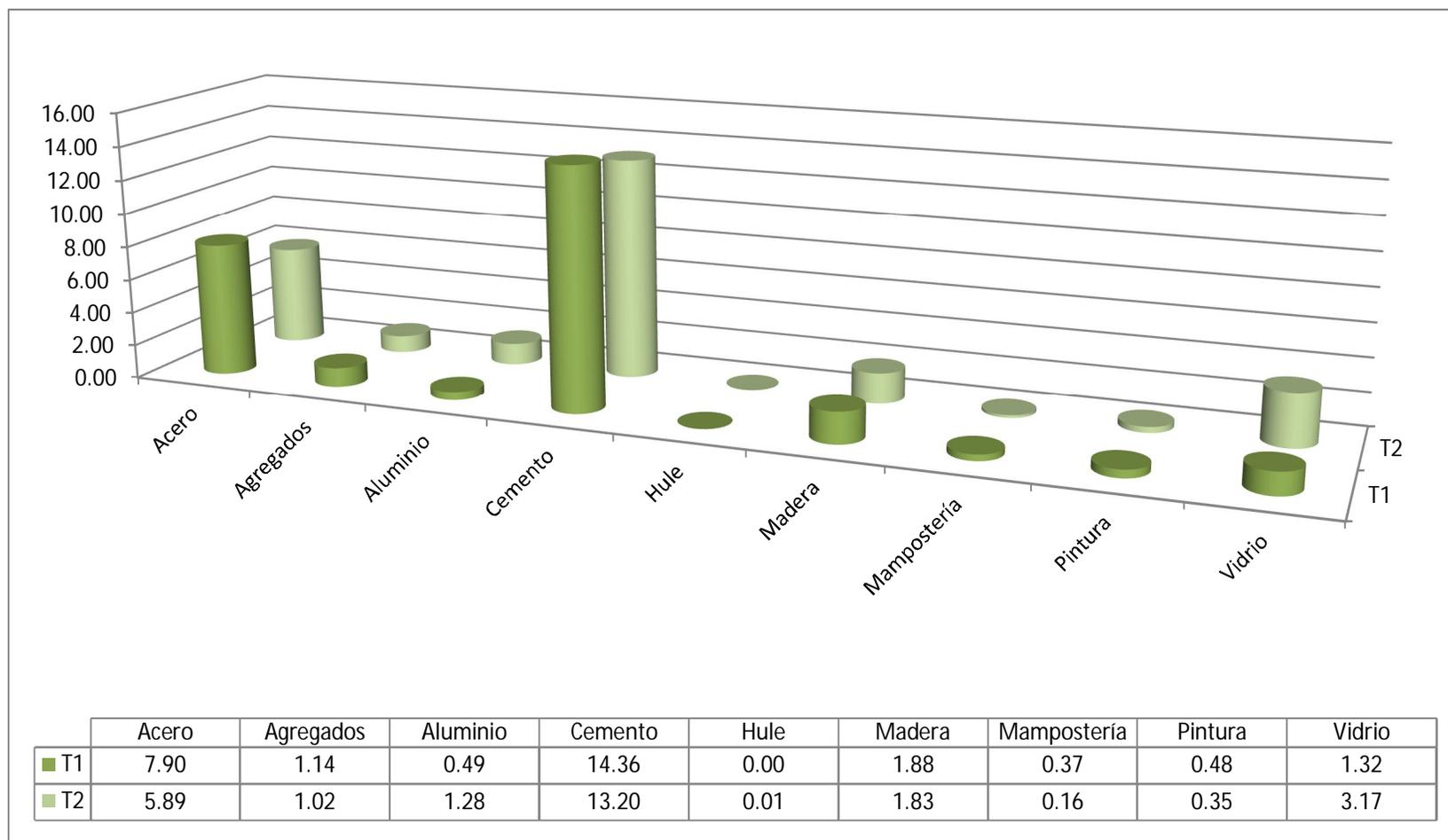


Figura 4-19, Emisiones de CO<sub>2</sub>eq para la segunda etapa de los insumos de materiales en T1 y T2.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.2.2.3 Tercera etapa, Construcción de los edificios

Durante la edificación de los dos sistemas constructivos, para los materiales utilizados, se consideran los RC provenientes de estos elementos, y se obtienen emisiones de dióxido de carbono equivalente por la cantidad de 3.562 para el edificio T1 y 3.028 para el T2, como se muestra en. Esquemáticamente se muestra la figura 4–20 para apreciar los resultados calculados durante la etapa de construcción de las envolventes en cada sistema constructivo

Tabla 4-16, Emisiones para la etapa 3 en los materiales del sistema constructivo T1.

| Industrias  | Sistema constructivo T1 |               | Distancia en<br>kilometros | Emisiones al aire                          |                                |
|---|-------------------------|---------------|----------------------------|--|--------------------------------|
|   | Peso                    | RC            |                            | Flujo unitario<br>(tCO <sub>2</sub> eq/Km) | Total<br>(tCO <sub>2</sub> eq) |
|   | ( Toneladas )           | ( Toneladas ) |                            |  |                                |
| Insumos de materiales                             |                         |               |                            |  |                                |
| Acero, industria siderurgica                      | 35.99                   | 2.45          | 28.25                      | 0.0054                                     | 0.373                          |
| Agregados, productos petreos para la construccion | 187.08                  | 12.72         | 28.25                      | 0.0054                                     | 1.941                          |
| Aluminio, industria metalurgica                   | 1.44                    | 0.10          | 28.25                      | 0.0054                                     | 0.015                          |
| Cemento, Industria de la cal y el cemento         | 56.93                   | 3.87          | 28.25                      | 0.0054                                     | 0.591                          |
| Hule, industria quimica                           | -                       | -             | -                          | 0.0054                                     | -                              |
| Madera, industria de productos de la madera       | 7.94                    | 0.54          | 28.25                      | 0.0054                                     | 0.082                          |
| Mampostería, materiales para                      | 46.58                   | 3.17          | 28.25                      | 0.0054                                     | 0.483                          |
| Pintura, industria quimica                        | 1.86                    | 0.13          | 28.25                      | 0.0054                                     | 0.019                          |
| Vidrio, industria del vidrio y sus productos      | 5.60                    | 0.38          | 28.25                      | 0.0054                                     | 0.058                          |
| Total de los insumos de materiales                | 343.43                  | 23.35         |                            |  | 3.562                          |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-17, Emisiones para la etapa 3 en los materiales del sistema constructivo T2

| Industrias  | Sistema constructivo T2 |               | Distancia en<br>kilometros | Emisiones al aire       |                       |
|---|-------------------------|---------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|
|   | Peso                    | RC            |                            | Flujo unitario          | Total                 |
|   | ( Toneladas )           | ( Toneladas ) |                            | (tCO <sub>2</sub> eq/t) | (tCO <sub>2</sub> eq) |
| Insumos de materiales                             |                         |               |                            |                         |                       |
| Acero, industria siderurgica                      | 26.82                   | 1.82          | 28.25                      | 0.0054                  | 0.278                 |
| Agregados, productos petreos para la construccion | 166.91                  | 11.35         | 28.25                      | 0.0054                  | 1.731                 |
| Aluminio, industria metalurgica                   | 3.77                    | 0.26          | 28.25                      | 0.0054                  | 0.039                 |
| Cemento, Industria de la cal y el cemento         | 52.30                   | 3.56          | 28.25                      | 0.0054                  | 0.543                 |
| Hule, industria quimica                           | 0.04                    | 0.00          | 28.25                      | 0.0054                  | 0.000                 |
| Madera, industria de productos de la madera       | 7.76                    | 0.53          | 28.25                      | 0.0054                  | 0.080                 |
| Mampostería, materiales para                      | 19.52                   | 1.33          | 28.25                      | 0.0054                  | 0.203                 |
| Pintura, industria quimica                        | 1.35                    | 0.09          | 28.25                      | 0.0054                  | 0.014                 |
| Vidrio, industria del vidrio y sus productos      | 13.44                   | 0.91          | 28.25                      | 0.0054                  | 0.139                 |
| Total de los insumos de materiales                | 291.92                  | 19.85         |                            |                         | 3.028                 |

Fuente: Elaboración propia.

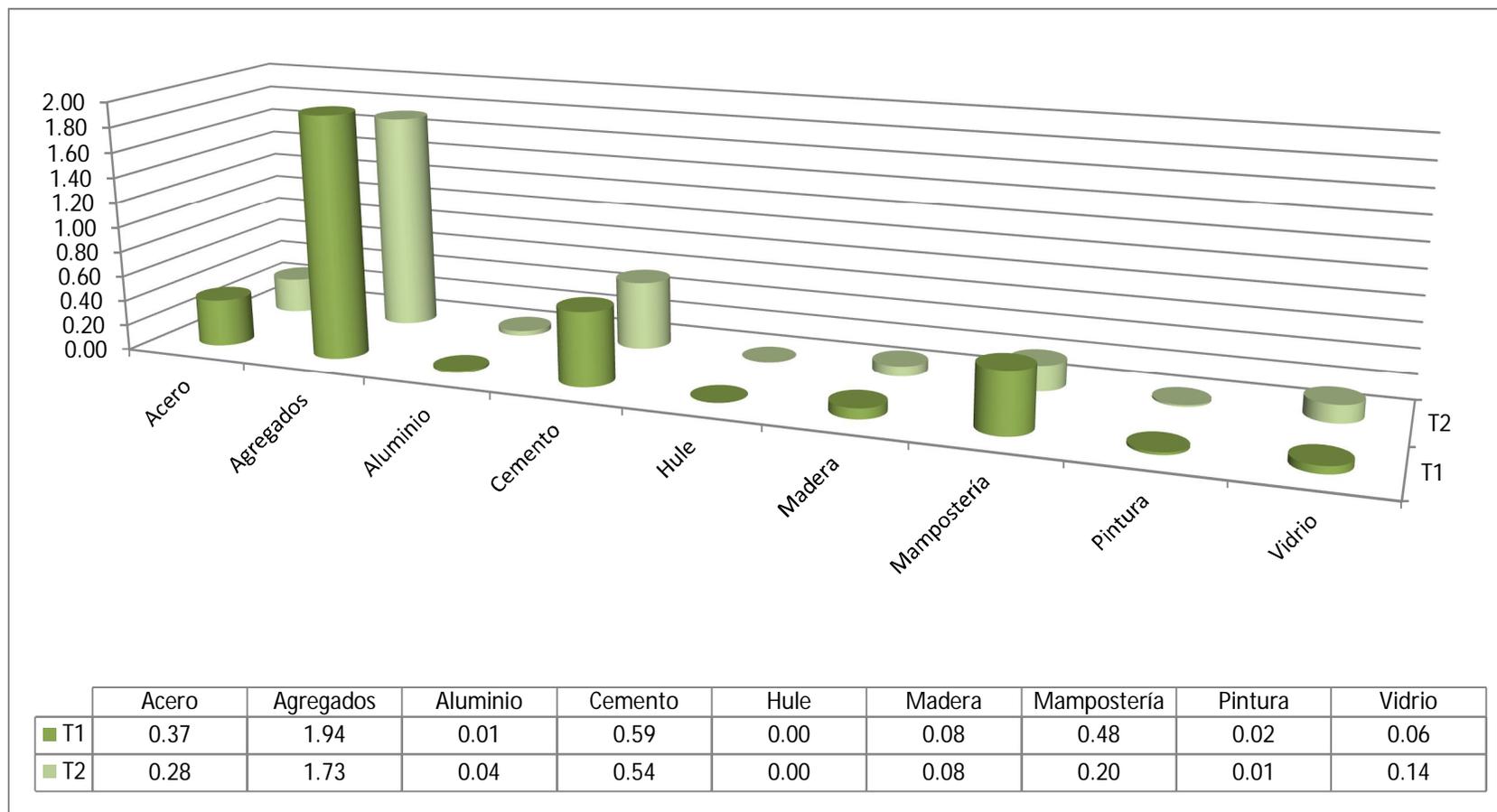


Figura 4-20, Emisiones de CO<sub>2</sub>eq para la tercera etapa de los insumos de materiales en T1 y T2.

Fuente: Elaboración propia.

Para el apartado de la mano de obra utilizada, las emisiones son calculadas en la Tabla 4–18 para el sistema constructivo T1 con un resultado de 3.879 tCO<sub>2</sub>eq y de 3.646 tCO<sub>2</sub>eq en la Tabla 4–19 para el T2.

Tabla 4-18, Emisiones para la etapa 3 por la mano de obra del sistema constructivo T1.

| Agrupación de los insumos | Sistema constructivo T1<br>Cantidad de jornadas | Emisiones al aire                           |                                |
|---------------------------|---|---|--------------------------------|
|                           |   | Flujo unitario<br>(tCO <sub>2</sub> eq/jor) | Total<br>(tCO <sub>2</sub> eq) |
| Mano de obra              | 2,289.33  | 0.0017                                      | 3.879                          |
| Total                     | 2,289.33  |   | 3.879                          |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-19, Emisiones para la etapa 3 por la mano de obra del sistema constructivo T2.

| Agrupación de los insumos | Sistema constructivo T2 | Emisiones al aire         |                       |
|---------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------|
|                           | Cantidad de jornadas    | Flujo unitario            | Total                 |
|                           |                         | (tCO <sub>2</sub> eq/Kwh) | (tCO <sub>2</sub> eq) |
| Mano de obra              | 2,151.59                | 0.0017                    | 3.646                 |
| Total                     | 2,151.59                |                           | 3.646                 |

Fuente: Elaboración propia.

Por último para uso durante la construcción de la maquinaria y equipo, la emisión en el sistema T1 puede verse en la Tabla 4–20 y Tabla 4–21 para el sistema T2 con los resultados en tCO<sub>2</sub>eq de 7.866 y 6.126 respectivamente.

Tabla 4-20, Emisiones para la etapa 3 por el uso de la maquinaria y equipo del sistema constructivo T1.

| Agrupación de los insumos  | Sistema constructivo T1 |                  | Emisiones al aire                         |                             |
|--|-------------------------|------------------|---|-----------------------------|
|  | Horas trabajadas        | Combustible Tipo | Flujo unitario (tCO <sub>2</sub> eq/hora) | Total (tCO <sub>2</sub> eq) |
| Bomba marca thomsen modelo 985 tipo pluma, montada en camion kenworth diesel de 140 hp | 31.84                   | Diesel           | 0.145                                     | 4.628                       |
| Soldadora lincoln  | 268.14                  | Kwh              | 0.009                                     | 2.467                       |
| Revolvedora de 1 saco  | 121.83                  | Gasolina         | 0.003                                     | 0.347                       |
| Vibrador a gasolina de chicote   | 226.29                  | Gasolina         | 0.002                                     | 0.424                       |
| Total  | 648.10                  |                  |   | 7.866                       |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-21, Emisiones para la etapa 3 por el uso de la maquinaria y equipo del sistema constructivo T2.

| Agrupación de los insumos  | Sistema constructivo T2 |                  | Emisiones al aire                         |                             |
|--|-------------------------|------------------|---|-----------------------------|
|  | Horas trabajadas        | Combustible Tipo | Flujo unitario (tCO <sub>2</sub> eq/hora) | Total (tCO <sub>2</sub> eq) |
| Bomba marca thomsen modelo 985 tipo pluma, montada en camion kenworth diesel de 140 hp | 31.84                   | Diesel           | 0.145                                     | 4.628                       |
| Soldadora lincoln  | 81.65                   | Kwh              | 0.009                                     | 0.751                       |
| Revolvedora de 1 saco  | 116.80                  | Gasolina         | 0.003                                     | 0.333                       |
| Vibrador a gasolina de chicote   | 221.26                  | Gasolina         | 0.002                                     | 0.414                       |
| Total  | 451.55                  |                  |   | 6.126                       |

Fuente: Elaboración propia.

De las tablas con las emisiones en esta última etapa considerada en el alcance del proyecto se obtiene la Figura 4–21, en donde se representan las emisiones de CO<sub>2</sub>eq por la utilización de la mano de obra y equipo de construcción en las envolventes del estudio de ICV.

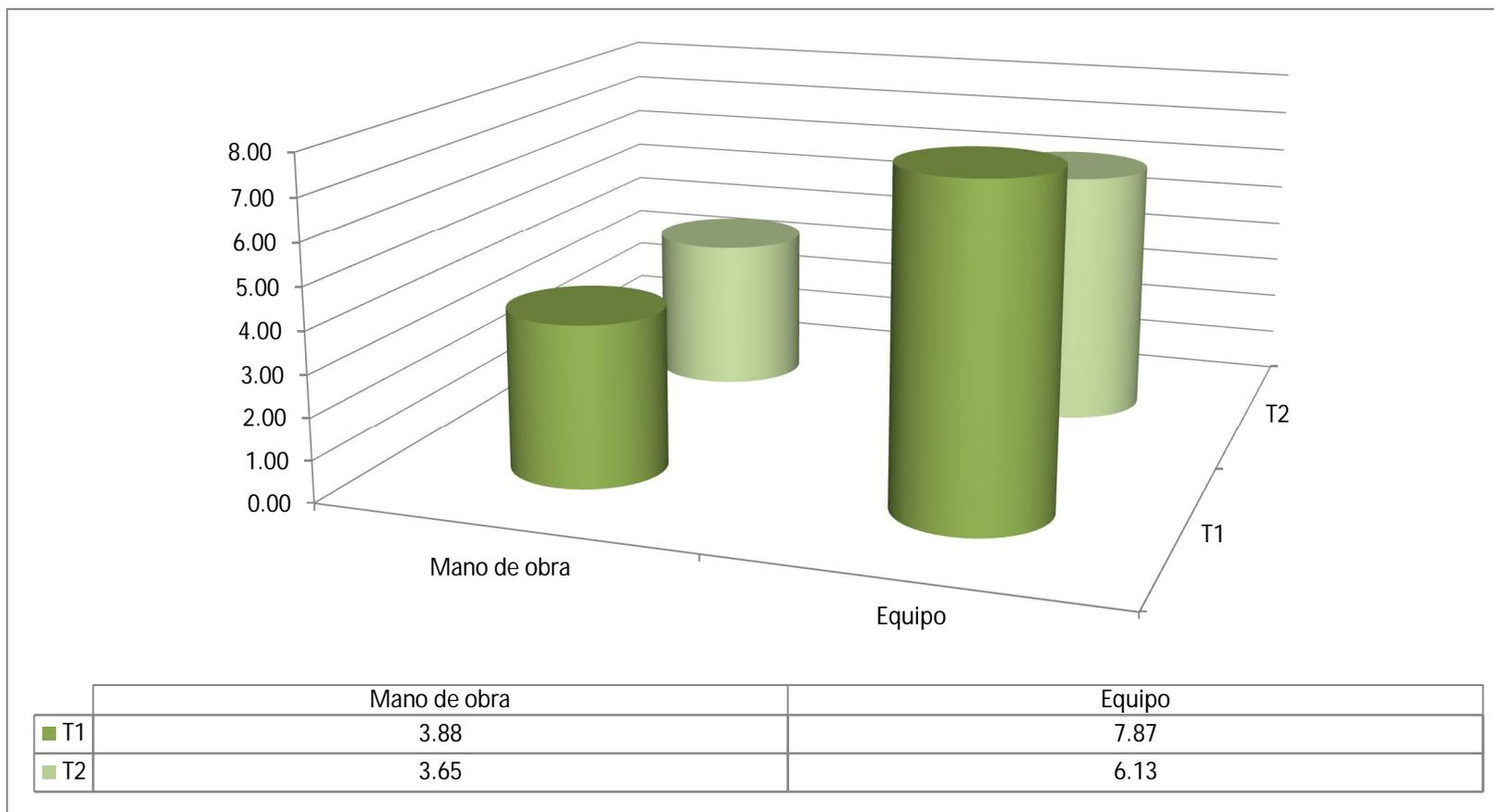


Figura 4-21, Emisiones de CO<sub>2</sub>eq para la tercera etapa de los insumos de mano de obra y equipo en T1 y T2.

Fuente: Elaboración propia.

Resumiendo el cálculo de la obtención de CO<sub>2</sub>eq durante el lapso de tiempo que es considerado dentro de este estudio de ICV, son anotados los resultados en la Tabla 4–22, allí mismo se ordenan los factores propios de cada una de las envolvente en los dos sistemas constructivos, de donde se estipula, que para la construcción del sistema T1 resultan emisiones de CO<sub>2</sub>eq por 155.15 toneladas y para el T2 136.69 toneladas, véase la Figura 4–22.

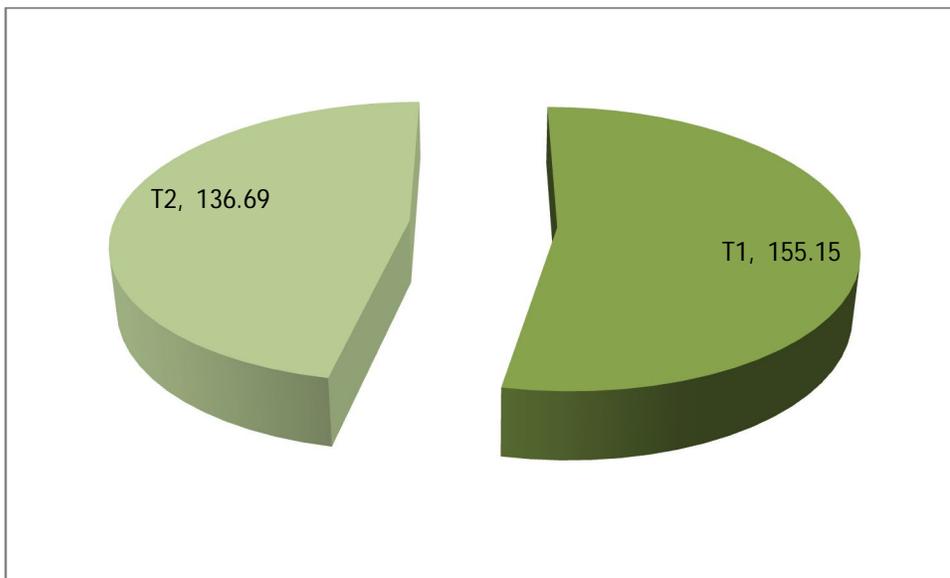


Figura 4-22, Comparacion final de emisiones de CO<sub>2</sub>eq para T1 y T2.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-22, Resultados de los sistemas constructivos T1 y T2

| Sistema constructivo | Tipo de insumo | Grupo de insumo                                   | Costo (pesos mexicanos) |                          | Utilización (Jor/Horas) |                          | Masa (toneladas) |                          | Volumen (m³) |                          | Emisiones en toneladas de CO <sub>2</sub> eq |         |             |               |                          |                                |
|----------------------|----------------|---|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------|--------------------------|--------------|--------------------------|--|---------|-------------|---------------|--------------------------|--------------------------------|
|                      |                |   | Parcial                 | Total del tipo de insumo | Parcial                 | Total del tipo de insumo | Parcial          | Total del tipo de insumo | Parcial      | Total del tipo de insumo | Etapa 1                                      | Etapa 2 | Etapa 3     | Total Parcial | Total del tipo de insumo | Total del sistema constructivo |
| T1                   | Mat            | Acero, industria siderúrgica                      | \$ 480,781.37           | \$ 952,561.70            | -                       | -                        | 35.99            | 345.65                   | 30.04        | 316.97                   | 52.91  | 7.9     | 0.37        | <b>61.19</b>  | <b>143.41</b>            | <b>155.15</b>                  |
|                      |                | Agregados, productos pétreos para la construcción | \$ 30,870.20            |                          | -                       |                          | 187.08           |                          | 161.62       |                          | 0.65   | 1.14    | 1.94        | <b>3.74</b>   |                          |                                |
|                      |                | Aluminio, industria metalúrgica                   | \$ 103,697.86           |                          | -                       |                          | 1.44             |                          | 9.86         |                          | 6.79   | 0.49    | 0.01        | <b>7.29</b>   |                          |                                |
|                      |                | Cal, industria de la cal y cemento                | \$ 1,618.06             |                          | -                       |                          | 1.35             |                          | 1.35         |                          | -  | -       | -           | -             |                          |                                |
|                      |                | Cemento, industria de la cal y cemento            | \$ 121,366.99           |                          | -                       |                          | 56.93            |                          | 56.93        |                          | 32.45  | 14.36   | 0.59        | <b>47.4</b>   |                          |                                |
|                      |                | Combustibles                                      | \$ 1,338.45             |                          | -                       |                          | 0.26             |                          | 0.26         |                          | -  | -       | -           | -             |                          |                                |
|                      |                | Ferretería, Industrial metalmecánica              | \$ 4,758.37             |                          | -                       |                          | 0.09             |                          | 0.49         |                          | -  | -       | -           | -             |                          |                                |
|                      |                | Hule, industria química                           | \$ 1,435.66             |                          | -                       |                          | 0.07             |                          | 1.02         |                          | -  | -       | -           | -             |                          |                                |
|                      |                | Madera, industria de productos de la madera       | \$ 71,704.99            |                          | -                       |                          | 7.94             |                          | 16.49        |                          | -  | 1.88    | 0.08        | <b>1.96</b>   |                          |                                |
|                      |                | Mampostería, materiales para                      | \$ 20,564.24            |                          | -                       |                          | 46.58            |                          | 35.21        |                          | 17.47  | 0.37    | 0.48        | <b>18.32</b>  |                          |                                |
|                      |                | Pintura, industria química                        | \$ 54,612.65            |                          | -                       |                          | 1.86             |                          | 1.80         |                          | 1.08   | 0.48    | 0.02        | <b>1.57</b>   |                          |                                |
|                      |                | Plástico, industria química                       | \$ 9,297.61             |                          | -                       |                          | 0.43             |                          | 1.00         |                          | -  | -       | -           | -             |                          |                                |
|                      |                | Piezas metálicas y tornillos                      | \$ 5,726.47             |                          | -                       |                          | 0.02             |                          | 0.67         |                          | -  | -       | -           | -             |                          |                                |
|                      |                | Vidrio, industria del vidrio y sus productos      | \$ 44,788.78            |                          | -                       |                          | 5.6              |                          | 0.22         |                          | 0.56   | 1.32    | 0.06        | <b>1.94</b>   |                          |                                |
| Mo                   |                | \$ 785,693.29                                     | \$ 785,693.29           | 2,289.33                 | 2,289.33                | -                        | -                | -                        | -            | -                        | -  | 3.88    | <b>3.88</b> | <b>3.88</b>   |                          |                                |
| Eq                   |                | \$ 73,754.03                                      | \$ 73,754.03            | 648.10                   | 648.10                  | -                        | -                | -                        | -            | -                        | -  | 7.87    | <b>7.87</b> | <b>7.87</b>   |                          |                                |
| T2                   | Mat            | Acero, industria siderúrgica                      | \$ 321,317.89           | \$ 1,447,546.57          | -                       | -                        | 26.82            | 293.56                   | 20.55        | 330.14                   | 39.43  | 5.89    | 0.28        | <b>45.6</b>   | <b>126.91</b>            | <b>136.69</b>                  |
|                      |                | Agregados, productos pétreos para la construcción | \$ 27,766.98            |                          | -                       |                          | 166.91           |                          | 145.38       |                          | 0.58   | 1.02    | 1.73        | <b>3.33</b>   |                          |                                |
|                      |                | Aluminio, industria metalúrgica                   | \$ 257,821.58           |                          | -                       |                          | 3.77             |                          | 12.23        |                          | 17.71  | 1.28    | 0.04        | <b>19.03</b>  |                          |                                |
|                      |                | Cal, industria de la cal y cemento                | \$ 678.25               |                          | -                       |                          | 0.56             |                          | 0.56         |                          | -  | -       | -           | -             |                          |                                |
|                      |                | Cemento, Industria de la cal y el cemento         | \$ 111,585.14           |                          | -                       |                          | 52.3             |                          | 52.3         |                          | 29.81  | 13.2    | 0.54        | <b>43.55</b>  |                          |                                |
|                      |                | Combustibles                                      | \$ 1,269.66             |                          | -                       |                          | 0.24             |                          | 0.24         |                          | -  | -       | -           | -             |                          |                                |
|                      |                | Ferretería, Industrial metalmecánica              | \$ 23,950.45            |                          | -                       |                          | 0.11             |                          | 0.66         |                          | -  | -       | -           | -             |                          |                                |
|                      |                | Hule, industria química                           | \$ 188,549.35           |                          | -                       |                          | 0.04             |                          | 0.53         |                          | -  | 0.01    | -           | <b>0.01</b>   |                          |                                |
|                      |                | Madera, industria de productos de la madera       | \$ 70,046.20            |                          | -                       |                          | 7.76             |                          | 16.11        |                          | -  | 1.83    | 0.08        | <b>1.91</b>   |                          |                                |
|                      |                | Mampostería, materiales para                      | \$ 8,620.12             |                          | -                       |                          | 19.52            |                          | 14.76        |                          | 7.32   | 0.16    | 0.2         | <b>7.68</b>   |                          |                                |
|                      |                | Pintura, industria química                        | \$ 38,582.50            |                          | -                       |                          | 1.35             |                          | 1.36         |                          | 0.78   | 0.35    | 0.01        | <b>1.14</b>   |                          |                                |
|                      |                | Plástico, industria química                       | \$ 19,991.29            |                          | -                       |                          | 0.69             |                          | 1.29         |                          | -  | -       | -           | -             |                          |                                |
|                      |                | Piezas metálicas y tornillos                      | \$ 4,183.89             |                          | -                       |                          | 0.03             |                          | 1.05         |                          | -  | -       | -           | -             |                          |                                |
|                      |                | Vidrio, industria del vidrio y sus productos      | \$ 373,183.26           |                          | -                       |                          | 13.44            |                          | 63.12        |                          | 1.34   | 3.17    | 0.14        | <b>4.65</b>   |                          |                                |
| Mo                   |                | \$ 738,417.08                                     | \$ 738,417.08           | 2151.59                  | 2151.59                 | -                        | -                | -                        | -            | -                        | -  | 3.65    | <b>3.65</b> | <b>3.65</b>   |                          |                                |
| Eq                   |                | \$ 63,798.17                                      | \$ 63,798.17            | 451.55                   | 451.55                  | -                        | -                | -                        | -            | -                        | -  | 6.13    | <b>6.13</b> | <b>6.13</b>   |                          |                                |

Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.2.2.4 Valoración económica.

Realizando una analogía con la *Calculadora de Emisiones del RENE* del Anexo 4, en la cual se observa que en México, el sector de energía para el consumo de electricidad, estipula un factor de emisión de 0.454 kg de CO<sub>2</sub> por cada kWh consumido, entonces al transformar las emisiones de CO<sub>2</sub> a kWh, resulta que el CV para ambos edificios consumen hasta la última fase del CV dentro del alcance de este proyecto de intervención, un consumo de kWh de 341,750.42 para el T1 y 301,068.67 para el T2, además consultando el costo de energía para el mes de diciembre del año 2016 en la tarifa 5 un monto de \$2.969 por el consumo unitario de energía expresado en kWh para media tensión y de \$3.532 por baja tensión [50], considerando un costo de \$2.97 por cada kWh y con el supuesto de transformar la energía que representan las actividades antrópicas en las emisiones de CO<sub>2</sub>eq, se le da el valor económico mostrado en la Tabla 4–23.

Tabla 4-23, Costos de las emisiones de CO<sub>2</sub> equiparadas al consumo de energía.

| Sistema constructivo | Emisiones en toneladas de CO <sub>2</sub> eq | kWh        | \$/kWh | Costo transformando la emisión de CO <sub>2</sub> a kWh |
|----------------------|--|------------|--------|---|
| T1                   | 155.15                                       | 341,750.42 | 2.97   | \$ 1,014,998.75   |
| T2                   | 136.69                                       | 301,068.67 | 2.97   | \$ 894,173.95   |

Fuente: elaboración propia, basado en [50]

#### 4.1.2.3 Asignación

No hay asignaciones de entradas y salidas en la evaluación de este proyecto de intervención, la razón de lo anterior es porque las entradas estipuladas para el ICV son las cantidades de materiales que son utilizados directamente en los procedimientos constructivos T1 y T2, otro causal es marcado en que las etapas

de estudio dentro del ICV para los insumos, solo son contempladas hasta la etapa de construcción y un argumento adicional del cual se hace mención, es porque no se contempla la información en todas las entradas de materia prima para cada insumo utilizado en las envolventes T1 y T2.

Ante lo anterior, la norma NMX-SAA-14044-IMC-2008 recomienda tres pasos para las asignaciones en los flujos de los sistemas y el paso número uno advierte *“siempre que sea posible, se debería evitar la asignación”*. [2]

### **4.1.3 Interpretación del estudio de ICV**

La contribución al medio ambiente de los dos sistemas constructivos en su envolvente vertical, es expresada en la magnitud de dióxido de carbono equivalente, que es calculada para las tres fases dentro de este estudio de ICV, se observan los datos calculados en el inventario dándoles el sentido ambiental como propósito, con el cálculo de los datos del ICV se representa en la Figura 4–23, es notorio como los procesos que involucran la edificación del sistema constructivo T1 son mayormente contaminantes, con emisiones al aire del 53%, a diferencia del 47% para el sistema T2.

Pero debe mencionarse que el ICV es hasta la etapa de construcción, por lo tanto, no debe afirmarse que durante todo el CV de las edificaciones el comportamiento será el mismo, resaltando además la importancia de la etapa operación o uso de los edificios que no es estudiada en este proyecto de intervención.

En el caso de los insumos utilizados, al visualizar las Figura 4–24, los elementos que representan los materiales tienen el mayor porcentaje de influencia con el 92% y 93% para el sistema T1 y T2 respectivamente, ver la Figura 4–24, la elucidación es muy simple, los materiales, hasta la etapa contemplada dentro del estudio de ICV, son el grupo con mayor importancia ambiental hablando al tomar en cuenta las emisiones al aire de dióxido de carbono, por lo que se recomienda iterar en forma más crítica la utilización de los materiales para las envolventes de este tipo de edificaciones o en similares.

Más aun, continuando con los elementos de las envolventes, este estudio de ICV, también deja de manifiesto que la diferenciación en las cantidades de los insumos debe de revisarse en cuanto a la óptima selección de estos para cuidar la utilización de energía durante la etapas futuras no analizadas, debido a que puedan requerir mayor o menor climatización e iluminación, así como de un elevado mantenimiento lo que traería de nueva cuenta utilizar los tres tipos de insumos (materiales, mano de obra y equipo). Mencionándose además que el factor térmico de los materiales no es tomado en cuenta en este proyecto.

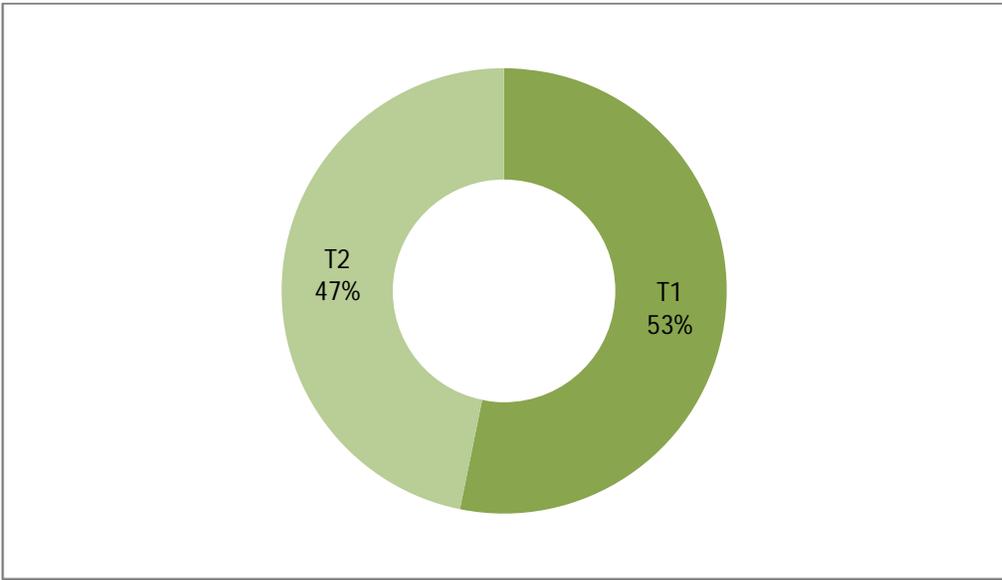


Figura 4-23, Porcentajes de emisión del ICV en T1 y T2.

Fuente: Elaboración propia.

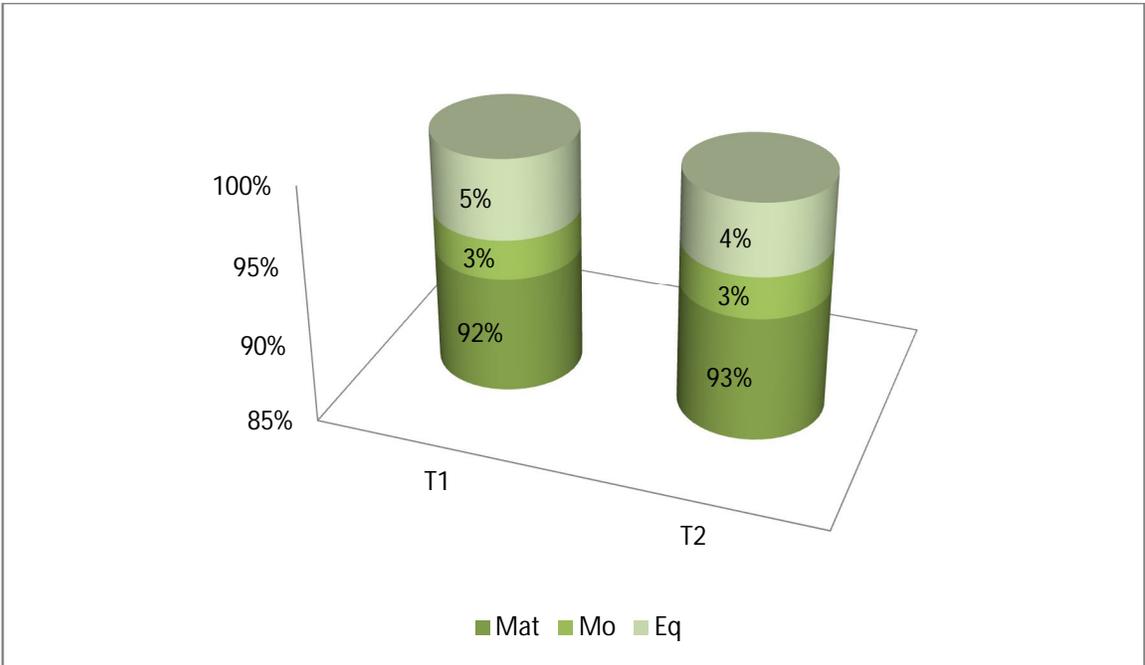


Figura 4-24, Porcentajes de emisión de los insumos para T1 y T2.

Fuente: Elaboración propia.

Y en el caso de las etapas tres analizadas, las cuales recordándolas son: la primera etapa consistente en la extracción y fabricación de los insumos de materiales, el transporte de los mismos insumos como segunda etapa y la etapa final de construcción interviniendo los insumos de materiales, mano de obra y equipo. Con los resultados resumidos en la Figura 4–25, al analizarse se afirma que la etapa de mayor aportación de CO2 es la referente a extracción y fabricación de materiales con 72% de las emisiones para el sistema constructivo T1 y 71% en el T2, seguida por la etapa de transporte oscilando entre un 18% para el T1 y 20% para el T2 y un mínimo del 2% en la etapa de construcción.

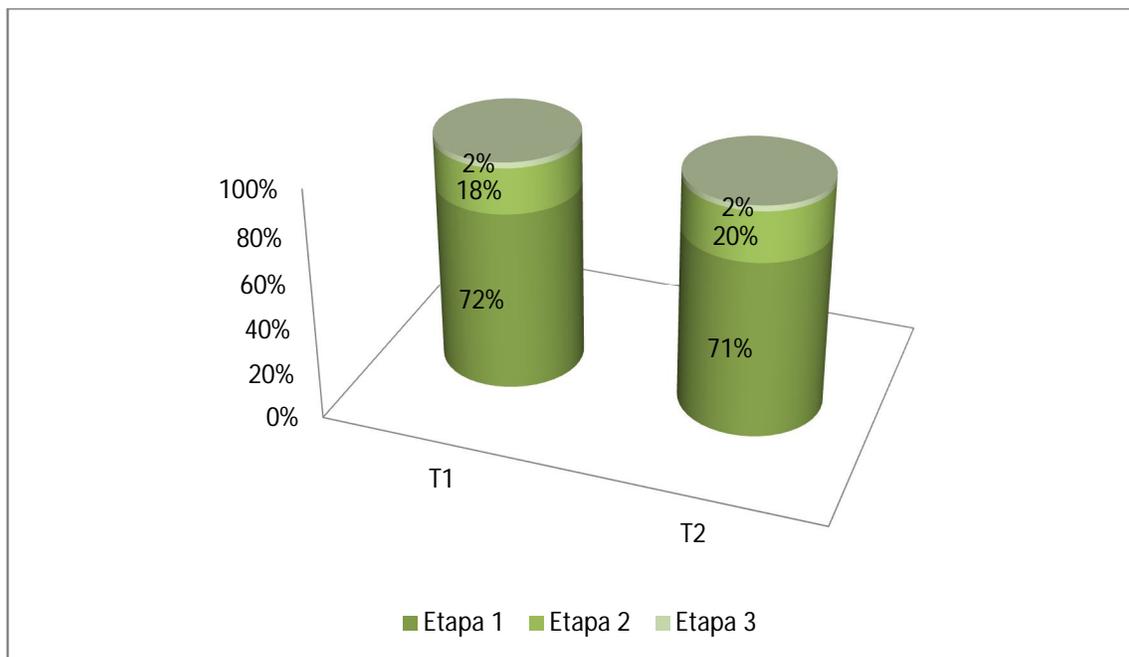


Figura 4-25, Porcentajes de emisión para cada una de las etapas del ICV.

Fuente: Elaboración propia.

Igualmente a la interpretación anteriormente dada, respecto a las emisiones de dióxido de carbono en los dos sistemas constructivos, por la utilización de los tres tipos generales de insumos así como en el análisis de las etapas, es concordante dentro del alcance, mencionar los resultados respecto a los insumos de materiales utilizados, ver Figura 4–26, derivando la conclusión de que los materiales que representan la mayor emisión de CO<sub>2</sub> son los de las industrias del acero y el cemento, juntos aportan un porcentaje mayor al 60% de las emisiones totales en los materiales; seguidos de los elementos que representan la mampostería y el aluminio, los agregados y el vidrio utilizado. Destacando que las envolventes se diferencian mayoritariamente por la utilización en diferentes cantidades de los elementos de mampostería, aluminio y cristal

Lo anterior se puede expresar destacando la sensibilidad en el tipo de emisión considerada con las industrias de los materiales que diferencian en los resultados del CO<sub>2</sub>, dados por el acero, la mampostería, el aluminio y el vidrio, quienes en conjunto son los que también diferencian el proyecto de los dos sistemas constructivos estudiados.

En cuanto al punto 4.1.2.2.4 referente al valor económico de las emisiones transformadas a energía expresada en kWh, se infiere en interpretar estos valores como los costos que pueden tener cada sistema debido a sus emisiones de CO<sub>2</sub>, es por tal razón que si se comparan ambos valores se tendría que el sistema T2 al representar menores emisiones tendría un costo menor al sistema T1 en un monto de \$120, 824.80.

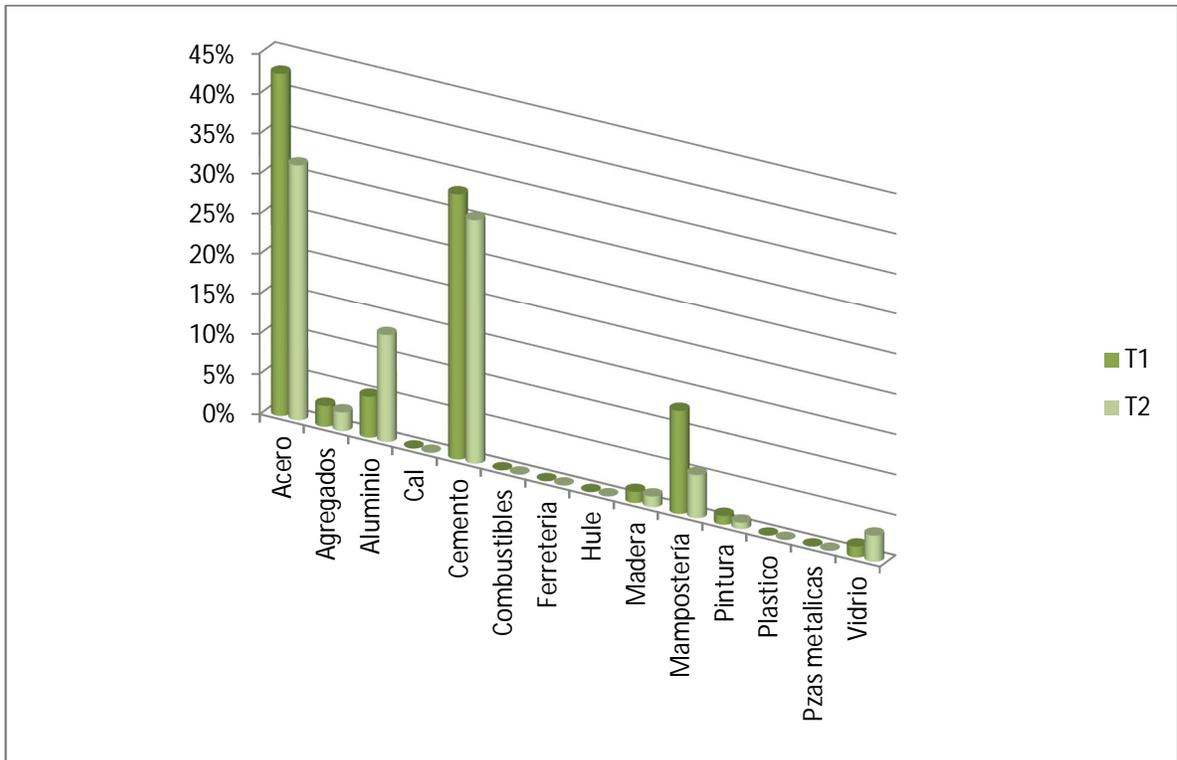


Figura 4-26, Emisiones en los insumos de materiales para las tres etapas.

Fuente: Elaboración propia.

## **4.2 Estrategias usadas para la presentación y venta del proyecto**

El presente proyecto de intervención busca concientizar al lector, sobre las actividades relacionadas con el sector de la construcción, que contribuyen al cambio climático mediante las emisiones al medio ambiente, durante el ciclo de vida en los dos sistemas constructivos por el uso de diferentes materiales de construcción en su envolvente vertical.

Al dar conocer los resultados presentados, se podrá optar por tomar decisiones que mejoren el presente y sobre todo el futuro de las edificaciones, como lo es la selección de los insumos a utilizar en la construcción de la envolvente para edificios U3-C y basarse además como punto de partida para utilizar esta herramienta en cualquier otro tipo de construcciones. Es importante destacar que al realizar el proyecto, se benefician directamente los usuarios de las edificaciones por el ecodiseño de las mismas.

El trabajo es realizado en dos edificaciones existentes de la UAS, por lo que los segmentos de la sociedad a los que se les involucra directamente con el proyecto de intervención son:

- Personas involucradas en el diseño y proyecto de la infraestructura educativa.
- Personas que forman parte de la toma de decisiones para la misma infraestructura.

En consecuencia, los entregables son parte fundamental para traspasar los resultados y estos se traducen con los beneficios medioambientales, estos se interpretan con las ventajas económicas al seleccionar el sistema constructivo con menores emisiones al aire.

### 4.3 Estrategias para vinculación

Para dar a conocer el proyecto, se planea su exteriorización a las diferentes grupos de personas que intervienen en la construcción de espacios educativos públicos, en la Figura 4–27, se muestran los grupos de la sociedad que se considera deben conocer los resultados encontrados, los cuales se recomienda, deberán ser tratados con el escudriño correspondiente.



Figura 4-27, Grupos de la sociedad a los que se presentará el proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

Se les recordara además, que los resultados fueron obtenidos desde un enfoque con criterio sostenible, haciendo hincapié en la definición que se la ha dado a través del *Informe Brundtland*. Recalcando, que no hay grupo de la sociedad, que se encuentre aislado a las decisiones que sean tomadas por uno o por todos los actores, los cuales les competen formar parte en la edificación de escuelas.

Dentro de los primero grupos que debe presentarse el proyecto, se encuentran los departamentos de planeación, proyectos, supervisión, construcción y mantenimiento quienes son parte de las entidades gubernamentales federales, estatales y/o municipales.

Para dar a conocer los resultados del proyecto de intervención, se utilizaran estrategias de presentación oral y escrita. El trabajo escrito se presenta con la elaboración de este proyecto y se acompaña con un documento que es entregado en las dependencias gubernamentales dedicadas a la infraestructura educativa, este documento es un resumen ejecutivo conteniendo la información de mayor relevancia.

Y en cuanto a la presentación oral del proyecto, se realiza primeramente dentro de la UAS con el Núcleo Académico Básico que pertenece a la maestría donde se realiza el trabajo y posteriormente al departamento que está directamente involucrado con la edificación el cual es la DCM.

## 5 ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO

*“Un buen plan, ejecutado violentamente hoy, es mucho mejor que un plan perfecto para mañana”*

General George S. Patton

Según la guía del Project Management Institute, un proyecto es un esfuerzo temporal para crear un producto, servicio o resultado único. Por lo tanto, se debe establecer un control de los recursos con que se dispone, durante la elaboración del proyecto de intervención, es necesario indicar los diferentes aspectos disponibles que coadyuven en la resolución del conjunto de actividades necesarias, con las cuales se logrará el propósito de este trabajo.

*“Todo proyecto es un diseño; además de indicar los aspectos técnicos y científicos del tema y problema propuestos, el cual obedece a sus objetivos. Debe contemplar también los aspectos logísticos del mismo, es decir, como se va a lograr la realización del proyecto, para lo cual en la parte administrativa del mismo se indica el manejo de los recursos, del tiempo y del presupuesto, para el desarrollo de las diversas actividades del proyecto” [51]*

Es por ello, que distribuir en forma ordenada y sistemática, los medios con los que se cuenta, son puntos primordiales que producen el mejor efecto al administrar el conjunto de información requerida, procesada y a exponer durante el desarrollo de este trabajo.

### 5.1 Cronograma de actividades

Todo proyecto tiene un ciclo de vida para su ejecución, por lo cual, es necesario registrar con referencia al tiempo y con orden de suceso, los procesos que se deben realizar durante la ejecución del mismo, esto se realiza, mostrando un calendario de trabajo, el cual sirve de guía para describir y organizar las tareas

necesarias para concluir el conjunto de actividades de este trabajo, la disponibilidad de tiempo en que se prepara para lograrlo y el orden se ejemplifica en la Tabla 5—1.

Tabla 5-1, Calendario de trabajo.

| Actividades a realizar   | Meses   |   |   |   |         |   |   |   |         |    |    |    |        |    |    |    |        |    |    |    |       |    |    |    |
|--|---------|---|---|---|---------|---|---|---|---------|----|----|----|--------|----|----|----|--------|----|----|----|-------|----|----|----|
|  | primero |   |   |   | segundo |   |   |   | tercero |    |    |    | cuarto |    |    |    | quinto |    |    |    | sexto |    |    |    |
|  | semanas |   |   |   |         |   |   |   |         |    |    |    |        |    |    |    |        |    |    |    |       |    |    |    |
|  | 1       | 2 | 3 | 4 | 5       | 6 | 7 | 8 | 9       | 10 | 11 | 12 | 13     | 14 | 15 | 16 | 17     | 18 | 19 | 20 | 21    | 22 | 23 | 24 |
| Selección del proyecto y recabar información del mismo                                       |         |   |   |   |         |   |   |   |         |    |    |    |        |    |    |    |        |    |    |    |       |    |    |    |
| Establecer objetivo y alcance para determinar el ciclo del sistema                           |         |   |   |   |         |   |   |   |         |    |    |    |        |    |    |    |        |    |    |    |       |    |    |    |
| Investigación bibliográfica, recopilación y obtención de las entradas para las edificaciones |         |   |   |   |         |   |   |   |         |    |    |    |        |    |    |    |        |    |    |    |       |    |    |    |
| Análisis del inventario, mediante el cálculo de los datos obtenidos                          |         |   |   |   |         |   |   |   |         |    |    |    |        |    |    |    |        |    |    |    |       |    |    |    |
| Interpretación de los resultados y conclusiones  |         |   |   |   |         |   |   |   |         |    |    |    |        |    |    |    |        |    |    |    |       |    |    |    |
| Composición escrita  |         |   |   |   |         |   |   |   |         |    |    |    |        |    |    |    |        |    |    |    |       |    |    |    |
| Socialización del proyecto y vinculación   |         |   |   |   |         |   |   |   |         |    |    |    |        |    |    |    |        |    |    |    |       |    |    |    |

Fuente: Elaboración propia.

## 5.2 Recursos

Para concluir lo que se pretende en este proyecto de intervención, los medios necesarios para su elaboración son basados en los recursos disponibles, estos son tangibles e intangibles, los primeros son el espacio físico, mobiliario, misceláneos necesarios para la composición escrita, los elementos humanos, material bibliográfico y aspectos financieros, y los segundos son el tiempo, el conocimiento por adquirir, la disponibilidad de tercera personas y la información disponible en medios electrónicos, para abundar en los recursos disponibles se describen de la siguiente forma.

Recursos tangibles:

- Cubículo, aulas y biblioteca en el área de posgrado de la Facultad de Ingeniería Culiacán de la UAS, así como su mobiliario.

- Computadora personal y/o hardware, calculadora y misceláneos como papelería, libretas, lápiz, pluma, papel entre otros.
- El director, co-director y maestrante,
- Aspectos económicos, estos se detallan en el apartado de presupuesto.

Recursos intangibles:

- El tiempo pertinente para la elaboración del proyecto.
- La noción elemental de los temas necesarios para realizar el proyecto.
- Profesores, asesores y el núcleo académico que forman parte de la estructura organizacional del proyecto.
- Profesionales y personas involucrados para escuchar presentaciones del trabajo o contestar el cuestionario incluido.
- Programas informáticos y/o Software, además de la información obtenida en medios electrónicos.

### **5.3 Presupuesto**

Aunque cada proyecto se considera único e irrepetible, es de mucha ayuda establecerlas erogaciones económicas, tanto para el presente trabajo como para los futuros que puedan derivarse o estar estrechamente relacionados a este tipo de esquemas, es por lo tanto que los posibles gastos a ser considerados se analizan en forma presupuesto mínimo necesario, para la etapa de ejecución del presente.

Los gastos son del tipo directos para las erogaciones realizadas en compras de misceláneos, viajes para tutorías, adquisición de bibliografía y en general material de uso exclusivo para este proyecto en particular y gastos del tipo indirectos son aquellos costos proporcionales a los recursos necesarios, como lo es la computadora personal que se utiliza en más de un proyecto, en la Tabla 5—2, desglosa con mayor propiedad los gastos a realizar, indicando el concepto en el cual se realiza la erogación estimada en forma mensual.

Tabla 5-2, Flujo financiero para el proyecto de intervención.

| Concepto                            | Meses       |             |             |             |             |             |
|-------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                                     | primero     | segundo     | tercero     | cuarto      | quinto      | sexto       |
| <b>Gastos directos</b>              |             |             |             |             |             |             |
| Papelería durante el proyecto       | \$ 120.00   | \$ 120.00   | \$ 120.00   | \$ 120.00   | \$ 120.00   | \$ 120.00   |
| Viaje a consultar al tutor          | \$ 400.00   | \$ 400.00   | \$ 400.00   | \$ 400.00   | \$ 400.00   | \$ 400.00   |
| Adquisición de normas mexicanas     |             |             | \$ 3,500.00 |             |             |             |
| Impresión de avances del proyecto   |             |             |             |             |             | \$ 6,000.00 |
| Presentación del proyecto terminado |             |             |             |             |             | \$ 3,000.00 |
| Impresión del proyecto terminado    |             |             |             |             |             | \$ 8,000.00 |
| <b>Gastos indirectos</b>            |             |             |             |             |             |             |
| Computadora personal                | \$ 450.00   | \$ 450.00   | \$ 450.00   | \$ 450.00   | \$ 450.00   | \$ 450.00   |
| Software                            | \$ 38.70    | \$ 38.70    | \$ 38.70    | \$ 38.70    | \$ 38.70    | \$ 38.70    |
| Traslados empleados a la facultad   | \$ 240.00   | \$ 240.00   | \$ 240.00   | \$ 240.00   | \$ 240.00   | \$ 240.00   |
| Alimentos durante la elaboración    | \$ 1,280.00 | \$ 1,280.00 | \$ 1,280.00 | \$ 1,280.00 | \$ 1,280.00 | \$ 1,280.00 |
| Luz, agua e internet                | \$ 853.33   | \$ 853.33   | \$ 853.33   | \$ 853.33   | \$ 853.33   | \$ 853.33   |
| subtotales                          | \$ 3,382.03 | \$ 3,382.03 | \$ 6,882.03 | \$ 3,382.03 | \$ 3,382.03 | \$20,382.03 |
| acumulados                          | \$ 3,382.03 | \$ 6,764.07 | \$13,646.10 | \$17,028.13 | \$20,410.17 | \$40,792.20 |

Fuente: Elaboración propia.

Es de esta manera, que se destaca el importe acumulado total por la cantidad de cuarenta mil setecientos noventa y dos pesos con veinte centavos (\$40,792.20).

## **6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1 Conclusiones y recomendaciones**

Primeramente se debe de hacer notar que las leyes y la reglamentación que existen en México, particularmente en materia ambiental, son influenciadas por las políticas globales y éstas a su vez han sido producto de investigaciones y de trabajos relacionados para mitigar las acciones que sean adversas al entorno humano. El ACV por medio del estudio de ICV presentado, da el resultado exacto y mejorable con iteraciones futuras, del comportamiento en las envolventes de los sistemas constructivos T1 y T2, en los cuales la utilización de cantidades diferentes de los insumos, presenta una variación del 12% en sus emisiones hasta el ciclo de vida evaluado.

Lo anterior significa que la envolvente del sistema constructivo T2, con el diseño alternativo propuesto por la DCM de la UAS, tiene mayores beneficios ambientales al compararla con el sistema T1 y es reflejado por consecuencia en una mejora social por tener menores emisiones durante las fases del CV estudiado.

Es decir, simplemente porque una edificación de las dos contempladas, emita menor cantidad de CO<sub>2</sub>eq, se beneficia el entorno ambiental y a su vez es reflejado en costos económicos, en definitiva al comparar la opción T1 versus la opción T2, la segunda se acerca a al termino sostenible.

En el caso de diferenciar la envolvente por el uso de los diferentes materiales, es una opción que debe reflejarse en la elaboración del proyecto, construcción y en la operación de las futuras edificaciones, tener en cuenta el ejercicio llevado a cabo en este proyecto de intervención por el uso de herramienta del ACV en su fase de ICV, es un opción a considerar, como una aportación para la construcción sostenible en las edificaciones analizadas.

Se recomienda que los órganos ejecutores de obra pública, principalmente de edificaciones educativas, deban tomar en cuenta la sostenibilidad en la infraestructura física futura, para que las acciones encaminadas a mejorar la

calidad de vida del país, vayan de la mano junto a las decisiones ambientales necesarias.

También corresponde a la Universidad Autónoma de Sinaloa, como centro generador de conocimiento y por su carácter de institución pública, social y cultural, mantener el cuidado del medio ambiente con la contribución que sea necesaria, apoyando un nuevo esquema de vida con visión sostenible, desde la proyección y ejecución de sus construcciones hasta la continuidad en favor de la vida de su infraestructura.

## **GLOSARIO**

- Análisis del ciclo de vida (ACV): Recopilación y evaluación de las entradas, resultados y los impactos ambientales potenciales de un sistema del producto durante su ciclo de vida.
- Análisis del inventario del ciclo de vida (ICV): Fase de un ACV que implica la recopilación y la cuantificación de entradas y resultados de un sistema del producto.
- Asignación: Distribución de los flujos de entrada o de salida de un proceso o un sistema del producto entre el sistema del producto bajo estudio y uno o más sistemas del producto diferentes.
- Aspecto ambiental: Elemento de actividades, productos o servicios de una organización que puede interactuar con el medio ambiente.
- Calidad de los datos: Características de los datos que se relaciona con su capacidad para satisfacer los requisitos establecidos.
- Carga ambiental: Se refiere a todas las emisiones a la atmósfera, a las aguas en contacto con el ciclo de vida del producto. Los efectos se reflejan vía una serie de fenómenos.
- Categoría de impacto: Clase que representa asuntos ambientales de interés a la cual se pueden asignar los resultados del inventario del ciclo de vida.
- Ciclo de vida (CV): Etapas consecutivas e interrelacionadas de un sistema de producto, desde la adquisición de la materia prima o de su generación a partir de recursos naturales hasta su disposición final.
- Confort: Se entiende por grado de confort en un espacio construido a la convergencia entre tres energías; lumínica, acústica y térmica, y las tres escalas que constituyen el llamado proceso perceptivo humano; percepción física, percepción fisiológica y percepción psicológica.

- Coproducto: Cualquier producto de entre dos o más productos provenientes del mismo proceso unitario o sistema del producto.
- Constructabilidad: Este término define la facilidad y eficiencia con las cuales se pueden construir las estructuras. Mientras más construible sea una estructura, su costo será menos incierto, trasladando a una etapa temprana lo que habitualmente es un imprevisto. Constructabilidad es en parte una reflexión de la calidad de los documentos de diseño; eso implica que si los documentos de diseño son difíciles de entender e interpretar, el proyecto será difícil de construir
- Criterios de corte: Especificación de la cantidad de flujo de materia o de energía o del nivel de importancia ambiental asociado a los procesos unitarios o al sistema del producto para su exclusión del estudio.
- Ecodiseño: La incorporación sistemática de aspectos medioambientales en el diseño de los productos, a objeto de reducir su eventual impacto negativo en el medio ambiente a lo largo de todo su ciclo de vida.
- Envolvente: Hace referencia a todos aquellos elementos que circundan una estructura, estos pueden ser: muros, pisos, techos, cancelerías, puertas y acabados.
- Entrada: Flujo de producto, de materia o de energía que entra en un proceso unitario.
- Evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV): Fase del ACV que tiene el objetivo de evaluar la magnitud y cuan significativos son los impactos ambientales de un sistema del producto a lo largo de todo su ciclo de vida.
- Factor de caracterización: Factor que surge de un modelo de caracterización, que se aplica para convertir el resultado del análisis de inventario del ciclo de vida asignado a la unidad común del indicador de categoría.
- Flujo de energía: Entrada o salida de un proceso unitario o un sistema del producto, expresada en unidades de energía.

- Flujo de referencia: Medida de las salidas de los procesos, en un sistema del producto determinado, requerida para cumplir la función expresada mediante la unidad funcional.
- Flujo elemental: Materia o energía que entra al sistema bajo estudio, que ha sido extraído del medio ambiente sin una transformación previa por el ser humano, o materia o energía que sale del sistema bajo estudio, que es liberado al medio ambiente sin una transformación posterior por el ser humano.
- Gases fluorados: Se les denomina de esta manera al grupo de gases de efecto invernadero que no existen en el medio ambiente de manera natural y estos han sido producidos por el hombre con fines industriales, como lo son los hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y el hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>)
- Interpretación del ciclo de vida: Fase del análisis de ciclo de vida dirigida a conocer y evaluar la magnitud y cuán significativos son los impactos ambientales potenciales de un sistema del producto a través de todo el ciclo de vida del producto.
- Límites del sistema: Conjunto de criterios que limitan los procesos unitarios que formarán parte de un sistema de producto.
- Materia prima: Materia primaria o secundaria que se utiliza para elaborar un producto. En esta investigación se utiliza la denominación material(es).
- Potencial de Calentamiento Global: se define como el efecto de calentamiento integrado a lo largo del tiempo que produce hoy una liberación instantánea de 1kg de un gas de efecto invernadero, en comparación con el causado por el CO<sub>2</sub>. De esta forma, se pueden tener en cuenta los efectos radiativos de cada gas, así como sus diferentes periodos de permanencia en la atmósfera.
- Producto: Cualquier bien o servicio.
- Recurso natural: Es aquel elemento o bien de la naturaleza que la sociedad, con su tecnología, es capaz de transformar para su propio beneficio.

- Residuo: Cualquier sustancia u objeto del cual su poseedor se desprende o tenga obligación de desprenderse en virtud de las disposiciones en vigor.
- Salida: Flujo del producto, de materia o de energía que sale de un proceso unitario.
- Sistema del producto: Conjunto de procesos unitarios que sirven de modelo para el ACV de un producto. -
- Unidad funcional: Unidad de referencia de un sistema de producto

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] IMNC/COTENNSAAM/SC 5, NMX-SAA-14040-IMNC-2008 Gestion Ambiental - Analisis de ciclo de vida- Requisitos y directrices, México, D.F.: Instituto Mexicano de Normalización y Certificación A.C, 2008, p. 23.
- [2] ISO/TC 207 SC 5, NMX-SAA-14044-IMNC-2008 Gestion Ambiental - Analisis de ciclo de vida- Requisitos y directrices, México: Instituto Mexicano de Normalización y Certificación A.C, 2008, p. 51.
- [3] Organizacion de las Naciones Unidas, «Department of Economic and Social Affairs,» 2015. [En línea]. [Último acceso: 22 06 2016].
- [4] R. E. Lucas, Lectures on Economic Growth, Cambridge: Harvard University, 2002, p. 109.
- [5] INEGI, «Cuentame,» Encuesta intercensal 2015, 2015. [En línea]. Available: <http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/habitantes.aspx?tema=P>. [Último acceso: 14 Febrero 2016].
- [6] INEGI, «Las Cuentas Económicas y Ecológicas de México,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/cn/ee/>. [Último acceso: 9 Febrero 2016].
- [7] J. R. García Chavez y V. Fuentes Freixanet, Arquitectura y medio ambiente en la ciudad de México, Primera ed., México: Sans Serif Editores S.A. de C.V., 2000.
- [8] Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos (SEMARNAT), «Primer Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas,» INECC-SEMARNAT, México, 2015.

- [9] A. C. Carvalho Filho, Análisis del ciclo de vida de productos derivados del cemento – Aportaciones al análisis de los inventarios del ciclo de vida del cemento, Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña, 2001, p. 317.
- [10] Travel By México SA CV, «Estados de México,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.travelbymexico.com/estados/sinaloa>. [Último acceso: 23 Septiembre 2016].
- [11] Universidad Autonoma de Sinaloa (UAS), «Unidades Academicas UAS,» 2014. [En línea]. Available: <http://web.uas.edu.mx/web/index.php?seccion=unidades-academicas>. [Último acceso: 29 Julio 2016].
- [12] INEGI, «Mapa digital de México,» Inventario Nacional DENUE, 2015. [En línea]. Available: <http://gaia.inegi.org.mx/>. [Último acceso: 23 Septiembre 2016].
- [13] E. Escalante Macin, «El Ramo 33 aportaciones federales para entidades federativas y municipios y avances en el federalismo,» *Crónica legislativa*, vol. 3, nº 12, p. 18, 12 Enero 2000.
- [14] SEP, «Secretaria de Educación Pública,» Subsecretaría de educación superior, 28 04 2015. [En línea]. Available: <http://pifi.sep.gob.mx/FAM.htm>. [Último acceso: 02 06 2016].
- [15] INIFED, «Instituto Nacional de Infraestructura Física Educativa,» INFE, 01 10 2015. [En línea]. Available: <http://www.inifed.gob.mx/index.php/inifed/antecedentes#.V3Gz9V76vcd>. [Último acceso: 02 06 2016].
- [16] Cámara de diputados del H. Congreso de la Unión, Ley de obras públicas y servicios relacionados con las misma, México: Diario Oficial de la Federación, 2016, p. 70.

- [17] Ihobe, Sociedad Pública de Gestión, «Ihobe,» Analisis de Ciclo de Vida y Huella de Carbono, 1 Noviembre 2009. [En línea]. Available: <http://www.ihobe.eus/Paginas/Ficha.aspx?IdMenu=c5e31d77-0bba-401c-9b9a-f10a42dac57e&Idioma=es-ES>. [Último acceso: 22 Mayo 2016].
- [18] Universidad Autonoma de Sinaloa (UAS), «Portal de transparencia UAS,» 2014. [En línea]. Available: <http://transparencia.uasnet.mx/index.cfm?seccion=2&subseccion=19>. [Último acceso: 27 Octubre 2016].
- [19] F. González Maza y G. J. Arista González, Análisis del ciclo de vida de materiales de construcción convencionales y alternativos., 2012.
- [20] J. Martínez Fernández, I. Laguna Monroy y K. Leal Hernandez, «Guía de metodologías y medidas de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero para la elaboración de Programas Estatales de Acción Climática,» INE, Mexico, 2011.
- [21] International Energy Agency, «Energy Technology Perspectives 2010. Scenarios & Strategies to 2050.,» de *Metodologia basada en ACV para la evaluacion de sostenibilidad de edificios*, Cataluña, Soregraph, 2013, p. 7.
- [22] M. Sanchez de Leon y N. Marti, «La envolvente como estartegia de diseño sostenible,» de *Fachadas: cerramientos de edifcios*, Barcelona, Cie Dossat 2000, 2011.
- [23] Brundtland Gro Harlem, «Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (informe Brundtland) (Nuestro futuro comun),» ONU, New York, 1987.
- [24] S. Dressner, *The Principles of Sustainability*, Londres: Earthscan publications LTD, 2002.
- [25] L. Colin O., «Deterioro ambiental versus desarrollo economico social,» de

*Desarrollo sostenible y economía ecológica*, Morelos, Sintesis, 2003, p. 33.

- [26] M. Buyle, J. Braet y A. Audenaert, «Life cycle assessment in the construction sector : A review,» *ELSEVIER*, vol. I, nº 26, pp. 379-388, 2013.
- [27] J. R. Chacon Vargas, «Historia ampliada y comentada del análisis de ciclo de vida (ACV),» de *Environmental effects of recycling paper*, vol. IX, New York, W. Kagha, 2008, p. 34.
- [28] F. Werner y R. W. Scholz, «Ambiguities in Decision-Oriented LifeCycle Inventories-The Role of Mental Models and Values,» vol. XXII, nº 163, 2002.
- [29] H. Bauman y A.-M. Tillman, «The Hitch Hiker's Guide to LCA,» 2004.
- [30] R. J. Reyes, «Estrategias de educacion ambiental para la sustentabilidad en Mexico,» Centro de estudios sociales y ecologicos a.c., Patzcuaro, 2006.
- [31] Centro de Analisis de Ciclo de Vida y Diseño Sustentable (CADIS), «Análisis de Ciclo de Vida de vasos desechables en México,» CADIS-ANIQ, Tlalnepantla, 2013.
- [32] Centro Mario Molina, «<http://centromariomolina.org/>,» 9 Enero 2013. [En línea]. Available: <http://centromariomolina.org/desarrollo-sustentable/analisis-de-ciclo-de-vida-edificaciones/>. [Último acceso: 15 07 2016].
- [33] G. Gómez-Azpeitia, P. A. Arena Granados y V. Arvizu Piña, «Análisis del ciclo de vida de la vivienda de interés social en México,» CONAVI-CONACYT, Colima, 2010.
- [34] M. L. P. Saldivar y W. Batty, «Thermal behaviour of adobe constructions,» vol. IXI, 2005.
- [35] D. C. Gamez García, J. M. Gómez Soberón, R. Corral Higuera y A. Rea, «Análisis comparativo de los impactos ambientales en sistemas envolventes de vivienda mediante el Análisis del Ciclo de Vida.,» *ELSEVIER*, Barcelona,

2015.

- [36] J. Augusto Barrera, «La Madera Laminada: Una Alternativa Estructural y Ambiental,» vol. XIX, 2012.
- [37] UNEP, «Energy and Cities, Sustainable Building and Construction,» United Nations Environment Programme – International Environmental Technology Center, Nairobi, 2003.
- [38] Legislatura, LXII, «Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos,» DOF (Diario Oficial de la Federación), Mexico, D.F., 2014.
- [39] A. Mercado y M. d. L. Blanco, «Las normas oficiales mexicanas ecológicas para la industria mexicana: alcances, exigencia y requerimientos de reforma,» vol. XII, Julio 29 2003.
- [40] CMIC, «Proyecto de reformas a la ley de obras publicas y servicios relacionados con las mimas,» CMIC, Mexico, D.F., 2013.
- [41] CÁMARA DE DIPUTADOS DEL H. CONGRESO DE LA UNIÓN, Ley General de Cambio Climatico, Mexico: Diario Oficial de la Federación, 2012.
- [42] D. G. Cordero, Desarrollo y aplicacion de las categorias de impacto ambiental de ruido y de uso de suelo en la metodolgia de analisis de ciclo de vida, Castellon: Universitat Jaume I, 2009, p. 287.
- [43] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), «Registro Nacional de Emisiones (RENE),» 2015. [En línea]. Available: <http://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/registro-nacional-de-emisiones-rene>. [Último acceso: 18 Octubre 2016].
- [44] Universidad Autonoma de Sinaloa (UAS), *Fachada arquitectinica tipo U3-C*, Culiacán, 2015.
- [45] B. Cárdenas, A. U., J. Munguía, C. Márquez y A. Campos, «Evaluación preliminar del impacto ambiental por la producción artesanal de ladrillo:

cambio climático, eficiencia energética y calidad del aire: segunda etapa,» Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa y el Instituto Nacional de Ecología, México, 2012.

- [46] Bioconsultores Asociados, «Operación y Mantenimiento de explotación del Banco de extracción de materiales pétreos denominado “Culiacancito” ubicado sobre la margen izquierda del Río Culiacán,» Culiacan, 2006.
- [47] A. Celia Martínez, L. Berdasco, L. González y S. Martínez, «Huella de carbono de un producto de madera de castaño (proyecto piloto en Asturias),» de *Gestión, conservación y puesta en valor de los servicios ambientales del monte mediterráneo*, Valencia, Plataforma Forestal Valenciana, 2001, p. 264.
- [48] M. . Y. Rafael Morales y A. Hernández Guzmán, «Manual de conducción técnica de vehículos automotores diesel,» Instituto Mexicano del Transporte, Queretaro, 2012.
- [49] CMIC, «Plan de manejo de residuos de la construcción y la demolición,» de *La generación de residuos sólidos de la construcción en el Distrito Federal*, México, Revista ingeniería Civil de CICM No. 325, 2003.
- [50] Comisión Federal de Electricidad, «Tarifas para el suministro y venta de energía eléctrica,» 2016. [En línea]. Available: [http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas\\_industria.asp](http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas_industria.asp). [Último acceso: 28 Octubre 2016].
- [51] T. M. Tamayo, *El proceso de la Investigación Científica*, México, D.F.: Limusa, 2014, p. 428.
- [52] F. G. Ortiz Uribe y M. d. P. García, *Metodología de la Investigación, el Proceso y sus Técnicas*, México D.F.: Limusa, 2014, p. 180.
- [53] R. Siles, *Guía de Gestión de Proyectos para Resultados PM4R*, México D.F.: BID-INDES, 2012, p. 147.



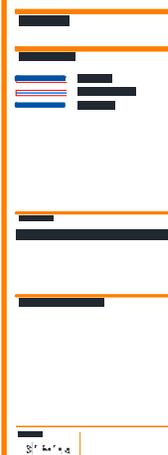
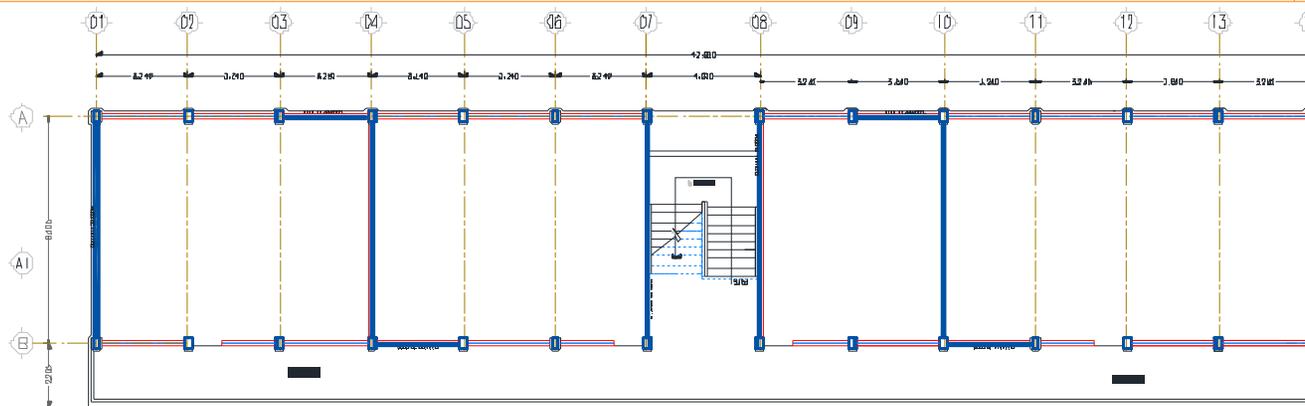
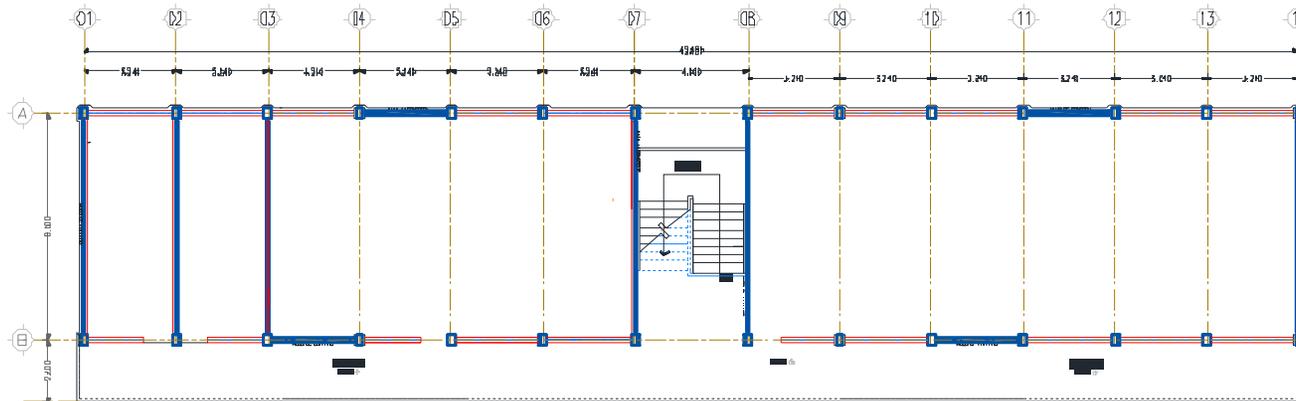
# ANEXOS

Anexo 1, Planos tipo de un edificio U3-C.



Министарство образовања и науке Републике Србије

РЕПУБЛИКА СРБИЈА  
ПРОЈЕКАТ НАСТАВНИК







Anexo 2, Acuerdo que establece los gases o compuestos de efecto invernadero que se agrupan para efectos de reporte de emisiones, así como sus potenciales de calentamiento.

**DOF: 14/08/2015**

ACUERDO que establece los gases o compuestos de efecto invernadero que se agrupan para efectos de reporte de emisiones, así como sus potenciales de calentamiento

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

JUAN JOSÉ GUERRA ABUD, Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales con fundamento en los artículos 32 Bis, fracción XLII, de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 87, segundo párrafo y fracciones I y II de la Ley General de Cambio Climático; 5 y 8, fracciones II y III del Reglamento de la Ley General de Cambio Climático en Materia del Registro Nacional de Emisiones; 5, fracción XXV del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, y

#### CONSIDERANDO

Que la Ley General de Cambio Climático establece en el artículo 87 que la Secretaría integrará el Registro de emisiones generadas por las fuentes fijas y móviles de emisiones que se identifiquen como sujetas a reporte, respecto de los gases o compuestos de efecto invernadero y conforme a las metodologías para el cálculo respectivo, en los términos que establezcan las disposiciones reglamentarias correspondientes;

Que el Reglamento de la Ley General de Cambio Climático en materia del Registro Nacional de Emisiones, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28 de octubre de 2014, señala en su artículo 5, que la Secretaría deberá, mediante Acuerdo publicado en el Diario Oficial de la Federación, determinar los Gases o Compuestos de Efecto Invernadero específicos que se agrupen en los rubros señalados en las fracciones I a XII de dicho artículo, así como las mezclas de los mismos que estarán sujetas a reporte, señalando en todos los casos la fórmula química correspondiente o cualquier otra información técnica que facilite su identificación. En el mismo reglamento, en el artículo 8, la Secretaría también deberá establecer el Potencial de Calentamiento Global que se deberá considerar de las Emisiones en el cálculo equivalentes para aquellos Gases o Compuestos de Efecto Invernadero distintos al bióxido de carbono.

Para consolidar el Registro Nacional de Emisiones, es necesario establecer los elementos y características que se deberán contemplar en las estimaciones de los Gases o Compuestos de Efecto Invernadero, para llevar a cabo su seguimiento y verificación.

Que con base en lo anterior, se expide el siguiente:

#### ACUERDO QUE ESTABLECE LOS GASES O COMPUESTOS DE EFECTO INVERNADERO QUE SE AGRUPAN PARA EFECTOS DE REPORTE DE EMISIONES, ASÍ COMO SUS POTENCIALES DE CALENTAMIENTO

**ARTÍCULO PRIMERO.-** Para efectos de este Acuerdo se entenderá por:

- I. **ASHRAE:** Sociedad Americana de Aire Acondicionado, Refrigeración y Calefacción, o bien, American Society of Heating and Ventilating Engineers (por sus siglas en inglés);
- II. **Carbono Negro:** Especie de carbono definida operacionalmente con base en la medida de absorción de luz y reactividad química y/o estabilidad térmica. El Carbono Negro está formado en su mayoría por la combustión incompleta de combustibles fósiles, biocombustibles o biomasa. Es el componente más fuerte de absorción de luz del material particulado (PM) y tiene un efecto de calentamiento por absorción de calor en la atmósfera y la reducción del albedo cuando se deposita en el hielo o la nieve. Está compuesto por hollín, carbón vegetal y/o posible materia orgánica refractaria capaz de absorber luz. Permanece en la atmósfera sólo por días o semanas. Se refiere, en ocasiones, al hollín o humo negro.
- III. **CAS:** Servicio de Resúmenes Químicos de la Sociedad Americana de Química, o bien, *Chemical Abstracts Service* (por sus siglas en inglés);
- IV. **Clave ASHRAE:** Clave que identifica a los refrigerantes con números y letras, a la vez que los clasifica según su nivel de seguridad, o bien American Society of Heating, Refrigerating & Air-Conditioning Engineers (por sus siglas en inglés);
- V. **Clorofluorocarbonos (CFC):** Son compuestos orgánicos que contienen cloro, carbono, hidrógeno y flúor y son usados en la refrigeración, aire acondicionado y como propelentes, y disolventes;
- VI. **Éteres halogenados:** Compuestos orgánicos pertenecientes al grupo éter, donde uno o más de sus átomos de hidrógenos han sido sustituidos por halógenos.
- VII. **Halocarbonos:** Son compuestos formados por carbono y halógenos como bromo y flúor, utilizados para el control de fuegos e incendios;
- VIII. **Hidroclorofluorocarbonos (HCFC):** Compuestos que contienen solamente átomos de hidrógeno, cloro, flúor y carbono. Puesto que los HCFC contienen cloro, contribuyen al agotamiento de la capa de ozono.
- IX. **Hidrofluorocarbonos (HFC):** Son un grupo de compuestos químicos que incluye alcanos, tales como metano o etano, con uno o más halógenos, tales como cloro o flúor. Se producen de manera comercial como sustitutos de los clorofluorocarbonos (CFC). Los HFC se utilizan sobre todo en refrigeración y fabricación de semiconductores;

- X. **Metano (CH<sub>4</sub>):** Uno de los seis gases de efecto invernadero (GEI) a mitigarse en virtud del Protocolo de Kioto. Es el alcano más simple y el componente principal del gas natural. Está asociado a todos los hidrocarburos utilizados como combustibles, a la ganadería y a la agricultura.
- XI. **Mezclas:** Combinación fija de refrigerantes conforme a especificaciones ASRHAE;
- XII. **Número CAS:** Identificador numérico permanente que otorga la CAS a cada sustancia química descrita en la literatura científica;
- XIII. **Óxido nítrico (N<sub>2</sub>O):** Uno de los seis gases de efecto invernadero en virtud del Protocolo de Kioto. La principal fuente antropogénica de N<sub>2</sub>O es la agricultura (gestión del suelo y el estiércol animal), el tratamiento de aguas residuales, la combustión de combustibles fósiles, y los procesos industriales químicos.
- XIV. **Perfluorocarbonos (PFC):** Son una familia de compuestos derivado de un hidrocarburo donde los átomos de hidrógeno han sido reemplazados por átomos de flúor. Son subproductos de la fundición del aluminio y del enriquecimiento del uranio. También sustituyen a los CFC en la fabricación de semiconductores;
- XV. **Secretaría.** La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

**ARTÍCULO SEGUNDO.-** Los Gases o Compuestos de Efecto Invernadero, así como las mezclas de los mismos según su fórmula química correspondiente con el Número CAS o Clave ASHRAE, que estarán sujetas a reporte específicos deberán agruparse dentro de las siguientes familias químicas:

**I. Clorofluorocarbonos**

- a) Triclorofluorometano (CCl<sub>3</sub>F): CAS 75-69-4; ASHRAE R-11
- b) Diclorodifluorometano (CCl<sub>2</sub>F<sub>2</sub>): CAS 75-71-8; ASHRAE R-12
- c) Clotri fluorometano (CClF<sub>3</sub>): CAS 75-72-9; ASHRAE R-13
- d) 1, 1,2-tricloro-1,2,2-trifluoroetano (CCl<sub>2</sub>FCClF<sub>2</sub>): CAS 76-13-1; ASHRAE R-113
- e) 1,2-dicloro-1, 1,2,2-tetrafluoroetano (CClF<sub>2</sub>CClF<sub>2</sub>): CAS 76-14-2; ASHRAE R-114
- f) Cloropentafluoroetano (CClF<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>): CAS 76-15-3; ASHRAE R-115

**II. Halocarbonos**

- a) Bromoclorodifluorometano (CBrClF<sub>2</sub>): CAS 353-59-3; ASHRAE Halon-1211
- b) 1,1,1-trifluoro-2-bromoetano (CH<sub>2</sub>BrCF<sub>3</sub>): CAS 421-06-7; ASHRAE Halon-2301

**III. Hidroclorofluorocarbonos**

- a) Clorodifluorometano (CHClF<sub>2</sub>): CAS 75-45-6; ASHRAE R-22
- b) 2,2-dicloro-1, 1, 1-trifluoroetano (CHCl<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>): CAS 306-83-2; ASHRAE R-123
- c) 2-cloro-1, 1, 1,2-tetrafluoroetano (CHClFCF<sub>3</sub>): CAS 2837-89-0; ASHRAE R-124
- d) 1,1-cloro-fluoroetano (CH<sub>3</sub>CCl<sub>2</sub>F): CAS 1717-00-6; ASHRAE R-141 b
- e) 1-cloro-1,1-difluoroetano (CH<sub>3</sub>CClF<sub>2</sub>): CAS 75-68-3; ASHRAE R-142b
- f) 3,3-dicloro-1, 1, 1,2,2-pentafluoropropano (CHCl<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>): CAS 422-56-0; ASHRAE R-225ca
- g) 1,3-dicloro-1,1,2,2,3-pentafluoropropano (CHClFCF<sub>2</sub>CClF<sub>2</sub>): CAS 507-55-1; ASHRAE R-225cb

**IV. Hidrofluorocarbonos**

- a) Trifluorometano (CHF<sub>3</sub>): CAS 75-46-7; ASHRAE R-23
- b) Difluorometano (CH<sub>2</sub>F<sub>2</sub>): CAS 75-10-5; ASHRAE R-32
- c) Fluorometano (CH<sub>3</sub>F): CAS 593-53-3; ASHRAE R-41
- d) Pentafluoroetano (CHF<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>): CAS 354-33-6; ASH RAE R-125
- e) 1, 1,2,2-Tetrafluoroetano (CHF<sub>2</sub>CHF<sub>2</sub>): CAS 359-35-3; ASHRAE R-134
- f) 1,1,1,2-Tetrafluoroetano (CH<sub>2</sub>FCF<sub>3</sub>): CAS 811-97-2; ASHRAE R-134a
- g) 1,1,2-Trifluoroetano (CH<sub>2</sub>FCHF<sub>2</sub>): CAS 430-66-0; ASHRAE R-143
- h) 1,1,1-Trifluoroetano (CH<sub>3</sub>CF<sub>3</sub>): CAS 420-46-2; ASHRAE R-143a
- i) 1,2-Difluoroetano (CH<sub>2</sub>FCH<sub>2</sub>F): CAS 624-72-6; ASHRAE R-152
- j) 1, 1-Difluoroetano (CH<sub>3</sub>CHF<sub>2</sub>): CAS 75-37-6; ASHRAE R-152a
- k) 1,1,1,2,3,3,3-Heptafluoropropano (CF<sub>3</sub>CHF<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>): CAS 431-89-0; ASHRAE R-227ea
- l) 1, 1, 1,3,3,3-Hexafluoropropano (CF<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>): CAS 690-39-1; ASHRAE R-236fa
- m) 1,1,2,2,3-Pentafluoropropano (CH<sub>2</sub>FCF<sub>2</sub>CHF<sub>2</sub>): CAS 679-86-7; ASHRAE R-245ca
- n) 1, 1, 1,3,3-Pentafluoropropano (CHF<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>): CAS 460-73-1; ASHRAE R-245fa
- o) 1, 1, 1,3,3-Pentafluorobutano (CH<sub>3</sub>CF<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>): CAS 406-58-6; ASHRAE R-365mfc

- p) 1, 1, 1,2,2,3,4,5,5,5-decafluoropentano (CF<sub>3</sub>CHFCHFCF<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>): GAS 193487-54-6; ASHRAE R-43-1 O mee

#### V. Perfluorocarbonos

- a) Trifluoruro de nitrógeno (NF<sub>3</sub>): GAS 7783-54-2  
 b) Hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>): GAS 2551-62-4  
 c) Tetrafluorometano (CF<sub>4</sub>): GAS 75-73-0; ASHRAE R-14  
 d) Hexafluoroetano (C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>): GAS 76-16-4; ASHRAE R-116  
 e) Octafluoropropano (C<sub>3</sub>F<sub>8</sub>): GAS 76-19-7; ASHRAE R-218  
 f) Octafluorociclobutano (Perfluorociclobutano) (c-C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>): CAS 115-25-3; ASHRAE R-318  
 g) Decafluorobutano (Perfluorobutano) (C<sub>4</sub>F<sub>10</sub>): GAS 355-25-9; ASHRAE R-3-1-10  
 h) Dodecafluoropentano (Perfluoropentano) (n-C<sub>5</sub>F<sub>12</sub>): GAS 678-26-2; ASH RAE R-4-1-12  
 i) Tetradecafluorohexano (Perfluorohexano) (n-C<sub>6</sub>F<sub>14</sub>): CAS 355-42-0; ASHRAE R-5-1-14

#### VI. Mezclas

| Gas     | Composición de la mezcla (porcentaje base masa)                  |
|---------|--|
| R-401A  | 53.0% R-22 / 13.0% R-152 <sup>a</sup> / 34.0% R-124              |
| R-401B  | 61.0% R-22/11.0% R-152 <sup>a</sup> / 28.0% R-124                |
| R-402A  | 60.0% R-125 / 2.0% R-290/ 38.0% R-22                             |
| R-4028  | 38.0% R-125 / 2.0% R-290 / 60.0%/ R-22                           |
| R-403A  | 5.0% R-290 /75.0% R-22 /20.0% R-218                              |
| R-404A  | 44.0% R-125 / 52.0% R-143 <sup>a</sup> / 4.0% R-134 <sup>a</sup> |
| R-407A  | 20.0% R-32   40.0% R-125 / 40.0% R-134 <sup>a</sup>              |
| R-407C  | 23.0% R-32   25.0% R-125 / 52.0% R-134 <sup>a</sup>              |
| R-408A  | 7.0% R-125 /46.0% R-143 <sup>a</sup> /47.0% R-22                 |
| R-410A  | 50.0% R-32 / 50.0% R-125   |
| R-41 OB | 45.0% R-32 / 55.0% R-125   |
| R-411 B | 3.0% R-1270 / 94.0% R-22 / 3.0% R-152 <sup>a</sup>               |
| R-500   | 73.8% R-12 / 26.2% R-152 <sup>a</sup>                            |
| R-502   | 48.8% R-22 /51.2% R-115  |
| R-503   | 40.1 % R-23 / 49.9% R-13   |
| R-504   | 48.2% R-32 /51.8% R-115  |
| R-507A  | 50.0% R-125 / 50.0% R-143 <sup>a</sup>                           |
| R-508A  | 39.0% R-23 /61.0% R-116  |
| R-5088  | 46.0% R-23 / 54.0% R-116   |

#### VII. Éteres halogenados

- a) HFE125; Pentafluorodimetil éter; (CHF<sub>2</sub>OCHF<sub>3</sub>): GAS 3822682M  
 b) HFE134; 1,1,3,3-Tetrafluorodimeil éter; (CHF<sub>2</sub>OCHF<sub>2</sub>): CAS1691174  
 c) HFE143a; Trifluorometil metil éter; (CH<sub>3</sub>OCHF<sub>3</sub>): GAS 421147  
 d) HFE227ea; 1,2,2,2-Tetrafluoroetil trifluorometil éter; (CF<sub>3</sub>CHFOCF<sub>3</sub>): GAS 2356629  
 e) HFE236ca12 (HG10); Bis(difluorometoxi)difluorometano; (CHF<sub>2</sub>OCHF<sub>2</sub>OCHF<sub>2</sub>): GAS 78522471  
 f) HFE236ea2; 1,2,2,2-Tetrafluoroetil difluorometil éter; (CHF<sub>2</sub>OCHF<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>): GAS 57041675  
 g) HFE236fa; 2,2,2-Trifluoroetil trifluorometil éter; (CF<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OCHF<sub>3</sub>): GAS 20193673  
 h) HFE245cb2; Pentafluoroetil metil éter; (CH<sub>3</sub>OCHF<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>): CAS 22410442

- i) HFE245fa1; 2,2-Difluoroetil trifluorometil éter; (CHF<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCF<sub>3</sub>): CAS 84011154
  - j) HFE245fa2; Difluorometil 2,2,2-trifluoroetil éter; (CHF<sub>2</sub>OC<sub>2</sub>H<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>): CAS 1885489
  - k) HFE263fb1; 2,2,2-Trifluoroetil metil éter; (CF<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OC<sub>2</sub>H<sub>3</sub>): CAS 460435
  - l) HFE329mcc2; Pentafluoroetil 1,1,2,2-tetrafluoroetil éter; (CF<sub>3</sub>CF<sub>2</sub>OC<sub>2</sub>H<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>): CAS 67490362
  - m) HFE338mcf2; Pentafluoroetil 2,2,2-trifluoroetil éter; (CF<sub>3</sub>CF<sub>2</sub>OC<sub>2</sub>H<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>): CAS 156053882
  
  - n) HFE347mcc3; Heptafluoropropil metil éter; (CH<sub>3</sub>OC<sub>2</sub>H<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>): CAS 28523866
  - o) HFE347mcf2; Pentafluoroetil 2,2-difluoroetil éter; (CF<sub>3</sub>CF<sub>2</sub>OC<sub>2</sub>H<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>): CAS 171182-95-9
  - p) HFE347pcf2; 1,1,2,2-Tetrafluoroetil 2,2,2-trifluoroetil éter; (CHF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>OC<sub>2</sub>H<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>): CAS 406780
  - q) HFE356mec3; 1,1,2,3,3,3-Hexafluoropropil metil éter; (CH<sub>3</sub>OC<sub>2</sub>H<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>): CAS 382343
  - r) HFE356pcc3; 1,1,2,2,3,3-Hexafluoropropil metil éter; (CH<sub>3</sub>OC<sub>2</sub>H<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>): CAS 160620202
  - s) HFE356pcf2; 2,2-difluoroetil 1,1,2,2-tetrafluoroetil éter; (CHF<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OC<sub>2</sub>H<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>): CAS 50807-77-7
  - t) HFE356pcf3; 2,2,3,3-Tetrafluoropropil difluorometil éter; (CHF<sub>2</sub>OC<sub>2</sub>H<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>): CAS 35042990
  - u) HFE374pc2; Etil 1,1,2,2-tetrafluoroetil éter; (CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OC<sub>2</sub>H<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>): CAS 512516
  - v) HFE449s1 (HFE7100); Nonafluorobutil metil éter; (C<sub>4</sub>F<sub>9</sub>OC<sub>2</sub>H<sub>3</sub>): CAS 163702076
  - w) HFE569sf2 (HFE7200); Nonafluorobutil etil éter; (C<sub>4</sub>F<sub>9</sub>OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>): CAS 163702054
  - x) HFE338mmz1; 1,1,1,3,3,3-hexafluoroisopropil difluorometil éter; (CHF<sub>2</sub>OC<sub>2</sub>H(CF<sub>3</sub>)<sub>2</sub>): CAS 26103082
  - y) HFE347mmy1; Heptafluoroisopropil metil éter; (CH<sub>3</sub>OC<sub>2</sub>H(CF<sub>3</sub>)<sub>2</sub>): CAS 22052
- ARTÍCULO TERCERO.-** El Potencial de Calentamiento Global que se deberá considerar en el cálculo de las Emisiones equivalentes para aquellos Gases o Compuestos de Efecto Invernadero distintos al bióxido de carbono, se establecen como siguen:
- I. Clorofluorocarbonos
    - a) Triclorofluorometano (CCl<sub>3</sub>F): 4,660
    - b) Diclorodifluorometano (CCl<sub>2</sub>F<sub>2</sub>): 10,200
    - c) Clotrifluorometano (CClF<sub>3</sub>): 13,900
    - d) 1,1,2-tricloro-1,2,2-trifluoroetano (CCl<sub>2</sub>FC<sub>2</sub>ClF<sub>2</sub>): 5,820
    - e) 1,2-dicloro-1,1,2,2-tetrafluoroetano (CClF<sub>2</sub>CClF<sub>2</sub>): 8,590
    - f) Cloropentafluoroetano (CClF<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>): 7,670
  - II. Halocarbonos
    - a) Bromoclorodifluorometano (CBrClF<sub>2</sub>): 1,750
    - b) 1,1,1-trifluoro-2-bromoetano (CH<sub>2</sub>BrCF<sub>3</sub>): 173
  - III. Hidroclorofluorocarbonos
    - a) Clorodifluorometano (CHClF<sub>2</sub>): 1,760
    - b) 2,2-dicloro-1,1,1-trifluoroetano (CHCl<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>): 79
    - c) 2-cloro-1,1,1,2-tetrafluoroetano (CHClCF<sub>3</sub>): 527
    - d) 1,1-cloro-fluoroetano (CH<sub>3</sub>CClF<sub>2</sub>): 782
    - e) 1-cloro-1,1-difluoroetano (CH<sub>3</sub>CClF<sub>2</sub>): 1,980
    - f) 3,3-dicloro-1,1,1,2,2-pentafluoropropano (CHCl<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>): 127
    - g) 1,3-dicloro-1,1,2,2,3-pentafluoropropano (CHClCF<sub>2</sub>CClF<sub>2</sub>): 525
  - IV. Hidrofluorocarbonos
    - a) Trifluorometano (CHF<sub>3</sub>): 12,400
    - b) Difluorometano (CH<sub>2</sub>F<sub>2</sub>): 677
    - c) Fluorometano (CH<sub>3</sub>F): 116
    - d) Pentafluoroetano (CHF<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>): 3,170
    - e) 1,1,2,2-Tetrafluoroetano (CHF<sub>2</sub>CHF<sub>2</sub>): 1,120

- f) 1, 1, 1,2-Tetrafluoroetano (CH<sub>2</sub>FCF<sub>3</sub>): 1,300
- g) 1,1,2-Trifluoroetano (CH<sub>2</sub>FCHF<sub>2</sub>): 328
- h) 1,1,1-Trifluoroetano (CH<sub>3</sub>CF<sub>3</sub>): 4,800
- i) 1,2-Difluoroetano (CH<sub>2</sub>FCH<sub>2</sub>F): 16
- j) 1,1-Difluoroetano (CH<sub>3</sub>CHF<sub>2</sub>): 138
- k) 1,1,1,2,3,3,3-Heptafluoropropano (CF<sub>3</sub>CHFCF<sub>3</sub>): 3,350
- l) 1, 1, 1,3,3,3-Hexafluoropropano (CF<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>): 8,060
- m) 1, 1,2,2,3-Pentafluoropropano (CH<sub>2</sub>FCF<sub>2</sub>CHF<sub>2</sub>): 716
- n) 1, 1, 1,3,3-Pentafluoropropano (CHF<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>): 858
- o) 1, 1, 1,3,3-Pentafluorobutano (CH<sub>3</sub>CF<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>): 804
- p) 1,1,1,2,2,3,4,5,5,5-decafluoropentano (CF<sub>3</sub>CHFCHFCF<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>): 1,650

#### V. Perfluorocarbonos

- a) Trifluoruro de nitrógeno (NF<sub>3</sub>): 16, 100
- b) Hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>): 23,500
- c) Tetrafluorometano (CF<sub>4</sub>): 6,630
- d) Hexafluoroetano (C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>): 11, 100
- e) Octafluoropropano (C<sub>3</sub>F<sub>8</sub>): 8,900
- f) Octafluorociclobutano (Perfluorociclobutano) (c-C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>): 9,540
- g) Decafluorobutano (Perfluorobutano) (C<sub>4</sub>F<sub>10</sub>): 9,200
- h) Dodecafluoropentano (Perfluoropentano) (n-C<sub>5</sub>F<sub>12</sub>): 8,550
- i) Tetradecafluorohexano (Perfluorohexano) (n-C<sub>6</sub>F<sub>14</sub>): 7,910

#### VI. Mezclas

Para el caso de mezclas, toda vez que el fabricante puede dar variantes a la composición de la misma dentro de las tolerancias dadas por ASHRAE, no se utilizará un potencial de calentamiento global de la mezcla; se aplicará la fracción másica del componente conforme la fracción VI del Artículo Segundo del presente acuerdo, o conforme la hoja de especificaciones del fabricante; y el usuario determinará el potencial de calentamiento correspondiente solamente para los compuestos señalados en el presente acuerdo, sin considerar otros gases que contenga la mezcla.

#### VII. Metano (CH<sub>4</sub>): 28

#### VIII. Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O): 265

#### IX. Carbono Negro (CN): 900

#### X. Éteres halogenados

- a) HFE125; Pentafluorodimetil éter; (CHF<sub>2</sub>OCHF<sub>3</sub>): 12,400
- b) HFE134; 1,1,3,3-Tetrafluorodimetil éter; (CHF<sub>2</sub>OCHF<sub>2</sub>): 5,560
- c) HFE143a; Trifluorometil metil éter; (CH<sub>3</sub>OCHF<sub>3</sub>): 523
- d) HFE227ea; 1,2,2,2-Tetrafluoroetil trifluorometil éter; (CF<sub>3</sub>CHFOCHF<sub>3</sub>): 6,450
- e) HFE236ca 12 (HG10); Bis(difluorometoxi)difluorometano; (CHF<sub>2</sub>OCHF<sub>2</sub>OCHF<sub>2</sub>): 4,240
- f) HFE236ea2; 1,2,2,2-Tetrafluoroetil difluorometil éter; (CHF<sub>2</sub>OCHF<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>): 1,790
- g) HFE236fa; 2,2,2-Trifluoroetil trifluorometil éter; (CF<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OCHF<sub>3</sub>): 979
- h) HFE245cb2 Pentafluoroetil metil éter; (CH<sub>3</sub>OCHF<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>): 654
- i) HFE245fa1; 2,2-Difluoroetil trifluorometil éter; (CHF<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCHF<sub>3</sub>): 828
- j) HFE245fa2 Difluorometil 2,2,2-trifluoroetil éter; (CHF<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>): 812
- k) HFE263fb1; 2,2,2-Trifluoroetil metil éter; (CF<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OCH<sub>3</sub>): 1
- l) HFE329mcc2 Pentafluoroetil 1,1,2,2-tetrafluoroetil éter; (CF<sub>3</sub>CF<sub>2</sub>OCHF<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>): 3,070
- m) HFE338mcf2; Pentafluoroetil 2,2,2-trifluoroetil éter; (CF<sub>3</sub>CF<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>): 929
- n) HFE347mcc3; Heptafluoropropil metil éter; (CH<sub>3</sub>OCHF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>): 530

- o) HFE347mcf2; Pentafluoroetil 2,2-difluoroetil éter; (CF<sub>3</sub>CF<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CHF<sub>2</sub>): 854
- p) HFE347pcf2; 1,1,2,2-Tetrafluoroetil 2,2,2-trifluoroetil éter; (CHF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>): 889
- q) HFE356mec3; 1,1,2,3,3,3-Hexafluoropropil metil éter; (CH<sub>3</sub>OCF<sub>2</sub>CHF<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>): 387
- r) HFE356pcc3; 1, 1,2,2,3,3-Hexafluoropropil metil éter; (CH<sub>3</sub>OCF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CHF<sub>2</sub>): 413
- s) HFE356pcf2; 2,2-difluoroetil 1, 1,2,2-tetrafluoroetil éter; (CHF<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CHF<sub>2</sub>): 719
- t) HFE356pcf3; 2,2,3,3-Tetrafluoropropil difluorometil éter; (CHF<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CHF<sub>2</sub>): 446
- u) HFE374pc2; Etil 1,1,2,2-tetrafluoroetil éter; (CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OCF<sub>2</sub>CHF<sub>2</sub>): 627
- v) HFE449s1; Nonafluorobutil metil éter; (HFE7100) (C<sub>4</sub>F<sub>9</sub>OC<sub>2</sub>H<sub>3</sub>): 421
- w) HFE569sf2; Nonafluorobutil etil éter; (HFE7200) (C<sub>4</sub>F<sub>9</sub>OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>): 57
- x) HFE338mmz1; 1, 1, 1,3,3,3-hexafluoroisopropil difluorometil éter; (CHF<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>(CF<sub>3</sub>)<sub>2</sub>): 2,620
- y) HFE347mmy1; Heptafluoroisopropil metil éter; (CH<sub>3</sub>OCF<sub>2</sub>(CF<sub>3</sub>)<sub>2</sub>): 363

#### TRANSITORIOS

**PRIMERO.** El presente Acuerdo entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación. México, D.F., a veintisiete días del mes de julio de dos mil quince.- El Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales,

**Juan José Guerra Abud.**- Rúbrica

Anexo 3, Listado de insumos empleados en los sistemas constructivos T1 y T2, obtenidos por la utilización de las cantidades de obra ejecutada de la envolvente vertical.



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA

## DIRECCIÓN DE CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO

| DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS:   |  |        |              |   |               |       |   |           |       |  |       |       |
|--|--|--------|--------------|---|---------------|-------|---|-----------|-------|--|-------|-------|
| Listado de insumos obtenidos de los conceptos de obra relativos a la envolvente vertical, edificio U3-C, sistema constructivo T1 |  |        |              |   |               |       |   |           |       |  |       |       |
| Insumo   | Familia<br>Agrupación<br>de los<br>insumos | Unidad | Cantidad     | Criterio respecto al costo económico en pesos |               |       | Criterio respecto al peso en kilogramos |           |       | Criterio respecto al volumen en metros cúbicos |       |       |
|  |  |        |              | Costo unitario                                | Importe       | %     | Peso unitario                           | Total     | %     | Volumen unitario                               | Total | %     |
| Varilla de refuerzo corrugado #3 de 3/8", (0.557 kg/ml, siendo 150 pzas x tonelada)  | Acero, industria siderúrgica               | KG     | 10,505.64672 | \$ 11.20                                      | \$ 117,664.29 | 6.49% | 1.00                                    | 10,505.65 | 3.04% | 0.0001   | 0.74  | 0.23% |
| Varilla de refuerzo corrugado #8 de 1", ( 3.975 kg/ml )  |  | KG     | 6,165.22027  | \$ 11.20                                      | \$ 69,053.55  | 3.81% | 1.00                                    | 6,165.22  | 1.78% | 0.0005   | 3.14  | 0.99% |
| Varilla de refuerzo corrugado #6 de 3/4", ( 2.250 kg/ml )  |  | KG     | 5,664.09672  | \$ 11.20                                      | \$ 63,439.58  | 3.50% | 1.00                                    | 5,664.10  | 1.64% | 0.0003   | 1.64  | 0.52% |

| Insumo   | Familia | Unidad | Cantidad    | Criterio respecto al costo económico en pesos |              |       | Criterio respecto al peso en kilogramos |          |       |
|--|---------|--------|-------------|---|--------------|-------|---|----------|-------|
|  |         |        |             | Costo unitario                                | Importe      | %     | Peso unitario                           | Total    | %     |
| Cuadrado de 1/2" (a razón de 1.265 kg/ml)  |         | ML     | 2,509.35000 | \$ 21.40                                      | \$ 53,700.59 | 2.96% | 1.27                                    | 3,174.33 | 0.92% |
| Perfil metálico ptr de 2" ( perfil ) calibre verde equivalente a 1/8"                            |         | ML     | 608.16000   | \$ 83.70                                      | \$ 50,904.51 | 2.81% | 4.54                                    | 2,761.05 | 0.80% |
| Alambre recocido #18   |         | KG     | 1,505.02564 | \$ 14.00                                      | \$ 21,075.48 | 1.16% | 1                                       | 1,505.03 | 0.44% |
| Perfil metálico ptr de 1" (perfil 109), calibre 14, ( a razón de 1.46 kg/ml )                    |         | ML     | 677.16000   | \$ 26.40                                      | \$ 17,877.50 | 0.99% | 1.46                                    | 988.65   | 0.29% |
| Perfil 149 3x8', tablero de lámina acanalada para puerta cal. 20                                 |         | PZA    | 54.00000    | \$ 330.54                                     | \$ 17,849.08 | 0.99% | 20.4                                    | 1,101.60 | 0.32% |
| Perfil metálico ptr de 3" ( perfil ) calibre rojo equivalente a 3/16", ( a razón de 10.20kg/ml ) |         | ML     | 73.50000    | \$ 185.61                                     | \$ 13,642.01 | 0.75% | 10.2                                    | 749.70   | 0.22% |
| Perfil ceja o caja para contramarco de puerta (perfil 168 de 1 1/2" x 2 1/2" cal. 20)            |         | ML     | 327.00000   | \$ 35.80                                      | \$ 11,707.38 | 0.65% | 1.78                                    | 582.06   | 0.17% |
| Varilla de refuerzo corrugado #4 de 1/2", (0.996 kg/ml, siendo 84 varillas x tonelada)           |         | KG     | 699.80160   | \$ 11.20                                      | \$ 7,837.85  | 0.43% | 1                                       | 699.80   | 0.20% |

| Insumo   | Familia | Unidad | Cantidad  | Criterio respecto al costo económico en pesos |                      |               | Criterio respecto al peso en kilogramos |                  |               |
|--|---------|--------|-----------|---|----------------------|---------------|---|------------------|---------------|
|  |         |        |           | Costo unitario                                | Importe              | %             | Peso unitario                           | Total            | %             |
| Canaleta de 28 cms de desarrollo en lamina cal.18 incluye: doblez de lamina en frio, corte |         | ML     | 79.20000  | \$ 95.00                                      | \$ 7,524.08          | 0.42%         | 6                                       | 475.20           | 0.14%         |
| Perfil metálico 167, marco ancho para puerta   |         | ML     | 216.00000 | \$ 29.80                                      | \$ 6,437.66          | 0.36%         | 2.65                                    | 572.40           | 0.17%         |
| Clavos   |         | KG     | 284.78608 | \$ 20.03                                      | \$ 5,702.84          | 0.31%         | 1                                       | 284.79           | 0.08%         |
| Alambrón de 1/4"   |         | KG     | 363.08736 | \$ 15.51                                      | \$ 5,632.68          | 0.31%         | 1                                       | 363.09           | 0.11%         |
| Soldadura 6011 de 1/8", infra  |         | KG     | 102.18737 | \$ 40.00                                      | \$ 4,087.60          | 0.23%         | 1                                       | 102.19           | 0.03%         |
| Disco de corte para cortadora de metal de 14"  |         | PZA    | 63.58950  | \$ 40.00                                      | \$ 2,543.61          | 0.14%         | 0.6                                     | 38.15            | 0.01%         |
| Perfil metálico 160, para pasamanos  |         | ML     | 101.36000 | \$ 22.40                                      | \$ 2,270.96          | 0.13%         | 1.1                                     | 111.50           | 0.03%         |
| Perfil chapetón o manguete para puerta de 1 1/2" x 2" (perfil k-200 cal. 20)               |         | ML     | 36.00000  | \$ 28.50                                      | \$ 1,026.07          | 0.06%         | 2.17                                    | 78.12            | 0.02%         |
| Varilla de refuerzo corrugado #5 de 5/8", (1.56 kg/ml)                                     |         | KG     | 71.78760  | \$ 11.20                                      | \$ 804.04            | 0.04%         | 1                                       | 71.79            | 0.02%         |
|  |         |        |           |   | <b>\$ 480,781.37</b> | <b>26.53%</b> |   | <b>35,994.40</b> | <b>10.41%</b> |

| Insumo                                      | Familia   | Unidad | Cantidad  | Criterio respecto al costo económico en pesos |                     |              | Criterio respecto al peso en kilogramos |                   |               |
|---|---|--------|-----------|---|---------------------|--------------|---|-------------------|---------------|
|   | Agrupación de los insumos                         |        |           | Costo unitario                                | Importe             | %            | Peso unitario                           | Total             | %             |
| Arena                                       | Agregados, productos pétreos para la construcción | M3     | 84.86929  | \$ 191.00                                     | \$ 16,210.03        | 89.39%       | 1300                                    | 110,330.08        | 31.92%        |
| Grava de 3/4"                               |   | M3     | 76.75477  | \$ 191.00                                     | \$ 14,660.16        | 80.84%       | 1000                                    | 76,754.77         | 22.21%        |
|   |   |        |           |   | <b>\$ 30,870.20</b> | <b>1.70%</b> |   | <b>187,084.85</b> | <b>54.13%</b> |
| Perfil traslape de aluminio anodizado de 3" | Aluminio, industria metalúrgica                   | ML     | 489.87000 | \$ 47.60                                      | \$ 23,319.04        | 128.59%      | 0.607                                   | 297.35            | 0.09%         |
| Perfil bolsa de aluminio natural de 3"      |   | ML     | 264.93500 | \$ 52.90                                      | \$ 14,016.07        | 77.29%       | 0.67                                    | 177.51            | 0.05%         |
| Perfil jamba de aluminio natural de 3"      |   | ML     | 259.93500 | \$ 47.31                                      | \$ 12,296.38        | 67.81%       | 0.283                                   | 73.56             | 0.02%         |
| Perfil cerco de aluminio anodizado de 3"    |   | ML     | 262.93500 | \$ 41.60                                      | \$ 10,938.96        | 60.32%       | 0.65                                    | 170.91            | 0.05%         |
| Perfil zoclo de aluminio anodizado de 3"    |   | ML     | 250.93500 | \$ 37.80                                      | \$ 9,485.97         | 52.31%       | 0.842                                   | 211.29            | 0.06%         |
| Perfil tapa bolsa de 3"                     |   | ML     | 264.93500 | \$ 31.50                                      | \$ 8,346.11         | 46.02%       | 0.458                                   | 121.34            | 0.04%         |
| Perfil riel de aluminio anodizado de 3"     |   | ML     | 244.93500 | \$ 33.01                                      | \$ 8,084.69         | 44.58%       | 0.549                                   | 134.47            | 0.04%         |
| Perfil cabezal de aluminio natural de 3"    |   | ML     | 250.93500 | \$ 30.30                                      | \$ 7,604.28         | 41.93%       | 0.446                                   | 111.92            | 0.03%         |
| Perfil junquillo de aluminio natural        |   | ML     | 346.58000 | \$ 14.30                                      | \$ 4,956.16         | 27.33%       | 0.164                                   | 56.84             | 0.02%         |
| Jaladera pabose                             |   | PZA    | 163.29000 | \$ 13.50                                      | \$ 2,205.15         | 12.16%       | 0.3                                     | 48.99             | 0.01%         |

| Insumo   | Familia                                   | Unidad | Cantidad    | Criterio respecto al costo económico en pesos |                      |              | Criterio respecto al peso en kilogramos |                  |               |
|--|---|--------|-------------|---|----------------------|--------------|---|------------------|---------------|
|  |   |        |             | Costo unitario                                | Importe              | %            | Peso unitario                           | Total            | %             |
| Cierra puerta en color de aluminio natural                             |   | PZA    | 3.00000     | \$ 337.92                                     | \$ 1,013.76          | 5.59%        | 3                                       | 9.00             | 0.00%         |
| Barra bastón de aluminio natural                                       |   | PZA    | 6.00000     | \$ 103.31                                     | \$ 619.87            | 3.42%        | 2                                       | 12.00            | 0.00%         |
| Remaches pop   |   | PZA    | 2,999.22000 | \$ 0.15                                       | \$ 450.18            | 2.48%        | 0.0025                                  | 7.50             | 0.00%         |
| Perfil tope batiente en aluminio natural                               |   | ML     | 24.00000    | \$ 7.80                                       | \$ 187.22            | 1.03%        | 0.357                                   | 8.57             | 0.00%         |
| Pivote descentrado en color de aluminio natural                        |   | JGO    | 3.00000     | \$ 58.00                                      | \$ 174.00            | 0.96%        | 0.85                                    | 2.55             | 0.00%         |
|  |   |        |             |   | <b>\$ 103,697.86</b> | <b>5.72%</b> |   | <b>1,443.78</b>  | <b>0.42%</b>  |
| Calhida  | Cal, industria de la cal y el cemento     | TON    | 1.34726     | \$ 1,201.00                                   | \$ 1,618.06          | 8.92%        | 1000                                    | 1,347.26         | 0.39%         |
|  |   |        |             |   | <b>\$ 1,618.06</b>   | <b>0.09%</b> |   | <b>1,347.26</b>  | <b>0.39%</b>  |
| Cemento gris   | Cemento, Industria de la cal y el cemento | TON    | 55.55558    | \$ 2,101.00                                   | \$ 116,722.27        | 643.66%      | 1000                                    | 55,555.58        | 16.07%        |
| Cemento blanco portland  |   | TON    | 1.37377     | \$ 3,381.00                                   | \$ 4,644.72          | 25.61%       | 1000                                    | 1,373.77         | 0.40%         |
|  |   |        |             |   | <b>\$ 121,366.99</b> | <b>6.70%</b> |   | <b>56,929.35</b> | <b>16.47%</b> |
| diésel   | Combustibles                              | LT     | 257.34548   | \$ 5.20                                       | \$ 1,338.45          | 7.38%        | 1                                       | 257.35           | 0.07%         |
|  |   |        |             |   | <b>\$ 1,338.45</b>   | <b>0.07%</b> |   | <b>257.35</b>    | <b>0.07%</b>  |
| Bomba marca thomsen modelo 985 tipo pluma de 90 pies de longitud total | Equipo y maquinaria                       | HORA   | 31.84050    | \$ 1,046.94                                   | \$ 33,335.11         | 183.82%      | ---                                     | ---              | ---           |

| Insumo  | Familia                                     | Unidad | Cantidad      | Criterio respecto al costo económico en pesos |                     |              | Criterio respecto al peso en kilogramos |              |              |
|---|---|--------|---------------|---|---------------------|--------------|---|--------------|--------------|
|   |   |        |               | Costo unitario                                | Importe             | %            | Peso unitario                           | Total        | %            |
| serie 871-138, montada en camión kenworth diésel de 140 hp              |   |        |               |   |                     |              | ---                                     | ---          | ---          |
| Herramienta menor   |   | (%)mo  |               | \$ 714,266.63                                 | \$ 21,428.00        | 118.16%      | ---                                     | ---          | ---          |
| Soldadora Lincoln   |   | HORA   | 268.14050     | \$ 45.26                                      | \$ 12,135.10        | 66.92%       | ---                                     | ---          | ---          |
| Revolvedora de 1 saco   |   | HORA   | 121.83296     | \$ 31.85                                      | \$ 3,879.93         | 21.40%       | ---                                     | ---          | ---          |
| Vibrador a gasolina de chicote  |   | HORA   | 226.29472     | \$ 13.15                                      | \$ 2,975.89         | 16.41%       | ---                                     | ---          | ---          |
|   |   |        | <b>648.11</b> |   | <b>\$ 73,754.03</b> | <b>4.07%</b> |   | <b>0.00</b>  | <b>0.00%</b> |
| Chapa para puerta con llave marca fanal o Phillips                      |   | PZA    | 36.00000      | \$ 80.01                                      | \$ 2,880.43         | 15.88%       | 1.5                                     | 54.00        | 0.02%        |
| Bisagra de libro de 3" en aluminio natural satinado                     | Ferretería, Industrial                      | PZA    | 108.00000     | \$ 13.10                                      | \$ 1,414.81         | 7.80%        | 0.25                                    | 27.00        | 0.01%        |
| Chapa ph50, cerradura de aluminio en color natural modelo Philips ph-50 | metalmeccánica                              | PZA    | 3.00000       | \$ 91.01                                      | \$ 273.04           | 1.51%        | 1.8                                     | 5.40         | 0.00%        |
| Fulminante cal22 hilti  |   | PZA    | 105.60000     | \$ 1.80                                       | \$ 190.09           | 1.05%        | 0.05                                    | 5.28         | 0.00%        |
|   |   |        |               |   | <b>\$ 4,758.37</b>  | <b>0.26%</b> |   | <b>91.68</b> | <b>0.03%</b> |
| Felpa   | Hule, industria química                     | ML     | 2,049.48000   | \$ 0.70                                       | \$ 1,435.66         | 7.92%        | 0.033                                   | 67.63        | 0.02%        |
|   |   |        |               |   | <b>\$ 1,435.66</b>  | <b>0.08%</b> |   | <b>67.63</b> | <b>0.02%</b> |
| Cimbraplay de 5/8"  | Madera, industria de productos de la madera | M2     | 425.22220     | \$ 87.52                                      | \$ 37,213.70        | 205.21%      | 8.667                                   | 3,685.40     | 1.07%        |
| Madera de pino 3era.  |   | PT     | 4,113.12600   | \$ 8.00                                       | \$ 32,914.47        | 181.50%      | 1.01467                                 | 4,173.47     | 1.21%        |

| Insumo  | Familia                      | Unidad | Cantidad        | Criterio respecto al costo económico en pesos |                      |               | Criterio respecto al peso en kilogramos |                  |               |
|---|------------------------------|--------|-----------------|---|----------------------|---------------|---|------------------|---------------|
|   |                              |        |                 | Costo unitario                                | Importe              | %             | Peso unitario                           | Total            | %             |
| Tuino   |                              | ML     | 525.49976       | \$ 3.00                                       | \$ 1,576.81          | 8.70%         | 0.1552                                  | 81.56            | 0.02%         |
|   |                              |        |                 |   | <b>\$ 71,704.99</b>  | <b>3.96%</b>  |   | <b>7,940.42</b>  | <b>2.30%</b>  |
| Tabique rojo recocido de 7x14x28 cms                    | Mampostería, materiales para | PZA    | 12,831.00000    | \$ 1.60                                       | \$ 20,564.24         | 113.40%       | 3.63                                    | 46,576.53        | 13.48%        |
|   |                              |        |                 |   | <b>\$ 20,564.24</b>  | <b>1.13%</b>  |   | <b>46,576.53</b> | <b>13.48%</b> |
| Peón  | Mano de obra                 | JOR    | 763.43910       | \$ 242.76                                     | \$ 185,332.48        | 1022.01%      | ---                                     | ---              | ---           |
| Oficial albañil   |                              | JOR    | 295.28607       | \$ 381.26                                     | \$ 112,580.74        | 620.82%       | ---                                     | ---              | ---           |
| Oficial carpintero de obra negra                        |                              | JOR    | 262.97149       | \$ 381.26                                     | \$ 100,261.56        | 552.89%       | ---                                     | ---              | ---           |
| Ayudante  |                              | JOR    | 381.17687       | \$ 242.76                                     | \$ 92,534.50         | 510.28%       | ---                                     | ---              | ---           |
| Oficial herrero   |                              | JOR    | 205.18154       | \$ 381.26                                     | \$ 78,228.33         | 431.39%       | ---                                     | ---              | ---           |
| Oficial herrero   |                              | JOR    | 199.00738       | \$ 381.26                                     | \$ 75,874.35         | 418.40%       | ---                                     | ---              | ---           |
| Mando intermedio para la supervisión de la mano de obra |                              | (%)mo  | 0.10000         | \$ 714,266.63                                 | \$ 71,426.66         | 393.88%       | ---                                     | ---              | ---           |
| Oficial cancelero aluminero                             |                              | JOR    | 119.55300       | \$ 381.26                                     | \$ 45,581.26         | 251.36%       | ---                                     | ---              | ---           |
| Oficial pintor  |                              | JOR    | 57.86449        | \$ 381.26                                     | \$ 22,061.65         | 121.66%       | ---                                     | ---              | ---           |
| Oficial instalador                                      |                              | JOR    | 4.75200         | \$ 381.26                                     | \$ 1,811.77          | 9.99%         | ---                                     | ---              | ---           |
|   |                              |        | <b>2,289.33</b> |   | <b>\$ 785,693.29</b> | <b>43.36%</b> |   | <b>0.00</b>      | <b>0.00%</b>  |
| Pintura vinílica marca comex, en calidad pro-1000       | Pintura, industria química   | LT     | 471.75250       | \$ 37.40                                      | \$ 17,644.02         | 97.30%        | 1.29                                    | 608.56           | 0.18%         |

| Insumo   | Familia                     | Unidad | Cantidad    | Criterio respecto al costo económico en pesos |                     |                    | Criterio respecto al peso en kilogramos |                 |               |
|--|-----------------------------|--------|-------------|---|---------------------|--------------------|---|-----------------|---------------|
|  | Agrupación de los insumos   |        |             | Costo unitario                                | Importe             | %                  | Peso unitario                           | Total           | %             |
| Pintura de esmalte alquídico comex pro-100                       |                             | LT     | 154.58500   | \$ 58.50                                      | \$ 9,043.38         | 49.87%             | 1.15                                    | 177.77          | 0.05%         |
| Daraweld, aditivo para unir concreto viejo al nuevo              |                             | LT     | 480.81950   | \$ 18.00                                      | \$ 8,655.23         | 47.73%             | 1                                       | 480.82          | 0.14%         |
| Silicón  |                             | PZA    | 244.93500   | \$ 30.00                                      | \$ 7,348.25         | 40.52%             | 0.3                                     | 73.48           | 0.02%         |
| Primario rojo óxido, fondo estructural                           |                             | LT     | 121.86604   | \$ 42.10                                      | \$ 5,130.68         | 28.29%             | 1.15                                    | 140.15          | 0.04%         |
| Thinner  |                             | LT     | 187.48652   | \$ 16.00                                      | \$ 2,999.97         | 16.54%             | 1                                       | 187.49          | 0.05%         |
| Sellador vinílico, con rendimiento de 5x1                        |                             | LT     | 94.35050    | \$ 27.30                                      | \$ 2,575.86         | 14.20%             | 1                                       | 94.35           | 0.03%         |
| Curacreto blanco   |                             | LT     | 95.68256    | \$ 12.70                                      | \$ 1,215.26         | 6.70%              | 1                                       | 95.68           | 0.03%         |
|  |                             |        |             |   | <b>\$ 54,612.65</b> | <b>3.01%</b>       |   | <b>1,858.30</b> | <b>0.54%</b>  |
| Cuña de vinil para aluminio                                      | Plástico, industria química | ML     | 2,203.42800 | \$ 3.80                                       | \$ 8,373.47         | 46.18%             | 0.18                                    | 396.62          | 0.11%         |
| placa de frigolit en tiras de 15cms de ancho por 3/4" de espesor |                             | ML     | 79.20000    | \$ 7.50                                       | \$ 594.23           | 3.28%              | 0.0572                                  | 4.53            | 0.00%         |
| Taquete de plástico  |                             | PZA    | 3,295.80000 | \$ 0.10                                       | \$ 329.91           | 1.82%              | 0.01                                    | 32.96           | 0.01%         |
|  |                             |        |             |   |                     | <b>\$ 9,297.61</b> | <b>0.51%</b>                            |                 | <b>434.11</b> |
| Pija 3"x1/4"   | Pzas metálicas y tornillos  | PZA    | 3,295.80000 | \$ 1.30                                       | \$ 4,284.87         | 23.63%             | 0.0028                                  | 9.23            | 0.00%         |
| Pija autoroscable de 10x1"                                       |                             | PZA    | 3,325.80000 | \$ 0.30                                       | \$ 998.07           | 5.50%              | 0.003                                   | 9.98            | 0.00%         |
| Perno dwg hilti de 1/2"  |                             | PZA    | 105.60000   | \$ 4.20                                       | \$ 443.53           | 2.45%              | 0.03                                    | 3.17            | 0.00%         |
|  |                             |        |             |   | <b>\$ 5,726.47</b>  | <b>0.32%</b>       |   | <b>22.37</b>    | <b>0.01%</b>  |

| Insumo                   | Familia<br><br>Agrupación de los insumos | Unidad | Cantidad  | Criterio respecto al costo económico en pesos |                        |              | Criterio respecto al peso en kilogramos |                   |              |
|--------------------------|--|--------|-----------|---|------------------------|--------------|---|-------------------|--------------|
|                          |  |        |           | Costo unitario                                | Importe                | %            | Peso unitario                           | Total             | %            |
| Vidrio claro de 6mm      | Vidrio,<br>industria del vidrio          | M2     | 373.23800 | \$ 120.00                                     | \$ 44,788.78           | 246.99%      | 15                                      | 5,598.57          | 1.62%        |
| <b>Total del reporte</b> |  |        |           |   | <b>\$ 44,788.78</b>    | <b>2.47%</b> |   | <b>5,598.57</b>   | <b>1.62%</b> |
|                          |  |        |           |   | <b>\$ 1,812,009.02</b> | <b>100%</b>  |   | <b>345,646.60</b> | <b>100%</b>  |



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA

## DIRECCIÓN DE CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO

### DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS:

Listado de insumos obtenidos de los conceptos de obra relativos a la envolvente vertical, edificio U3-C, sistema constructivo T2

| Insumos  | Familia<br>Agrupación<br>de los<br>insumos | Unidad | Cantidad     | Criterio respecto al costo económico en pesos |               |         | Criterio respecto al peso en kilogramos |           |
|--|--|--------|--------------|---|---------------|---------|---|-----------|
|  |  |        |              | Costo<br>unitario                             | Importe       | %       | Peso<br>unitario                        | Total     |
| varilla de refuerzo corrugado #3 de 3/8", (0.557 kg/ml, siendo 150 pzas x tonelada)    | Acero,<br>industria<br>siderúrgica         | kg     | 10,077.88543 | \$ 11.20                                      | \$ 112,873.32 | 501.41% | 1                                       | 10,077.89 |
| varilla de refuerzo corrugado #8 de 1", (3.975 kg/ml)                                  |  | kg     | 6,165.22027  | \$ 11.20                                      | \$ 69,053.55  | 306.75% | 1                                       | 6,165.22  |
| varilla de refuerzo corrugado #6 de 3/4", (2.250 kg/ml)                                |  | kg     | 5,664.09672  | \$ 11.20                                      | \$ 63,439.58  | 281.81% | 1                                       | 5,664.10  |
| cuadrado de 1/2" (a razón de 1.265 kg/ml)  |  | ml     | 1,224.67500  | \$ 21.40                                      | \$ 26,208.29  | 116.42% | 1.265                                   | 1,549.21  |
| alambre recocido no. 18  |  | kg     | 1,474.90287  | \$ 14.00                                      | \$ 20,653.65  | 91.75%  | 1                                       | 1,474.90  |
| perfil metálico ptr de 1" (perfil 109), calibre 14, ( a razón de 1.46 kg/ml )          |  | ml     | 326.58000    | \$ 26.40                                      | \$ 8,621.94   | 38.30%  | 1.46                                    | 476.81    |
| varilla de refuerzo corrugado #4 de 1/2", (0.996 kg/ml, siendo 84 varillas x tonelada) |  | kg     | 699.80160    | \$ 11.20                                      | \$ 7,837.85   | 34.82%  | 1                                       | 699.80    |

| Insumos  | Familia<br>Agrupación<br>de los<br>insumos                    | Unidad | Cantidad  | Criterio respecto al costo económico en pesos |                      |               | Criterio respecto al peso<br>kilogramos |                    |
|--|---|--------|-----------|---|----------------------|---------------|---|--------------------|
|  |   |        |           | Costo<br>unitario                             | Importe              | %             | Peso<br>unitario                        | Total              |
| clavos   |   | kg     | 278.17228 | \$ 20.03                                      | \$ 5,570.40          | 24.74%        | 1                                       | 278.17             |
| alambIÓN de 1/4"   |   | kg     | 188.75574 | \$ 15.51                                      | \$ 2,928.22          | 13.01%        | 1                                       | 188.76             |
| canaleta de 28 cms de desarrollo en lamina<br>cal.18 incluye: doblez de<br>lamina en frio, corte |   | ml     | 26.40000  | \$ 95.00                                      | \$ 2,508.03          | 11.14%        | 6                                       | 158.40             |
| varilla de refuerzo corrugado #5 de 5/8",<br>(1.56 kg/ml)  |   | kg     | 71.78760  | \$ 11.20                                      | \$ 804.04            | 3.57%         | 1                                       | 71.79              |
| soldadura 6011 de 1/8", infra  |   | kg     | 11.37477  | \$ 40.00                                      | \$ 455.00            | 2.02%         | 1                                       | 11.37              |
| disco de corte para cortadora de metal de<br>14"   |   | pza    | 9.10014   | \$ 40.00                                      | \$ 364.01            | 1.62%         | 0.6                                     | 5.46               |
|  |   |        |           |   | <b>\$ 321,317.89</b> | <b>14.28%</b> |   | <b>26,821.88</b>   |
| grava de 3/4"  | Agregados,<br>productos<br>pétreos para<br>la<br>construcción | m3     | 73.58671  | \$ 191.00                                     | \$ 14,055.06         | 62.44%        | 1000                                    | 73,586.71          |
| arena  |   | m3     | 71.79016  | \$ 191.00                                     | \$ 13,711.92         | 60.91%        | 1300                                    | 93,327.21          |
|  |   |        |           |   | <b>\$ 27,766.98</b>  | <b>1.23%</b>  |   | <b>166,913.925</b> |
| Puerta de cristal templado de 09mm de<br>0.90 x 2.25 mts.  | Aluminio,<br>industria<br>metalúrgica                         | pza    | 12.00000  | \$ 7,000.05                                   | \$ 84,000.62         | 373.15%       | 46.575                                  | 558.90             |
| perfil zoclo de aluminio de 6" en color<br>blanco  |   | ml     | 426.60000 | \$ 85.01                                      | \$ 36,263.13         | 161.09%       | 1.684                                   | 718.39             |

| Insumos   | Familia<br>Agrupación<br>de los<br>insumos | Unidad | Cantidad  | Criterio respecto al costo económico en pesos |              |         | Criterio respecto al peso en kilogramos |          |
|---|--|--------|-----------|---|--------------|---------|---|----------|
|   |  |        |           | Costo<br>unitario                             | Importe      | %       | Peso<br>unitario                        | Total    |
| perfil cabezal de aluminio de 6" en color blanco  |  | ml     | 426.60000 | \$ 79.01                                      | \$ 33,704.60 | 149.72% | 3.45                                    | 1,471.77 |
| bisagra hidráulica de piso dorma modelo bts 75v   |  | pza    | 12.00000  | \$ 2,500.01                                   | \$ 30,000.10 | 133.27% | 4                                       | 48.00    |
| perfil traslape de aluminio anodizado de 3" herculite, perfil zoclo de aluminio natural en 3" |  | ml     | 244.93500 | \$ 47.60                                      | \$ 11,659.52 | 51.79%  | 0.607                                   | 148.68   |
| herculite, perfil zoclo de aluminio natural en 3"   |  | ml     | 36.00000  | \$ 300.04                                     | \$ 10,801.35 | 47.98%  | 3.45                                    | 124.20   |
| herculite, perfil intermedio de aluminio natural en 3"  |  | ml     | 36.00000  | \$ 300.01                                     | \$ 10,800.25 | 47.98%  | 3.45                                    | 124.20   |
| perfil bolsa de aluminio natural de 3"  |  | ml     | 142.46750 | \$ 52.90                                      | \$ 7,537.07  | 33.48%  | 0.67                                    | 95.45    |
| perfil jamba de aluminio natural de 3"  |  | ml     | 137.46750 | \$ 47.31                                      | \$ 6,502.98  | 28.89%  | 0.283                                   | 38.90    |
| perfil cerco de aluminio anodizado de 3"  |  | ml     | 140.46750 | \$ 41.60                                      | \$ 5,843.91  | 25.96%  | 0.65                                    | 91.30    |
| perfil zoclo de aluminio anodizado de 3"  |  | ml     | 128.46750 | \$ 37.80                                      | \$ 4,856.39  | 21.57%  | 0.842                                   | 108.17   |
| perfil tapa bolsa de 3"   |  | ml     | 142.46750 | \$ 31.50                                      | \$ 4,488.08  | 19.94%  | 0.458                                   | 65.25    |
| perfil riel de aluminio anodizado de 3"   |  | ml     | 122.46750 | \$ 33.01                                      | \$ 4,042.35  | 17.96%  | 0.549                                   | 67.23    |
| perfil cabezal de aluminio natural de 3"  |  | ml     | 128.46750 | \$ 30.30                                      | \$ 3,893.05  | 17.29%  | 0.446                                   | 57.30    |
| perfil junquillo de aluminio natural  |  | ml     | 183.29000 | \$ 14.30                                      | \$ 2,621.08  | 11.64%  | 0.164                                   | 30.06    |
| barra bastón de aluminio natural  |  | pza    | 6.00000   | \$ 103.31                                     | \$ 619.87    | 2.75%   | 2                                       | 12.00    |
| perfil tope batiente en aluminio natural  |  | ml     | 24.00000  | \$ 7.80                                       | \$ 187.22    | 0.83%   | 0.357                                   | 8.57     |

| Insumos   | Familia<br>Agrupación<br>de los<br>insumos  | Unidad | Cantidad  | Criterio respecto al costo económico en pesos |                      |               | Criterio respecto al peso<br>kilogramos |                  |
|---|---|--------|-----------|---|----------------------|---------------|---|------------------|
|   |   |        |           | Costo<br>unitario                             | Importe              | %             | Peso<br>unitario                        | Total            |
|   |   |        |           |   | <b>\$ 257,821.58</b> | <b>11.46%</b> |   | <b>3,768.38</b>  |
| Calhidra  | Cal, industria<br>de la cal y el<br>cemento | ton    | 0.56474   | \$ 1,201.00                                   | \$ 678.25            | 3.01%         | 1000                                    | 564.74           |
|   |   |        |           |   | <b>\$ 678.25</b>     | <b>0.03%</b>  |   | <b>564.74</b>    |
| cemento gris  | Cemento,                                    | ton    | 50.97993  | \$ 2,101.00                                   | \$ 107,108.83        | 475.80%       | 1000                                    | 50,979.93        |
| cemento blanco portland   | Industria de<br>la cal y el<br>cemento      | ton    | 1.32396   | \$ 3,381.00                                   | \$ 4,476.31          | 19.88%        | 1000                                    | 1,323.96         |
|   |   |        |           |   | <b>\$ 111,585.14</b> | <b>4.96%</b>  |   | <b>52,303.89</b> |
| diésel  | Combustibles                                | lt     | 244.11788 | \$ 5.20                                       | \$ 1,269.66          | 5.64%         | 1                                       | 244.12           |
|   |   |        |           |   | <b>\$ 1,269.66</b>   | <b>0.06%</b>  |   | <b>244.12</b>    |
| BOMBA MARCA THOMSEN MODELO 985<br>TIPO PLUMA DE 90 PIES DE<br>LONGITUD TOTAL SERIE 871-138,<br>MONTADA EN CAMION KENWORTH<br>DIESEL DE 140 HP | Equipo y<br>maquinaria                      | HORA   | 31.84050  | \$ 1,046.94                                   | \$ 33,335.11         | 148.08%       | ---                                     | ---              |
| HERRAMIENTA MENOR<br>REVOLVEDORA DE 1 SACO  |   | (%)mo  |           | \$ 671,288.25                                 | \$ 20,138.65         | 89.46%        | ---                                     | ---              |
| SOLDADORA LINCOLN   |   | HORA   | 116.80426 | \$ 31.85                                      | \$ 3,719.78          | 16.52%        | ---                                     | ---              |
|   |   | HORA   | 81.64500  | \$ 45.26                                      | \$ 3,694.97          | 16.41%        | ---                                     | ---              |

| Insumos   | Familia<br>Agrupación<br>de los<br>insumos      | Unidad | Cantidad      | Criterio respecto al costo económico en pesos |                     |              | Criterio respecto al peso<br>kilogramos |               |
|---|---|--------|---------------|---|---------------------|--------------|---|---------------|
|   |   |        |               | Costo<br>unitario                             | Importe             | %            | Peso<br>unitario                        | Total         |
| VIBRADOR A GASOLINA DE CHICOTE  |   | HORA   | 221.26602     | \$ 13.15                                      | \$ 2,909.76         | 12.93%       | ---                                     | ---           |
|   |   |        | <b>451.56</b> |   | <b>\$ 63,798.27</b> | <b>2.84%</b> |   | <b>0.00</b>   |
| chapa y contrachapa al piso, herraje para<br>puerta de cristal templado                     |   | pza    | 12.00000      | \$ 850.31                                     | \$ 10,203.74        | 45.33%       | 1                                       | 12.00         |
| herraje inferior, para puerta en cristal<br>templado  |   | pza    | 12.00000      | \$ 463.00                                     | \$ 5,556.02         | 24.68%       | 2.2                                     | 26.40         |
| herraje superior  |   | pza    | 12.00000      | \$ 463.00                                     | \$ 5,556.02         | 24.68%       | 2.2                                     | 26.40         |
| jaladera pabose   | Ferretería,<br>Industrial<br>metalmeccáni<br>ca | pza    | 81.64500      | \$ 13.50                                      | \$ 1,102.57         | 4.90%        | 0.3                                     | 24.49         |
| cierra puerta en color de aluminio natural  |   | pza    | 3.00000       | \$ 337.92                                     | \$ 1,013.76         | 4.50%        | 3                                       | 9.00          |
| chapa ph50, cerradura de aluminio en color<br>natural modelo Philips ph-50                  |   | pza    | 3.00000       | \$ 91.01                                      | \$ 273.04           | 1.21%        | 1.8                                     | 5.40          |
| pivote descentrado en color de aluminio<br>natural  |   | jgo    | 3.00000       | \$ 58.00                                      | \$ 174.00           | 0.77%        | 0.85                                    | 2.55          |
| fulminante cal22 hilti  |   | pza    | 39.60000      | \$ 1.80                                       | \$ 71.28            | 0.32%        | 0.05                                    | 1.98          |
|   |   |        |               |   | <b>\$ 23,950.45</b> | <b>1.06%</b> |   | <b>108.22</b> |
| película de seguridad, mca 3m modelo<br>prestige 70 (hasta un 38% de<br>reducción de calor) | Hule,<br>industria<br>química                   | m2     | 469.50000     | \$ 400.00                                     | \$ 187,800.00       | 834.25%      | 0.01                                    | 4.70          |
| felpa   |   | ml     | 1,069.74000   | \$ 0.70                                       | \$ 749.35           | 3.33%        | 0.033                                   | 35.30         |

| Insumos  | Familia<br>Agrupación<br>de los<br>insumos           | Unidad | Cantidad    | Criterio respecto al costo económico en pesos |                      |              | Criterio respecto al peso<br>kilogramos |                  |
|--|--|--------|-------------|---|----------------------|--------------|---|------------------|
|  |  |        |             | Costo<br>unitario                             | Importe              | %            | Peso<br>unitario                        | Total            |
|  |  |        |             |   | <b>\$ 188,549.35</b> | <b>8.38%</b> |   | <b>40.00</b>     |
| Cimbraplay de 5/8"   |  | m2     | 415.30150   | \$ 87.52                                      | \$ 36,345.48         | 161.45%      | 8.667                                   | 3,599.42         |
| Madera de pino 3era.                                       | Madera,<br>industria de<br>productos de<br>la madera | pt     | 4,020.53280 | \$ 8.00                                       | \$ 32,173.51         | 142.92%      | 1.0147                                  | 4,079.51         |
| Tuino  |  | ml     | 508.96526   | \$ 3.00                                       | \$ 1,527.20          | 6.78%        | 0.1552                                  | 78.99            |
|  |  |        |             |   | <b>\$ 70,046.20</b>  | <b>3.11%</b> |   | <b>7,757.92</b>  |
| tabique rojo recocido de 7x14x28 cms                       | Mampostería,<br>materiales<br>para                   | pza    | 5,378.50000 | \$ 1.60                                       | \$ 8,620.12          | 38.29%       | 3.63                                    | 19,523.96        |
|  |  |        |             |   | <b>\$ 8,620.12</b>   | <b>0.38%</b> |   | <b>19,523.96</b> |
| PEON   |  | JOR    | 692.26165   | \$ 242.76                                     | \$ 168,053.44        | 746.53%      | ---                                     | ---              |
| OFICIAL CANCELERO ALUMINERO                                |  | JOR    | 290.22150   | \$ 381.26                                     | \$ 110,651.01        | 491.53%      | ---                                     | ---              |
| OFICIAL CARPINTERO DE OBRA NEGRA                           |  | JOR    | 262.97149   | \$ 381.26                                     | \$ 100,261.56        | 445.38%      | ---                                     | ---              |
| AYUDANTE   | Mano de<br>obra                                      | JOR    | 383.48090   | \$ 242.76                                     | \$ 93,093.82         | 413.54%      | ---                                     | ---              |
| OFICIAL ALBAÑIL  |  | JOR    | 224.10862   | \$ 381.26                                     | \$ 85,443.63         | 379.56%      | ---                                     | ---              |
| OFICIAL FIERRERO   |  | JOR    | 205.18154   | \$ 381.26                                     | \$ 78,228.33         | 347.51%      | ---                                     | ---              |
| MANDO INTERMEDIO PARA LA<br>SUPERVISION DE LA MANO DE OBRA |  | (%)mo  | 0.10000     | \$ 671,288.25                                 | \$ 67,128.83         | 298.20%      | ---                                     | ---              |

| Insumos  | Familia<br>Agrupación<br>de los<br>insumos | Unidad | Cantidad        | Criterio respecto al costo económico en pesos |                      |               | Criterio respecto al peso en kilogramos |                   |
|--|--|--------|-----------------|---|----------------------|---------------|---|-------------------|
|  |  |        |                 | Costo<br>unitario                             | Importe              | %             | Peso<br>unitario                        | Total             |
| OFICIAL HERRERO  |  | JOR    | 55.68189        | \$ 381.26                                     | \$ 21,229.50         | 94.31%        | ---                                     | ---               |
| OFICIAL PINTOR   |  | JOR    | 36.12551        | \$ 381.26                                     | \$ 13,773.36         | 61.18%        | ---                                     | ---               |
| OFICIAL INSTALADOR                                     |  | JOR    | 1.45200         | \$ 381.26                                     | \$ 553.60            | 2.46%         | ---                                     | ---               |
|  |  |        | <b>2,151.59</b> |   | <b>\$ 738,417.08</b> | <b>32.82%</b> |   | <b>0.00</b>       |
| pintura vinílica marca comex, en calidad pro-1000      |  | lt     | 395.14500       | \$ 37.40                                      | \$ 14,778.82         | 65.65%        | 1.29                                    | 509.74            |
| daraweld, aditivo para unir concreto viejo al nuevo    |  | lt     | 463.38600       | \$ 18.00                                      | \$ 8,341.41          | 37.05%        | 1                                       | 463.39            |
| silicón  |  | pza    | 262.86750       | \$ 30.00                                      | \$ 7,886.24          | 35.03%        | 0.3                                     | 78.86             |
| pintura de esmalte alquídico comex pro-100             | Pintura,<br>industria<br>química           | lt     | 40.82250        | \$ 58.50                                      | \$ 2,388.16          | 10.61%        | 1.15                                    | 46.9459           |
| sellador vinílico, con rendimiento de 5x1              |  | lt     | 79.02900        | \$ 27.30                                      | \$ 2,157.57          | 9.58%         | 1.0000                                  | 79.0290           |
| Curacreto blanco                                       |  | lt     | 95.68256        | \$ 12.70                                      | \$ 1,215.26          | 5.40%         | 1                                       | 95.6826           |
| primario rojo oxido, fondo estructural                 |  | lt     | 24.49350        | \$ 42.10                                      | \$ 1,031.20          | 4.58%         | 1.15                                    | 28.1675           |
| thinner  |  | lt     | 48.98700        | \$ 16.00                                      | \$ 783.84            | 3.48%         | 1                                       | 48.9870           |
|  |  |        |                 |   | <b>\$ 38,582.50</b>  | <b>1.71%</b>  |   | <b>1,350.7953</b> |
| cuña de vinil para aluminio                            | Plástico,<br>industria<br>química          | ml     | 3,220.91400     | \$ 3.80                                       | \$ 12,240.12         | 54.37%        | 0.18                                    | 579.7645          |
| Jaladeras de 0.15x0.30 mts. de cristal templado en 9mm |  | pza    | 24.00000        | \$ 300.01                                     | \$ 7,200.22          | 31.98%        | 3                                       | 72.0000           |

| Insumos  | Familia<br>Agrupación<br>de los<br>insumos | Unidad | Cantidad    | Criterio respecto al costo económico en pesos |                        |                | Criterio respecto al peso en kilogramos |                     |
|--|--|--------|-------------|---|------------------------|----------------|---|---------------------|
|  |  |        |             | Costo<br>unitario                             | Importe                | %              | Peso<br>unitario                        | Total               |
| taquete de plástico  |  | pza    | 3,525.30000 | \$ 0.10                                       | \$ 352.88              | 1.57%          | 0.01                                    | 35.2530             |
| placa de frigolit en tiras de 15cms de ancho por 3/4" de espesor |  | ml     | 26.40000    | \$ 7.50                                       | \$ 198.08              | 0.88%          | 0.06                                    | 1.5840              |
|  |  |        |             |   | <b>\$ 19,991.29</b>    | <b>0.89%</b>   |   | <b>688.6015</b>     |
| pipa 3"x1/4"   |  | pza    | 1,662.90000 | \$ 1.30                                       | \$ 2,161.94            | 9.60%          | 0.0028                                  | 4.6561              |
| pipa autoroscable de 10x1"                                       | Pzas                                       | pza    | 3,555.30000 | \$ 0.30                                       | \$ 1,066.95            | 4.74%          | 0.003                                   | 10.6659             |
| remaches pop   | metálicas y                                | pza    | 5,254.41000 | \$ 0.15                                       | \$ 788.69              | 3.50%          | 0.0025                                  | 13.1360             |
| perno dwg hilti de 1/2"  | tornillos                                  | pza    | 39.60000    | \$ 4.20                                       | \$ 166.32              | 0.74%          | 0.03                                    | 1.1880              |
|  |  |        |             |   | <b>\$ 4,183.89</b>     | <b>0.19%</b>   |   | <b>29.6460</b>      |
| cristal claro de 9mm   |  | m2     | 426.60000   | \$ 600.00                                     | \$ 255,960.00          | 1137.03%       | 22.5000                                 | 9,598.5000          |
| acostilla en cristal de 6mm b=15 cms (15 kg/m2)                  | Vidrio,<br>industria del                   | ml     | 417.45000   | \$ 225.15                                     | \$ 93,988.87           | 417.52%        | 2.25                                    | 939.2625            |
| cristal claro de 6mm   | vidrio                                     | m2     | 193.61900   | \$ 120.00                                     | \$ 23,234.40           | 103.21%        | 15                                      | 2,904.2850          |
| cristal claro de 3mm   |  | m2     | 0.00000     | \$ 79.00                                      | \$ 0.00                | 0.00%          | 7.5                                     | 0.0000              |
|  |  |        |             |   | <b>\$ 373,183.26</b>   | <b>16.59%</b>  |   | <b>13,442.0475</b>  |
| <b>Total del reporte</b>   |  |        |             |   | <b>\$ 2,249,761.91</b> | <b>100.00%</b> |   | <b>293,558.1115</b> |

Anexo 4, Calculadora de Emisiones del RENE versión 4.0 [43].



Tus emisiones anuales son:  tCO<sub>2</sub>e/año

NOTA:

El resultado de emisiones es indicativo. La calculadora entregará resultados más aproximados a las emisiones reales en la medida en que el usuario ingrese información completa y verdadera. Puede servir como herramienta orientadora para determinar si el sujeto sobrepasa o no el umbral de registro. En ningún caso sustituye la estimación de emisiones que deben realizar los Establecimientos Sujetos a Reporte y no se debe usar como resultado final de sus emisiones anuales, esta calculadora es un instrumento de apoyo. La suma de las emisiones puede no coincidir con el resultado parcial, por el redondeo de cifras.

La SEMARNAT agradece al Banco Interamericano de Desarrollo por su apoyo financiero para llevar a cabo este proyecto

1.- Selecciona el sector, subsector y actividad

2.- Ingresas el dato de actividad en las unidades solicitadas

REINICIAR

| Sector     | Subsector               | Actividad                           | Fuente de Emisión   | Instrucciones  | Dato de Actividad | Unidad | Emisiones GEI [tCO <sub>2</sub> e] | Emisiones CO <sub>2</sub> [tCO <sub>2</sub> ] | Emisiones CH <sub>4</sub> [tCH <sub>4</sub> ] | Emisiones N <sub>2</sub> O [tN <sub>2</sub> O] |
|------------|-------------------------|-------------------------------------|---|--|-------------------|--------|------------------------------------|---|---|--|
| Industrial | Industria Siderúrgica   | Producción Hierro Acero             | GLP Siderurgia  | Ingrese la cantidad de insumo en toneladas   | 1                 | t      | 2.99                               | -   | -   | -  |
| Industrial | Industria Metalúrgica   | Aluminio                            | Ánodos precocidos CNPB  | Ingrese la cantidad de aluminio producido al año en toneladas  | 1                 | t      | 4.70                               | 1.60  | -   | -  |
| Industrial | Industria Cemento y Cal | Cemento                             | Clinker   | Ingrese la cantidad de clinker producido al año en toneladas   | 1                 | t      | 0.54                               | 0.54  | -   | -  |
| Industrial | Industria Química       | Resinas y hules sintéticos          | Ia9. Únicamente reporta consumo energético - Energía y Transporte | No ingrese información, remítase al sector "Energía" y "Transporte"  | 1                 | NA     | -                                  | -   | -   | -  |
| Industrial | Industria Madera        | Productos de madera                 | Iol. Únicamente reporta consumo energético - Energía y Transporte | Multiplique el núm. de unidades producidas al año (un) por la carga inicial de gas refrigerante (kg) por el potencial de calentamiento del gas. Ingrese el resultado | 1                 | kg     | 0.00                               | -   | -   | -  |
| Industrial | Industria Química       | Pinturas recubrimientos y adhesivos | Ia9. Únicamente reporta consumo energético - Energía y Transporte | No ingrese información, remítase al sector "Energía" y "Transporte"  |                   | NA     | -                                  | -   | -   | -  |
| Industrial | Industria Vidrio        | Vidrio y productos de vidrio        | Vidrio  | Ingrese la cantidad de vidrio producido al año en toneladas  | 1                 | t      | 0.10                               | 0.10  | -   | -  |

Anexo 5, Flujos unitarios obtenidos del RETC 2013.

De la información consultada en la base de datos del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, consultada en la página de internet <http://apps1.semarnat.gob.mx/retc/index.html> con fecha de consulta del día 2 de junio del 2016, se obtiene la siguiente información:

| Tipo de industria                                 | Clave SCIAN | Emisiones al aire en toneladas de CO2 equivalente |          |               |                        |                      |                         | Emisiones GEI (tCO <sub>2</sub> eq) |
|---|-------------|---|----------|---------------|------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------------------|
|   |             | Dióxido de carbono                                | Metano   | Óxido nítrico | Hexafluoruro de azufre | Hidrofluoro carbonos | Perfluorocarbonos (HFC) |                                     |
| Complejos siderúrgicos                            | 331111      | 13,851,558.04                                     | 1,123.92 | -             | -                      | 12,939,000.00        | -                       | 26,791,681.96                       |
| Agregados, productos pétreos para la construcción | s/c         | -   | -        | -             | -                      | -                    | -                       | -                                   |
| Hule, industria química                           | 325992      | 6,537.90  | -        | -             | -                      | -                    | 0.00                    | 6,537.90                            |
| Madera, industria de productos de la madera       | s/c         | -   | -        | -             | -                      | -                    | -                       | -                                   |
| Mampostería, materiales para                      | s/c         | -   | -        | -             | -                      | -                    | -                       | -                                   |
| Pintura, industria química                        | 325510      | 389,455.26  | 0.84     | 4,929.00      | -                      | -                    | 0.00                    | 394,385.10                          |

Y a su vez resumen las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente, en la siguiente tabla:

| Tipo de industria                                 | Emisiones GEI (tCO <sub>2</sub> e) | Clave SCIAN | Descripción SCIAN  | Producción anual (toneladas) | Emisión de CO <sub>2</sub> eq por tonelada de producción |
|---|------------------------------------|-------------|--|------------------------------|--|
| Insumos de materiales                             |                                    |             |  |                              |  |
| Acero, industria siderúrgica                      | 26,791,681.96                      | 331111      | Complejos siderúrgicos   | 18,200,000.00                | 1.47   |
| Agregados, productos pétreos para la construcción | -                                  | -           | -  | -                            | -  |
| Hule, industria química                           | 6,537.90                           | 325992      | Fabricación de películas, placas y papel fotosensible para fotografía. | 23,950.00                    | 0.27   |
| Madera, industria de productos de la madera       | -                                  | -           | -  | -                            | -  |
| Mampostería, materiales para                      | -                                  | -           | -  | -                            | -  |
| Pintura, industria química                        | 394,385.10                         | 325510      | Fabricación de pinturas y recubrimientos                               | 681,439.00                   | 0.58   |

Anexo 6, Flujos unitarios referenciados a la unidad de consumo de combustible con la calculadora del RENE.



Tus emisiones anuales son:  tCO<sub>2</sub>e/año

NOTA:

El resultado de emisiones es indicativo. La calculadora entregará resultados más aproximados a las emisiones reales en la medida en que el usuario ingrese información completa y verdadera. Puede servir como herramienta orientadora para determinar si el sujeto sobrepasa o no el umbral de registro. En ningún caso sustituye la estimación de emisiones que deben realizar los Establecimientos Sujetos a Reporte y no se debe usar como resultado final de sus emisiones anuales, esta calculadora es un instrumento de apoyo. La suma de las emisiones puede no coincidir con el resultado parcial, por el redondeo de cifras.

La SEMARNAT agradece al Banco Interamericano de Desarrollo por su apoyo financiero para llevar a cabo este proyecto

1.- Selecciona el sector, subsector y actividad

2.- Ingresar el dato de actividad en las unidades solicitadas

REINICIAR

| Sector     | Subsector            | Actividad               | Fuente de Emisión | Instrucciones                                | Dato de Actividad | Unidad | Emisiones GEI [tCO <sub>2</sub> e] | Emisiones CO <sub>2</sub> [tCO <sub>2</sub> ] | Emisiones CH <sub>4</sub> [tCH <sub>4</sub> ] | Emisiones N <sub>2</sub> O [tN <sub>2</sub> O] |
|------------|----------------------|-------------------------|-------------------|--|-------------------|--------|------------------------------------|---|---|--|
| Transporte | Transporte Terrestre | Camiones Tractocamiones | Diesel_D          | Ingrese el consumo anual de diesel en Litros | 100               | 1      | 0.27                               | 0.27  | 0.00  | 0.00   |

Anexo 7, Peso máximo permisible en México del autotransporte.

| <b>CAMIÓN UNITARIO (C)</b> |                       |                          |   |
|----------------------------|-----------------------|--------------------------|---|
| <b>NOMENCLATURA</b>        | <b>NÚMERO DE EJES</b> | <b>NÚMERO DE LLANTAS</b> | <b>VEHÍCULO</b>   |
| C2                         | 2                     | 6                        |  |
| C3                         | 3                     | 8-10                     |  |

| <b>CAMIÓN - REMOLQUE (C-R)</b> |                       |                          |  |
|--------------------------------|-----------------------|--------------------------|--|
| <b>NOMENCLATURA</b>            | <b>NÚMERO DE EJES</b> | <b>NÚMERO DE LLANTAS</b> | <b>VEHÍCULO</b>  |
| C2-R2                          | 4                     | 14                       |   |
| C3-R2                          | 5                     | 18                       |   |
| C2-R3                          | 5                     | 18                       |   |
| C3-R3                          | 6                     | 22                       |  |

| <b>TRACTOCAMIÓN ARTICULADO (T-S)</b> |                       |                          |   |
|--------------------------------------|-----------------------|--------------------------|---|
| <b>NOMENCLATURA</b>                  | <b>NÚMERO DE EJES</b> | <b>NÚMERO DE LLANTAS</b> | <b>CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO</b>   |
| T2-S1                                | 3                     | 10                       |  |
| T2-S2                                | 4                     | 14                       |  |
| T2-S3                                | 5                     | 18                       |  |
| T3-S1                                | 4                     | 14                       |  |
| T3-S2                                | 5                     | 18                       |  |
| T3-S3                                | 6                     | 22                       |  |

Nota: las configuraciones de tractocamión articulado deben circular por los caminos y puentes de jurisdicción federal con las luces encendidas permanentemente.

| VEHÍCULO O CONFIGURACIÓN VEHICULAR | NÚMERO DE EJES | NÚMERO DE LLANTAS | PESO BRUTO VEHICULAR (t) |      |      |      |
|------------------------------------|----------------|-------------------|--------------------------|------|------|------|
|                                    |                |                   | ET y A                   | B    | C    | D    |
| C2                                 | 2              | 6                 | 19.0                     | 16.5 | 14.5 | 13.0 |
| C3                                 | 3              | 8                 | 24.0                     | 19.0 | 17.0 | 16.0 |
| C3                                 | 3              | 10                | 27.5                     | 23.0 | 20.0 | 18.5 |
| C2-R2                              | 4              | 14                | 37.5                     | 35.5 | NA   | NA   |
| C3-R2                              | 5              | 18                | 44.5                     | 42.0 | NA   | NA   |
| C3-R3                              | 6              | 22                | 51.5                     | 47.5 | NA   | NA   |
| C2-R3                              | 5              | 18                | 44.5                     | 41.0 | NA   | NA   |
| T2-S1                              | 3              | 10                | 30.0                     | 26.0 | 22.5 | NA   |
| T2-S2                              | 4              | 14                | 38.0                     | 31.5 | 28.0 | NA   |
| T3-S2                              | 5              | 18                | 46.5                     | 38.0 | 33.5 | NA   |
| T3-S3                              | 6              | 22                | 54.0                     | 45.5 | 40.0 | NA   |
| T2-S3                              | 5              | 18                | 45.5                     | 39.0 | 34.5 | NA   |
| T3-S1                              | 4              | 14                | 38.5                     | 32.5 | 28.0 | NA   |
| T2-S1-R2                           | 5              | 18                | 47.5                     | NA   | NA   | NA   |
| T2-S1-R3                           | 6              | 22                | 54.5                     | NA   | NA   | NA   |
| T2-S2-R2                           | 6              | 22                | 54.5                     | NA   | NA   | NA   |
| T3-S1-R2                           | 6              | 22                | 54.5                     | NA   | NA   | NA   |
| T3-S1-R3                           | 7              | 26                | 60.5                     | NA   | NA   | NA   |

Anexo 8, Flujos unitarios referenciados a la unidad de consumo de combustible con la calculadora del RENE versión 4.0.



Tus emisiones anuales son:  tCO<sub>2</sub>e/año

NOTA:  
El resultado de emisiones es indicativo. La calculadora entregará resultados más aproximados a las emisiones reales en la medida en que el usuario ingrese información completa y verdadera. Puede servir como herramienta orientadora para determinar si el sujeto sobrepasa o no el umbral de registro. En ningún caso sustituye la estimación de emisiones que deben realizar los Establecimientos Sujetos a Reporte y no se debe usar como resultado final de sus emisiones anuales, esta calculadora es un instrumento de apoyo. La suma de las emisiones puede no coincidir con el resultado parcial, por el redondeo de cifras.

La SEMARNAT agradece al Banco Interamericano de Desarrollo por su apoyo financiero para llevar a cabo este proyecto

1.- Selecciona el sector, subsector y actividad

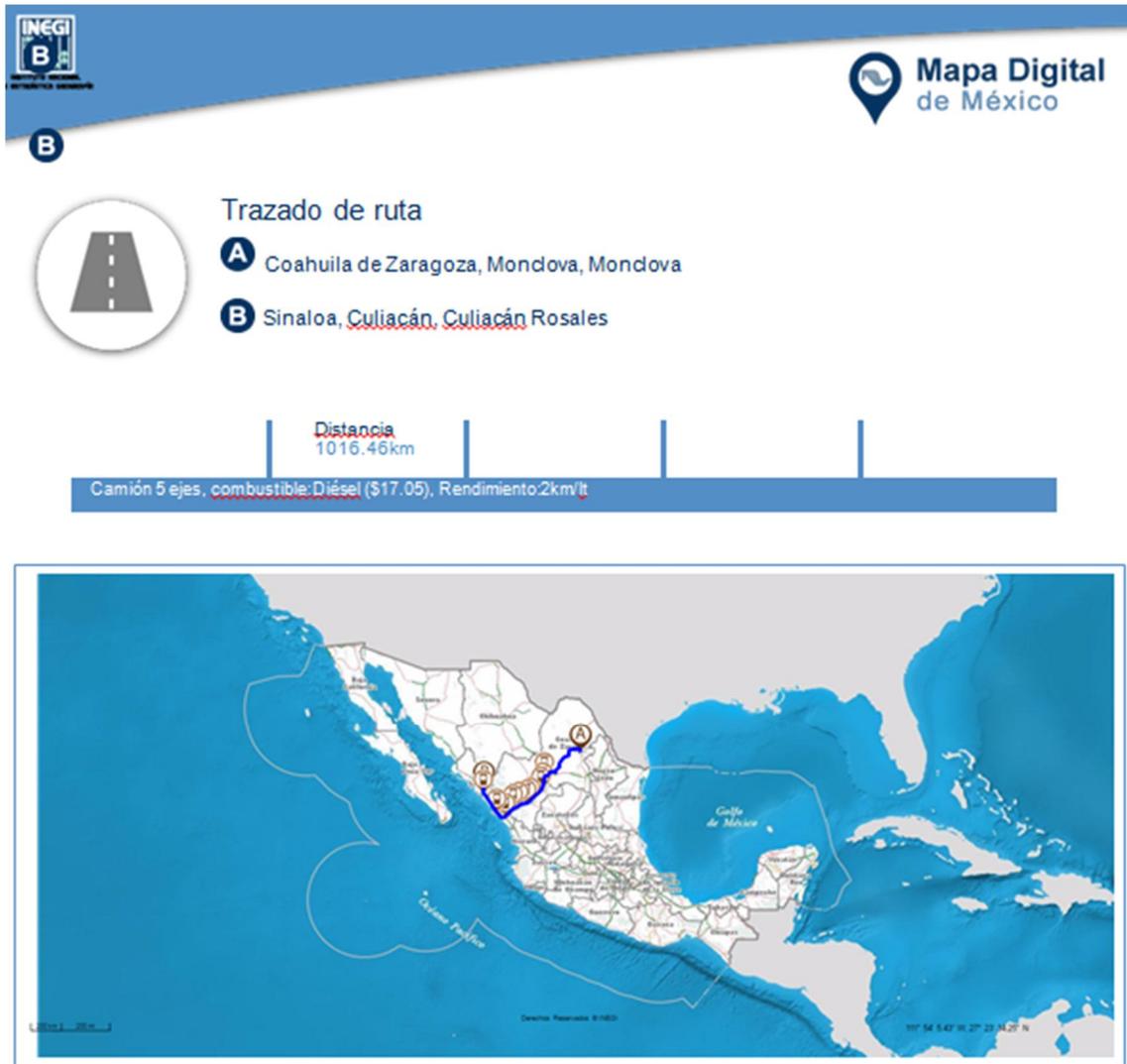
2.- Ingresas el dato de actividad en las unidades solicitadas

REINICIAR

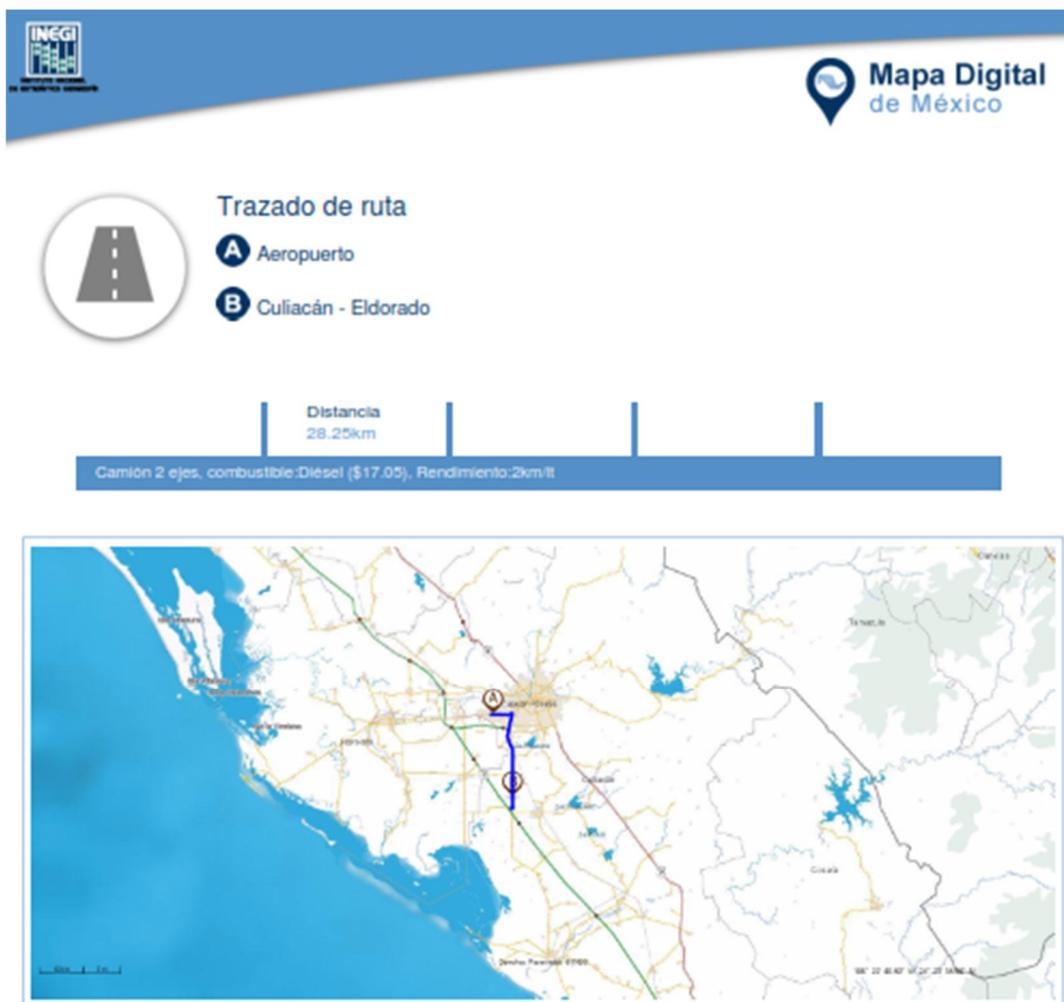
| Sector     | Subsector            | Actividad               | Fuente de Emisión | Instrucciones                                | Dato de Actividad | Unidad | Emisiones GEI [tCO <sub>2</sub> e] | Emisiones CO <sub>2</sub> [tCO <sub>2</sub> ] | Emisiones CH <sub>4</sub> [tCH <sub>4</sub> ] | Emisiones N <sub>2</sub> O [tN <sub>2</sub> O] |
|------------|----------------------|-------------------------|-------------------|--|-------------------|--------|------------------------------------|---|---|--|
| Transporte | Transporte_Terrestre | Camiones_Tractocamiones | Diesel_D          | Ingrese el consumo anual de diesel en litros | 100               | 1      | 0.27                               | 0.27  | 0.00  | 0.00   |

Anexo 9, Distancias desde el lugar de producción de los insumos hasta el sitio de la obra.

Industria del acero, Complejo siderúrgico.



Agregados, productos pétreos para la construcción.



Aluminio, industria metalúrgica.



### Trazado de ruta

- A** Veracruz, Veracruz, Veracruz
- B** Sinaloa, Culiacán, Culiacán Rosales

Distancia  
1577.17km

Camión 5 ejes, combustible:Diésel (\$17.05), Rendimiento:2km/lt



Cemento, Industria de la cal y el cemento.



Trazado de ruta

- A N/D
- B Culiacán - Eldorado

Distancia  
1168.08km

Camión 2 ejes, combustible:Diésel (\$17.05), Rendimiento:2km/lt



Hule, industria química.



### Trazado de ruta

- A** Culiacán - Eldorado
- B** Ignacio Allende

Distancia  
1325.06km

Camión 2 ejes, combustible:Diésel (\$17.05), Rendimiento:2km/lt



Madera, industria de productos de la madera.



### Trazado de ruta

- A** Periférico Francisco R. Almada
- B** Culiacán - Eldorado

Distancia  
1093.29km

Camión 2 ejes, combustible:Diésel (\$17.05), Rendimiento:2km/lt



Mampostería, materiales para mampostería.



### Trazado de ruta

- A** Álvaro Obregón
- B** Culiacán - Eldorado

Tiempo  
0h 34m 14s

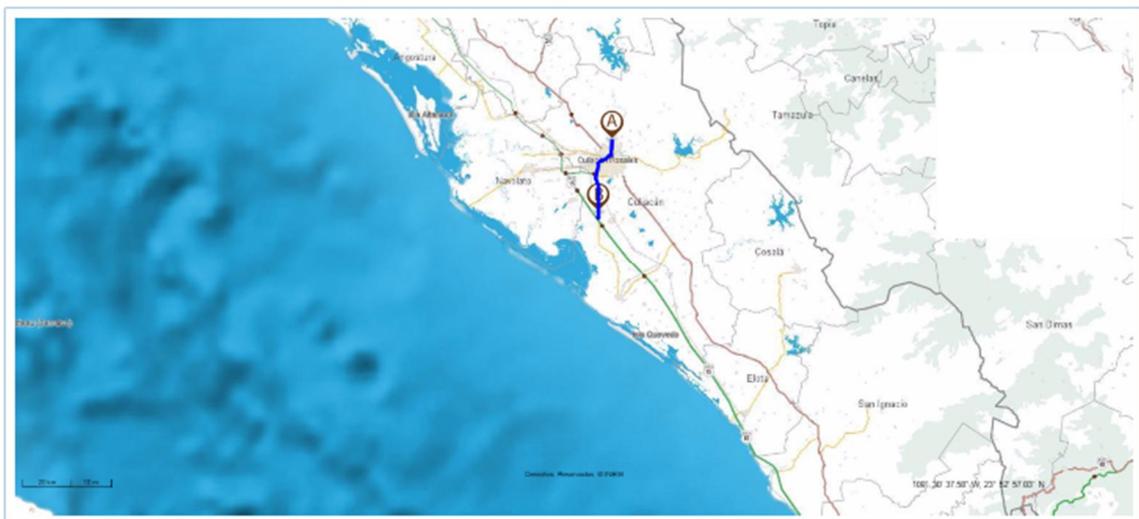
Distancia  
36.76km

Combustible  
\$313.38

Casetas  
\$0.00

Costo total  
\$313.38

Camión 2 ejes, combustible:Diésel (\$17.05), Rendimiento:2km/lt



Pintura, industria química.



### Trazado de ruta

- A** México - Pachuca
- B** Culiacán - Eldorado

Distancia  
1190.61km

Camión 2 ejes, combustible:Diésel (\$17.05), Rendimiento:2km/lt



Vidrio, industria del vidrio y sus productos.

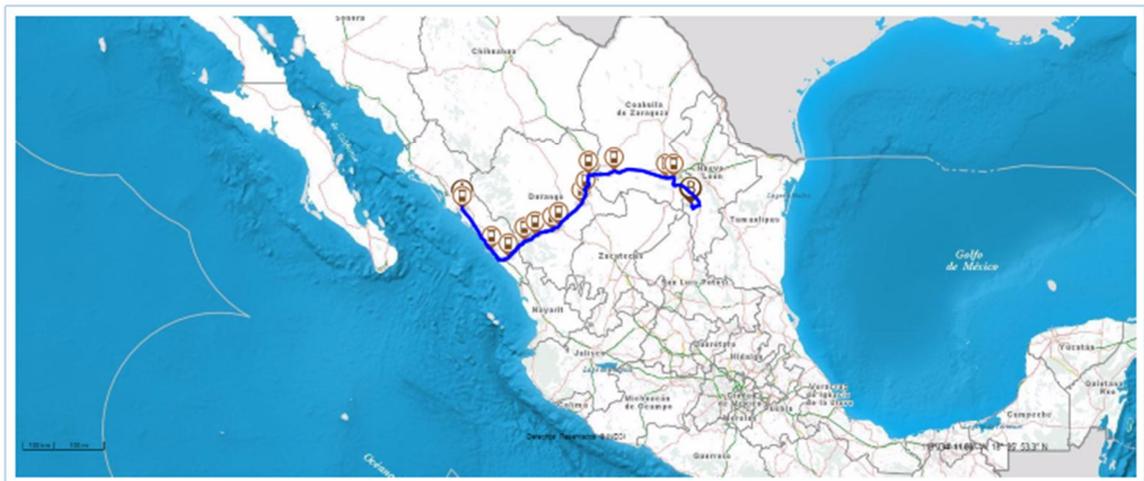


**Trazado de ruta**

- A** Culiacán - Eldorado
- B** La Esperanza \$(El Coyote), Galeana, Nuevo León

Distancia  
1090.17km

Camión 2 ejes, combustible:Diésel (\$17.05), Rendimiento:2km/lt



Anexo 10, Calculadora del RENE para la etapa de construcción.



Tus emisiones anuales son:  tCO<sub>2</sub>e/año

NOTA:  
El resultado de emisiones es indicativo. La calculadora entregará resultados más aproximados a las emisiones reales en la medida en que el usuario ingrese información completa y verdadera. Puede servir como herramienta orientadora para determinar si el sujeto sobrepasa o no el umbral de registro. En ningún caso sustituye la estimación de emisiones que deben realizar los Establecimientos Sujetos a Reporte y no se debe usar como resultado final de sus emisiones anuales, esta calculadora es un instrumento de apoyo. La suma de las emisiones puede no coincidir con el resultado parcial, por el redondeo de cifras.

La SEMARNAT agradece al Banco Interamericano de Desarrollo por su apoyo financiero para llevar a cabo este proyecto

1.- Selecciona el sector, subsector y actividad

2.- Ingresar el dato de actividad en las unidades solicitadas

REINICIAR

| Sector               | Subsector         | Actividad                  | Fuente de Emisión   | Instrucciones   | Dato de Actividad | Unidad | Emisiones GEI [tCO <sub>2</sub> e] | Emisiones CO <sub>2</sub> [tCO <sub>2</sub> ] | Emisiones CH <sub>4</sub> [tCH <sub>4</sub> ] | Emisiones N <sub>2</sub> O [tN <sub>2</sub> O] |
|----------------------|-------------------|----------------------------|---|---|-------------------|--------|------------------------------------|---|---|--|
| Comercio y Servicios | Construcción      | Edificación_no_residencial | Ca2. Únicamente reporta consumo energético - Energía y Transporte | No ingrese información, remítase a la actividad de "Maquinaria de Construcción" y al sector "Energía" y "Transporte". |                   | NA     | -                                  | -   | -   | -  |
| Comercio y Servicios | Construcción      | Maquinaria_construcción    | Gasolinas_maquinaria_construcción                                 | Ingrese el consumo anual de gasolina en litros.   |                   | l      | -                                  | -   | -   | -  |
| Energía              | Energía eléctrica | Consumo_energía_eléctrica  | Consumo_energía_eléctrica   | Ingrese el consumo consumida al año en kWh.   |                   | kWh    | -                                  | -   | -   | -  |

Anexo 11, Calculadora del RENE con el flujo unitario para la maquinaria en etapa de construcción.



Tus emisiones anuales son:  tCO<sub>2</sub>e/año

**NOTA:**  
El resultado de emisiones es indicativo. La calculadora entregará resultados más aproximados a las emisiones reales en la medida en que el usuario ingrese información completa y verdadera. Puede servir como herramienta orientadora para determinar si el sujeto sobrepasa o no el umbral de registro. En ningún caso sustituye la estimación de emisiones que deben realizar los Establecimientos Sujetos a Reporte y no se debe usar como resultado final de sus emisiones anuales, esta calculadora es un instrumento de apoyo. La suma de las emisiones puede no coincidir con el resultado parcial, por el redondeo de cifras.

La SEMARNAT agradece al Banco Interamericano de Desarrollo por su apoyo financiero para llevar a cabo este proyecto

1.- Selecciona el sector, subsector y actividad

2.- Ingresas el dato de actividad en las unidades solicitadas

REINICIAR

| Sector               | Subsector         | Actividad                 | Fuente de Emisión                 | Instrucciones  | Dato de Actividad | Unidad | Emisiones GEI [tCO <sub>2</sub> e] | Emisiones CO <sub>2</sub> [tCO <sub>2</sub> ] | Emisiones CH <sub>4</sub> [tCH <sub>4</sub> ] | Emisiones N <sub>2</sub> O [tN <sub>2</sub> O] |
|----------------------|-------------------|---------------------------|-----------------------------------|--|-------------------|--------|------------------------------------|---|---|--|
| Comercio y Servicios | Construcción      | Maquinaria construcción   | Diesel maquinaria construcción    | Ingrese el consumo anual de diesel en litros   | 1,000             | l      | 3.06                               | 2.77  | 0.00  | 0.00   |
| Energía              | Energía eléctrica | Consumo energía eléctrica | Consumo energía eléctrica         | Ingrese la electricidad consumida al año en kWh<br>- NOTA: el Factor de Emisión empleado es 0.454 kg CO <sub>2</sub> / kWh | 1,000             | kWh    | 0.46                               | -   | -   | -  |
| Comercio y Servicios | Construcción      | Maquinaria construcción   | Gasolinas maquinaria construcción | Ingrese el consumo anual de gasolina en litros   | 1,000             | l      | 2.51                               | 2.42  | 0.00  | 0.00   |

Anexo 12, Flujo unitario por el consumo de energía eléctrica.

Calculadora de emisiones para el Registro Nacional de Emisiones



Versión 4.0

Tus emisiones anuales son:  tCO<sub>2</sub>e/año

Las emisiones son indicativas. La calculadora entregará resultados más aproximados a las emisiones reales que el usuario ingrese información completa y verdadera. Puede servir como herramienta orientadora si el sujeto sobrepasa o no el umbral de registro. En ningún caso sustituye la estimación de emisiones de los establecimientos sujetos a reporte y no se debe usar como resultado final de sus reportes. Esta calculadora es un instrumento de apoyo. La suma de las emisiones puede no coincidir con el total, por el redondeo de cifras.

La SEMARNAT agradece al Banco Interamericano de Desarrollo por su apoyo financiero para llevar a cabo este proyecto

Subsector y actividad

2.- Ingresa el dato de actividad en las unidades solicitadas

REINICIAR

| Actividad                 | Fuente de Emisión         | Instrucciones   | Dato de Actividad | Unidad | Emisiones GEI [tCO <sub>2</sub> e] | Emisiones CO <sub>2</sub> [tCO <sub>2</sub> ] | Emisiones CH <sub>4</sub> [tCH <sub>4</sub> ] | Emisiones N <sub>2</sub> O [tN <sub>2</sub> O] |
|---------------------------|---------------------------|---|-------------------|--------|------------------------------------|---|---|--|
| Consumo energía eléctrica | Consumo energía eléctrica | Ingrese la electricidad consumida al año en kWh - NOTA: el Factor de Emisión empleado es 0.454 kg CO <sub>2</sub> / kWh | 370,000           | kWh    | 169.46                             | -   | -   | -  |