



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**PLANIFICACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN MÁS
LIMPIA EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN EL ÁREA METROPOLITANA
DEL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA (AMG)**

Raúl Estuardo Sum Hernández

Asesorado por el Ing. Julio Roberto Luna Aroche

Guatemala, febrero de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PLANIFICACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN MÁS
LIMPIA EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN EL ÁREA METROPOLITANA
DEL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA (AMG)**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

RAÚL ESTUARDO SUM HERNÁNDEZ
ASESORADO POR EL ING. JULIO ROBERTO LUNA AROCHE

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL
GUATEMALA, FEBRERO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoá
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. Mario Roberto Ávila Valdez
EXAMINADOR	Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano
EXAMINADORA	Inga. Mercedes Ofelia García Marroquín
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

PLANIFICACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN EL ÁREA METROPOLITANA DEL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA (AMG)

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 31 de octubre de 2011.



Raúl Estuardo Sum Hernández



CENTRO DE ESTUDIOS SUPERIORES
DE ENERGÍA Y MINAS
- CESEM -
Tel.: 24 18 91 39

CESEM 002-2015.

Guatemala, 15 de enero de 2015.

Ingeniero
Wuillian Ricardo Yon Chavarría,
Coordinador del Área de Planeamiento
Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería/ USAC

Ingeniero Yon:

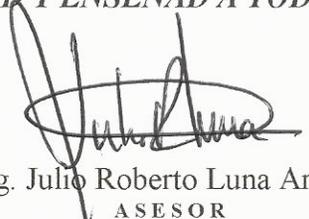
Por medio de la presente me dirijo a usted para desearle éxitos en sus labores diarias.

El motivo de la presente es para informarle que he asesorado al estudiante **RAÚL ESTUARDO SUM HERNÁNDEZ**, con número de carnet **87-11815**, en su trabajo de graduación que lleva por título **PLANIFICACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN EL ÁREA METROPOLITANA DEL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA -AMG-**.

Luego de haber propuesto correcciones y el estudiante haberlas realizado, **apruebo** este trabajo de graduación para que el mismo sea sometido a su consideración y posteriormente a una aprobación final.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Julio Roberto Luna Aroche
ASESOR
DIRECTOR

CENTRO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE ENERGÍA Y MINAS -CESEM-



cc. archivo
zv/



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,

12 de febrero de 2015

Ingeniero

Hugo Leonel Montenegro Franco

Director Escuela Ingeniería Civil

Facultad de Ingeniería

Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación PLANIFICACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN EL ÁREA METROPOLITANA DEL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA -AMG-, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Raúl Estuardo Sum Hernández, quien contó con la asesoría del Ing. Julio Roberto Luna Aroche.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ESCUELA DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
PLANEAMIENTO
USAC
ID Y ENSEÑANZA A TODOS

Ing. Wuillian Ricardo Yon Chavarría
Jefe Del Departamento de Planeamiento

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Julio Roberto Luna Aroche y del Jefe del Departamento de Planeamiento, Ing. Wuillian Ricardo Yon Chavarría, al trabajo de graduación del estudiante Raúl Estuardo Sum Hernández, titulado PLANIFICACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN EL ÁREA METROPOLITANA DEL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA -AMG-, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Hugo Leonel Montenegro Franco
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, febrero 2015

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **PLANIFICACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN EL ÁREA METROPOLITANA DEL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA (AMG)**, presentado por el estudiante universitario: **Raúl Estuardo Sum Hernández**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 24 de febrero de 2015

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios nuestro señor** Gracias por la fortaleza y bendiciones recibidas a lo largo de mi vida.
- Mis padres** Francisco Sum Cayax (q.e.p.d.) y María del Rosario Hernández (q.e.p.d.), por darme el mejor ejemplo para seguir el camino correcto en la vida, y por su enorme sacrificio realizado para obtener este triunfo.
- Mi esposa** María Consuelo Castillo Cruz (q.e.p.d.), tu esfuerzo ha sido recompensado con la bendición en tus hijos.
- Mis hijos** Gerbert Estuardo, Cáterin Rosario y Jordy Alejandro, con todo mi amor y mi mayor anhelo que la misericordia de Dios ilumine hoy y siempre sus vidas.
- Mis hermanos y hermanas** En especial a José Francisco y Carmela del Rosario Sum Hernández, gracias por su apoyo incondicional brindado, el cual sirvió para alcanzar este triunfo.
- Mis cuñados y cuñadas** En especial a Julio García, tu apoyo fue fundamental.

Mis sobrinos y sobrinas

Que este trabajo sea un buen ejemplo para que la recompensa a su esfuerzo sea alcanzar sus metas.

Mis tíos y primos

Usted

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por darme la oportunidad de estudiar una carrera universitaria.

Facultad de Ingeniería

Por dame la oportunidad de estudiar en sus aulas.

Mi asesor

Ing. Julio Roberto Luna Aroche, por su dedicación y tiempo incondicional invertido en este trabajo de graduación.

Ingenieros

Ing. Sergio Vinicio Castañeda Lemus, por tu inestimable amistad y apoyo oportuno.

Ing. Oscar Rolando Martínez Guerra (q.e.p.d.), por su valiosa amistad y apoyo.

Bibliotecaria General

Astrid Contreras, por apoyarme en la finalización de este proyecto.

Mis compañeros y amigos

y todas las personas que de una u otra forma han colaborado para alcanzar esta meta.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA	1
1.1. Definición.....	1
1.2. Generalidades	1
1.3. Normativa existente.....	3
1.4. Herramientas auxiliares	4
1.4.1. Clasificación.....	5
1.4.2. Tipos de herramientas	6
1.5. Metodología de aplicación	9
2. INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN	11
2.1. Definición	11
2.2. Antecedentes	11
2.3. Importancia socioeconómica	11
2.4. Características	13
2.4.1. Materiales	15
2.4.2. Mano de obra.....	17
2.4.3. Seguridad e higiene industrial	18
2.5. Clasificación	19

2.6.	Gestión ambiental en el sector	19
2.6.1.	Definición	20
2.6.2.	Generalidades	20
2.6.3.	Fases	21
2.7.	Legislación ambiental	22
2.7.1.	Internacional	22
2.7.2.	Nacional	23
2.7.2.1.	Constitución de la República	23
2.7.2.2.	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)	25
2.7.2.3.	Municipalidades.....	26
2.7.2.4.	Otras instituciones relacionadas.....	26
3.	PROYECTOS CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA	27
3.1.	Antecedentes	27
3.2.	Sistemas constructivos.....	28
3.3.	Características construcción de vivienda	29
3.3.1.	Renglones de trabajo	30
3.3.2.	Descripción de actividades.....	30
3.3.3.	Manejo de materiales	37
3.3.4.	Seguridad e higiene	39
3.3.5.	Aspectos ambientales significativos	40
3.3.6.	Impactos ambientales	41
3.3.6.1.	Descripción	41
3.3.6.2.	Tipos	42
3.3.6.2.1.	Impactos típicos causados por la ejecución de una obra civil	42

	3.3.6.2.2.	Impactos ambientales relacionados con los materiales de construcción	44
	3.3.7.	Medidas de mitigación	45
4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS		51
	4.1.	Generalidades	51
	4.2.	Actividades preliminares	51
	4.2.1.	Selección de la muestra	52
	4.3.	Trabajo de campo	53
	4.3.1.	Técnicas y herramientas utilizadas.....	53
	4.3.2.	Descripción visitas a proyectos.....	54
	4.3.3.	Descripción entrevistas.....	55
	4.3.4.	Descripción encuesta	55
		4.3.4.1. Tipo de encuestas utilizado	56
		4.3.4.2. Estructura de la encuesta.....	56
	4.3.5.	Matriz de identificación de impactos ambientales...	56
	4.4.	Tabulación y análisis de información	57
	4.4.1.	Evaluación entrevistas y visitas	57
	4.4.2.	Evaluación encuesta.....	58
	4.4.3.	Evaluación matriz ambiental.....	71
	4.4.4.	Análisis de resultados.....	75
5.	ACCIONES PROPUESTAS PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA		79
	5.1.	Descripción	79
	5.2.	Tipos de acciones.....	80
	5.2.1.	Materia prima.....	82
	5.2.2.	Transporte de materiales e insumos.....	83

5.2.3.	Agua	84
5.2.4.	Energía	84
5.2.5.	Residuos	85
5.2.6.	Aire	86
5.2.7.	Suelo	86
5.3.	Beneficios.....	87
CONCLUSIONES.....		89
RECOMENDACIONES		93
BIBLIOGRAFÍA.....		95
ANEXOS.....		99

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Fases proyectos construcción de viviendas	12
2.	Sistemas constructivos de vivienda.....	29
3.	Actividades preliminares construcción de vivienda	32
4.	Diferentes sistemas de construcción de muros	33
5.	Diferentes actividades de construcción	37
6.	Manejo materiales y equipo en obra	38
7.	Opciones relacionadas con la optimización de procesos	80
8.	Opciones relacionadas con buenas prácticas de operación.....	81
9.	Opciones relacionadas con los cambios tecnológicos	81
10.	Beneficios ambientales Producción más Limpia	88

TABLAS

I.	Materiales de construcción peligrosos para la salud humana	40
II.	Residuos generados en el proceso de construcción de viviendas ...	42
III.	Impactos ambientales principales materiales de construcción.....	44
IV.	Materiales alternativos construcción de viviendas	48
V.	Resumen resultados datos generales empresa.....	59
VI.	Resumen resultados datos encuestados	61
VII.	Resumen resultados datos proyecto.....	62
VIII.	Resumen resultados datos organización en obra	63
IX.	Resumen resultados datos información ambiental	68

X.	Resumen impactos ambientales proyectos construcción de vivienda	72
----	---	----

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Área
cm	Centímetro
CS	Construcción sostenible
°C	Grado Celsius
h	Hora
kg	Kilogramo
m	Metro
m²	Metro cuadrado
µg/m³	Microgramo por metro cúbico
mg/l	Miligramo por litro
ppm	Partes por millón
%	Porcentaje
P + L	Producción más Limpia
T	Tonelada
u	Unidad

GLOSARIO

Ambiente	Conjunto o sistema de elementos naturales y artificiales de naturaleza física, química, biológica o sociocultural, en constante interacción y en permanente modificación por la acción humana o natural, que rige y condiciona la existencia y desarrollo de la vida en sus múltiples manifestaciones.
AMG	Área Metropolitana del departamento de Guatemala.
Área de influencia	Es el espacio sobre el cual inciden los impactos directos e indirectos de un proyecto o actividad.
Aspecto ambiental	Elementos de las actividades, productos o servicios de una organización que pueden interactuar con el medio ambiente.
Caracterización	Determinar cuantitativa y cualitativamente los atributos físicos, químicos, biológicos, económicos, sociales, entre otros, de las unidades productivas y/o de servicios, y sus impactos.
Contaminación	Es un cambio perjudicial en las características físicas, químicas y biológicas del ambiente que puede afectar la vida humana, animal o vegetal.

Contenedor	Se refiere a cualquier recipiente en el cual un material es almacenado, transportado, o manipulado de algún modo.
Control de calidad	Es el proceso mediante el cual se verifican las condiciones de los materiales que se utilizan, de acuerdo con las especificaciones requeridas y se vela por la idoneidad de las actividades de la ejecución de la consultoría y de la obra.
Disposición final	Se entiende por disposición final toda operación de eliminación de residuos peligrosos que implique la incorporación de los mismos a cuerpos receptores, previo tratamiento.
Emisiones atmosféricas	Son las descargas de una o varias sustancias o elementos al aire, en estado sólido, líquido o gaseoso o en alguna combinación de estos, proveniente de una fuente fija o móvil.
Impacto ambiental	Alteración negativa o positiva del medio natural o modificado como consecuencia de actividades de desarrollo, que puede afectar la existencia de la vida humana, así como los recursos naturales renovables y no renovables del entorno.
Medidas de prevención	Son tareas, actividades y obras que se diseñan e implementan con el propósito de prevenir o evitar los impactos que puede generar el proyecto, obra o actividad.

Medidas de mitigación	Son tareas, actividades y obras que se diseñan e implementan con el propósito de mitigar o disminuir los impactos generados por el proyecto, obra o actividad.
Medidas de corrección	Son tareas, actividades y obras que se diseñan e implementan con el propósito de corregir o recuperar las condiciones ambientales existentes antes del desarrollo del proyecto, obra o actividad.
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
Proyecto, obra o actividad	Un proyecto, obra o actividad incluye la planeación, ejecución, emplazamiento, instalación, construcción, montaje, ensamble, mantenimiento, operación, funcionamiento, modificación, y desmantelamiento, abandono, terminación, del conjunto de todas las acciones, usos del espacio, actividades e infraestructura relacionadas y asociadas con su desarrollo.
RCD	Residuos de construcción y demolición.
Recurso natural	Es el elemento natural susceptible de ser aprovechado por el ser humano.

Residuo

Se entiende por residuo cualquier objeto, sustancia o elemento en forma sólida, semisólida, líquida o gaseosa, que no tiene valor de uso directo y que es descartado por quien lo genera. Siendo un desecho cualquier residuo que tiene un valor por su uso potencial de reúso y basura aquél que no lo tiene.

Tecnologías limpias

Técnicas y aplicaciones tecnológicas que permiten reducir el daño al medio ambiente con procesos y materiales que generan menos sustancias potencialmente nocivas, recuperan dichas sustancias de las emisiones antes de ser descargadas, o utilizan los residuos de los procesos de producción. En la evaluación de estas tecnologías se debe tener en cuenta su interacción con las condiciones socioeconómicas y culturales en las que son aplicadas. También se denominan tecnologías ambientales o tecnologías relacionadas con el medio.

Tratamiento

Proceso artificial de depuración y remoción de impurezas, sustancias y compuestos químicos del agua captada de cursos naturales, para hacerla adecuada para consumo humano o de cualquier tipo de efluente líquido, para adecuar su calidad para disposición final.

RESUMEN

El presente trabajo recoge la información sobre aspectos de Producción más Limpia y la industria de la construcción, se evalúa la posibilidad de implementar un sistema de gestión de este tipo en la construcción de viviendas. Mencionar sus ventajas y beneficios, así como su aplicación en la construcción, con lo que se puede conseguir una mejor competitividad y calidad de vida para el entorno de la empresa, mejoramiento de la imagen de la misma e incluso ganancias.

Como toda actividad, la construcción deja consecuencias para el medio ambiente y la sociedad en general, para esto la forma más recomendada para disminuir este problema es la aplicación de un sistema de Producción más Limpia adecuado para cada sector en la construcción. Los residuos y formas de energía descargados al ambiente en forma de contaminación, constituyen un signo de que los recursos han sido usados en forma incompleta o ineficiente.

Esta investigación es necesaria e importante ya que aportará al conocimiento y a la importancia de construir la vivienda bajo una perspectiva sistémica, mediante la cual los efectos sobre el sistema ambiental sean mínimos.

OBJETIVOS

General

Proponer acciones por medio de las herramientas de Producción más Limpia, que permitan identificar y reducir los impactos ambientales generados durante la construcción de viviendas en el área metropolitana del departamento de Guatemala.

Específicos

1. Presentar las herramientas de Producción más Limpia como forma de elevar las empresas de construcción a los estándares ambientales vigentes en Guatemala, produciendo de manera sustentable y amigable con el entorno.
2. Identificar, caracterizar y evaluar las actividades e impactos ambientales generados durante la construcción de viviendas en el área metropolitana del departamento de Guatemala.
3. Proponer una guía para la aplicación e implementación de Producción más Limpia en la construcción de viviendas.
4. Evaluar los beneficios económicos generados por la implementación de un sistema Producción más Limpia para las empresas de construcción.

5. Contribuir a mantener y mejorar el medio ambiente en Guatemala a través de reducir los impactos ambientales generados durante las actividades de la construcción de viviendas.

6. Impulsar la gestión ambiental dentro de las empresas constructoras de vivienda en Guatemala.

INTRODUCCIÓN

El desempeño ambiental de una empresa de construcción es de creciente importancia, su logro requiere del compromiso de la organización. En la consecución del desarrollo sostenible se tiene una responsabilidad colectiva de realizar acciones encaminadas a proteger el medio ambiente que deben contemplar la adopción de prácticas de producción y consumo sostenibles. Dentro de estos la Producción más Limpia y otras estrategias preventivas, como la construcción sostenible, son opciones adecuadas para conseguir tales fines y que requieren el desarrollo, el respaldo y la aplicación de medidas específicas.

El capítulo uno incluye aspectos teóricos sobre Producción más Limpia como lo son su definición, generalidades, normativa y las herramientas y metodología para su aplicación. En el capítulo dos, se presentan conceptos sobre la industria de la construcción, entre estos la definición, antecedentes, importancia, características, clasificación, gestión y legislación ambiental entre otros.

Dentro del capítulo tres se desarrolla el tema de los proyectos de vivienda, presentando los antecedentes, sistemas constructivos, características, aspectos ambientales significativos y las medidas de mitigación necesarias. El capítulo cuatro, contiene la tabulación de la información y el análisis de los resultados.

El capítulo cinco contiene las acciones propuestas dentro de los sistemas de Producción más Limpia que se pueden aplicar en la construcción de vivienda. Al final se presentan las conclusiones y recomendaciones productos del presente trabajo, esperando que sean de interés para los relacionados con el tema del estudio.

1. PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

1.1. Definición

- “Es la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integral a los procesos, a los productos y a los servicios para reducir los riesgos relevantes a los seres humanos y al medio ambiente.”¹
- “Generación de productos de una manera sustentable, a partir de la utilización de materias primas renovables, no peligrosas y de una manera energéticamente eficiente, conservando a la vez la biodiversidad.”²

1.2. Generalidades

Producción más Limpia (P+L) surgió en los años ochenta en los países desarrollados como una respuesta a los altos costos de los tratamientos de los residuos, es una metodología de carácter preventivo que las empresas pueden aplicar a sus procesos productivos para minimizar los residuos y emisiones en el origen, reduciendo los riesgos para la salud humana y el medio ambiente y elevando simultáneamente la productividad y competitividad.

¹ Gobierno Nacional de Panamá. *Guía de producción más limpia para el sector construcción*. p. 57.

² IBÁÑEZ MUÑOZ, Hugo Antonio. *Producción limpia en la construcción*. p. 1.

El principio básico de la producción limpia es aumentar la eficiencia global del proceso, previniendo las pérdidas de materiales y energía; reorienta la jerarquía de la gestión de los contaminantes, considerando las oportunidades de prevención de la contaminación antes de recurrir a medidas de reducción de la contaminación que a la larga generan costos de producción altos y un menor beneficio al ambiente.

Dentro de las ventajas de la prevención de la contaminación se pueden mencionar las siguientes:

- Reducción del riesgo ambiental.
- Reducción del riesgo para la salud y de accidentes.
- Ahorros en materias primas, agua y energía.
- Aumento de la productividad y la calidad de los productos.
- Mejora de la estructura de trabajo, racionalizándola, y del nivel tecnológico de la empresa (nuevos equipos, nuevos métodos de control, entre otros.)
- Ahorros en la gestión y tratamiento de residuos y emisiones.
- Al replantear procesos, procedimientos, etapas, materiales, ayuda a superar hábitos rutinarios.
- Mejora de la imagen de la empresa frente al mercado, la sociedad, las administraciones, otros.

- Ayuda a satisfacer los crecientes requerimientos ambientales

1.3. Normativa existente

La filosofía de la P+L empezó a mediados de los ochenta; sin embargo, tuvo su mayor notoriedad en 1992 gracias al impulso de las Naciones Unidas en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD). En los últimos años se ha manifestado en el mundo una creciente preocupación por el medio ambiente, debido a lo cual se ha firmado una serie de convenios y acuerdos internacionales para proteger los recursos naturales y disminuir la contaminación.

En el ámbito nacional también se ha avanzado considerablemente en el tema, implementando diversas herramientas de gestión ambiental para responder a las expectativas nacionales e internacionales de producción y cuidado del medio ambiente.

- Los sistemas de Producción más Limpia fueron incorporados al ordenamiento jurídico guatemalteco por medio del Protocolo de Kioto de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático.
- En 1999, con el apoyo de las Naciones Unidas, la Cámara de Industria de Guatemala (CIG) junto con otras entidades del sector privado y universidades, establecieron el Centro Guatemalteco de Producción más Limpia (CGP+L), para hacer a las empresas nacionales más eficientes, competitivas y compatibles con el ambiente.

- Acuerdo Gubernativo Número 388-2005 que designa al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales como la autoridad nacional designada encargada del "Mecanismo de Desarrollo Limpio".
- Acuerdo Ministerial Número 477-2005: crea la Oficina Nacional de Desarrollo Limpio y emite el Reglamento del Procedimiento de Solicitud, Análisis, Valoración y Aprobación Nacional de las Propuestas de Proyectos que apliquen al Mecanismo de Desarrollo Limpio.
- Acuerdo Gubernativo 258-2010. Política Nacional de Producción más Limpia.

Además de las leyes existentes también existen parámetro "voluntarios", pero que hoy en día se hacen indispensables para una competitividad aceptable (certificación de la empresa con parámetros internacionales), dentro de estos estándares, uno de los más importantes son la serie de normas internacionales ISO 14000 (medio ambiente) e ISO 9000 (sistemas de calidad).

La Organización Internacional de Normalización creada en 1946, es el organismo encargado de promover el desarrollo de normas internacionales de fabricación, comercio y comunicación para todas las ramas industriales a excepción de la eléctrica y la electrónica.

1.4. Herramientas auxiliares

Son técnicas que permiten definir el estado ambiental tanto de un proceso como de un producto, además de apoyar estrategias y sistemas de tipo ambiental, que tienen como objetivos el diseño, verificación e implantación de

un sistema de gestión ambiental además de facilitar la toma de decisiones tanto de tipo administrativa como de tipo productivo.

1.4.1. Clasificación

Se pueden clasificar de diferente manera de acuerdo al criterio que se aplique:

- Según su estructura en:
 - Función: se clasifica en gestión, diagnóstico, priorización y mejoramiento.
 - Unidad de análisis: se enfoca en el entorno, en la entidad como un todo, en procesos, en el producto y en la cadena de producción.
- Según el tipo de resultado:
 - Cualitativo: la evaluación de impacto ambiental y las matrices de resumen de producto.
 - Cuantitativo: producen datos absolutos y datos relativos que son el resultado de comparar el desempeño ambiental entre unidad de análisis y el ambiente de la empresa en general.

1.4.2. Tipos de herramientas

La mejor manera de escoger las herramientas es analizar el tipo de información que se va a manejar, y hasta donde llega su alcance, y luego de eso, se ve en que área de la empresa se aplica dicha información y gestión. Entre las principales herramientas de Producción más Limpia se tienen las siguientes:

- Matriz MED: tiene como principal función determinar la relación directa con los distintos impactos ambientales, buscando evitarlos y reducirlos en lo máximo posible y por ende, lograr un proceso productivo más limpio.
- Análisis de riesgo: su objetivo es analizar la probabilidad de efectos sobre el ambiente. Su característica principal es la visión probabilística de los efectos. Algunos de las relaciones de estos riesgos son: riesgos a la salud humana y riesgo sobre el ecosistema de una región en particular.
- Eco balance: se define como un método estructurado para controlar los flujos que ocurren hacia el interior y exterior de una organización en particular y durante un específico periodo de tiempo.
- Análisis del ciclo de vida: se usa para determinar y evaluar los impactos ambientales que puede generar un producto durante sus diferentes etapas y actividades de transformación, incluyendo desde la fabricación y selección de materias primas, fabricación del producto en si, uso mantenimiento y exposición de residuos.

- Eco diseño: es una metodología implementada para el diseño de productos industriales, en el cual el medio ambiente es considerado a la hora de tomar decisiones durante el proceso de desarrollo de productos como factor adicional a los que tradicionalmente se han tenido en cuenta, desde la obtención de materias primas para su producción hasta su eliminación una vez sea desechado.
- Eco indicador: se puede definir como la medida del comportamiento de un problema desde el punto de vista ambiental; su propósito es brindar información sobre el desempeño ambiental de una industria para desarrollar acciones que aumenten la conciencia ambiental interna y externa de la empresa, medir el mejoramiento, dirigir innovaciones, lograr metas, responder a presiones del mercado e implementar estrategias de gestión.
- Auditorías ambientales: tienen como función principal, la revisión de todos los procesos involucrados en una empresa buscando como resultado la optimización de dichos procesos, específicamente a nivel ambiental y desarrollados con base en los parámetros establecidos por los estudios y análisis previos.
- Análisis de flujo: es una herramienta de inventario utilizada para identificar todas las posibles fuentes de generación de desechos o consumos excesivos de materiales en cada unidad de producción de una empresa.

- Eco etiquetas: son logotipos otorgados por un organismo oficial que indican que el producto que la lleva tiene baja incidencia medioambiental y que, por tanto, es más respetuoso con el entorno que otros productos que hacen la misma función. Son de carácter voluntario y, generalmente, cuentan con el soporte de las ACV (análisis de ciclo de vida) del producto.
- Contabilidad ambiental: las crecientes preocupaciones de orden ambiental de diversos organismos e instituciones, públicas y privadas, regionales, nacionales e internacionales, dándole por demás, preponderancia a la combinación de intereses económicos, sociales, culturales y políticos, ha involucrado a la contabilidad junto con otras disciplinas a la búsqueda de respuestas a los múltiples problemas que el debate ambiental plantea en los actuales momentos.
- Revisión inicial ambiental: la posición actual de una organización con respecto al medio ambiente se puede establecer por medio de una revisión medio ambiental inicial.
- Ecomapping: es una herramienta creativa que ayuda a las compañías pequeñas a poner la gerencia, ISO 14001 y EMAS en ejecución ambientales; su propósito es proveer a las compañías pequeñas y de las organizaciones una herramienta libre, visual, simple y práctica analizar y manejar su comportamiento ambiental.

1.5. Metodología de aplicación

La implementación se lleva a cabo por medio de la ejecución de "evaluaciones de P+L"; son procedimientos planificados y sistemáticos con el objetivo de identificar formas de reducir o eliminar la generación de residuos y emisiones. Es necesario un cambio de actitudes, la gente necesita incentivos para trabajar hacia un enfoque integrado y sistemático de protección ambiental, sin la participación de todos los trabajadores de la empresa en todos los niveles, será muy difícil obtener buenos resultados.

Para lograr la implementación de un sistema de P+L, se deben de aplicar las siguientes recomendaciones:

- Desarrollar una política ambiental corporativa que sea comprensiva, centrada en la prevención.
- Establecer metas corporativas para el programa de P+L, con objetivos específicos cuantificables.
- Asignar responsabilidades, tiempo y apoyo financiero para el programa de P+L.
- Involucrar a los empleados de todos los niveles.
- Desarrollar procedimientos de auditoría para la reducción de residuos dentro de cada etapa de los procesos de producción.
- Obtener y utilizar la mejor información técnica posible, sobre los criterios de reducción de residuos.

- Monitorear y evaluar el progreso del programa de P+L.
- Informar regularmente a todos los empleados sobre el progreso adelantado.
- Producir recompensas por los esfuerzos individuales y colectivos exitosos para implantar la P+L.

2. INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

2.1. Definición

“La industria de la construcción es aquella que desarrolla y realiza las infraestructuras necesarias, tanto obras civiles, como para uso particular y de servicio.”³

2.2. Antecedentes

La construcción es una actividad básica fundamental de toda sociedad. La construcción es la actividad necesaria para llevar la arquitectura a obras realizadas. Permite desarrollar la expresión material de una idea, mediante la creación de espacios habitables producto de la arquitectura como ciencia.

Se define como tecnología de la construcción al conjunto de máquinas y herramientas, insumos materiales y productos, procesos y conocimientos, de que dispone la sociedad en un momento determinado.

2.3. Importancia socioeconómica

La construcción se refiere a la acción de construir, de crear, de hacer, de ordenar y juntar un conjunto de partes necesarias de acuerdo tanto a una planificación como a los diversos medios que se tengan a disposición.

³ DÁVILA ELÍAS, Edgar Alejandro. *Actualidad y desarrollo del uso del vidrio en la construcción*. p. 1.

El sector de la construcción se ha mostrado siempre como uno de los más dinámicos de la economía de Guatemala y ha mantenido unos niveles de crecimiento elevados con un ritmo sostenido, los que han permitido, generar y mantener un volumen importante de empleos directos, al igual que indirectos, ya que la construcción es un potente generador de empleo en otras ramas de la producción, sean industriales o de servicios, dado que en su estructura de costos incorpora múltiples productos y servicios; la producción de concreto también ha ido en aumento.

En la siguiente figura se presentan las distintas fases y actividades de los proyectos de construcción de viviendas.

Figura 1. **Fases proyectos construcción de viviendas**



Fuente: Gobierno Nacional de Panamá. *Guía de Producción más Limpia para el sector construcción.* p. 99.

2.4. Características

La gran mayoría de las industrias se caracterizan por productos de alta calidad, entrega oportuna, costos razonables de servicio y bajos índices de falla, mientras que la industria de la construcción se caracteriza por todo lo contrario. Dentro de las actividades industriales la actividad constructora es la mayor consumidora, junto con la industria asociada, de recursos naturales como pueden ser madera, minerales, agua y energía.

La construcción como actividad productiva tiene unas características que pueden ser un inconveniente a la hora de aplicar controles de calidad. Estas características son:

- La construcción es una industria nómada, una vez terminada una obra se desplazan a otro lado.
- La construcción es una industria muy tradicional con gran inercia los cambios y poca innovación tecnológica.
- La construcción utiliza mano de obra intensiva poco cualificada, el empleo de estas personas tiene carácter ocasional y sus posibilidades de promoción son pocas. Todo ello repercute en una baja motivación en el trabajo y disminución en la calidad.
- Es un gran motor de la economía de una región o país, capaz de generar cientos de miles de empleos no cualificados en su mayoría.

- Interactúa con muchas otras industrias tanto fabricantes de productos como prestadoras de servicios, las cuales, dependen directa o indirectamente de la construcción como motor de empuje.
- En la construcción el producto es único o casi único en la vida de cada usuario por lo tanto la experiencia del usuario final no repercute posteriormente en la fabricación y mejora de los posteriores productos por lo tanto en la construcción el usuario influye muy poco en la calidad del producto.
- La construcción emplea especificaciones complejas, a menudo contradictorias y no pocas veces confusas. Las calidades resultan mal definidas en el origen.
- En construcción las responsabilidades aparecen dispersas y poco definidas, lo que siempre origina zonas de sombra para la calidad final.
- La industria de la construcción se ve fácilmente afectada por las recesiones económicas.
- Muchas decisiones se basan solo en la experiencia no en la investigación.
- El grado de precisión con que se trabaja en construcción, es en general mucho menor que en otras industrias, cualquiera que sea el parámetro que se contemple: el diseño, el presupuesto, los plazos, la resistencia mecánica, otros, la consecuencia es que en construcción, el sistema es demasiado flexible.

- Poca o nula inversión en investigación y desarrollo.
- Facilidad para la creación de promotoras, consorcios y uniones temporales, con la necesidad de desarrollar una estructura administrativa de acuerdo a las características técnicas del proyecto, volumen de obra, lugar de construcción y presupuesto asignado.
- Largas cadenas de subcontratación para el desarrollo de las diferentes actividades del proceso constructivo (estudios preliminares, excavación, cimentación, estructura, instalaciones, mampostería y acabados).
- El sector de más alta rotación de trabajadores e inestabilidad laboral, por el cambio permanente de los requerimientos de la mano de obra de acuerdo al avance del proyecto constructivo.
- Largas jornadas laborales.
- Finalmente los aspectos relacionados con la calidad en la edificación suelen limitarse a áreas excesivamente estrechas y especializadas, referida principalmente al control de materiales y su proceso de ejecución.

2.4.1. Materiales

Genéricamente son todos los elementos, de diferente naturaleza, composición y forma, que integran las obras de construcción; se incluyen las materias primas utilizadas en forma natural como otros materiales elaborados con estas y otros elementos que se pueden conformar a partir de esos materiales.

Cada material tiene características como resistencia, color, textura y modo de trabajar que le son propios, así como sus ventajas y sus desventajas; pueden ser realizados en la edificación o pueden ser preparados en talleres fuera de la obra, de una manera o de otra pueden ser elaborados por muy diversos materiales, lo cual convierte a estos en uno de los factores que definen una edificación, pueden ser clasificados de diferentes maneras y criterios, a continuación se presentan algunos:

- Materiales según su origen: se fundamentan en el origen y naturaleza del material (pétreos naturales o artificiales, aglomerantes, artificiales aglomerados, orgánicos, plásticos e incluso pinturas de diferentes finalidades).
- Materiales según su complejidad: se fundamenta en definirlos como elementos o partes constituyentes que permiten la realización de una obra constructiva. Se consideran como productos de construcción, que pueden tener diferentes niveles de complejidad y formas de participación en la conformación de la obra. Es factible determinar varios términos para identificar estos elementos, tales como:
 - Materiales simples: pueden ser a su vez, de acuerdo a su obtención, de origen natural o artificial (la tierra, madera, la arena, la cal, el cemento, entre otros).
 - Semicomponentes: elementos preparados a partir de materiales simples, pueden ser preformados y no preformados.
 - Componentes constructivos o productos más acabados.

La selección de los diferentes materiales de construcción debe tomar en cuenta variables tales como accesibilidad, durabilidad, apariencia y costo; siendo importante el conocimiento que de ellos se tenga para así poder ser aplicados y usados de la mejor manera posible.

2.4.2. Mano de obra

La mano de obra es uno de los componentes fundamentales del proceso constructivo, en una obra se tienen profesionales y técnicos de diferentes ramas que garantizan su calidad, en términos de cumplimiento de los diseños y especificaciones técnicas. En muchos casos se recurre a la subcontratación en términos de cantidad de obra, de algunas actividades específicas del proceso constructivo de la edificación, tales como: instalaciones hidráulicas, instalaciones eléctricas, pintura y limpieza, entre otras.

Las técnicas y los materiales utilizados, junto a la habilidad del personal que aplica dicha técnica constituyen los factores determinantes en el producto final, la edificación, estas se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Técnicas de construcción artesanales: se refieren a los procesos artesanales de construcción de edificaciones, donde la realización requiere de la participación de un personal especializado, un artesano, que repite esos procesos de forma particular sin variaciones, con un esfuerzo físico determinado.
- Técnicas de construcción industriales: describen los procesos de producción de edificaciones donde el uso de equipos, maquinarias específicas e insumos materiales predominan sobre la mano de obra.

- Técnicas de construcción semi industrializadas: referidas a los procesos donde la organización de la producción está determinada por la organización de la mano de obra.
- Técnicas de construcción industrializadas: son los procesos donde predomina claramente la utilización de los equipos sobre la mano de obra y donde la maquinaria es el centro de la organización de la producción.

2.4.3. Seguridad e higiene industrial

La higiene industrial es una rama de la ingeniería dedicada a la identificación, evaluación y control de aquellos factores ambientales que se originan en los lugares de trabajo y que pueden causar perjuicio o enfermedades a la salud o al bienestar de los trabajadores o a los ciudadanos en general.

La prevención de accidentes es prioritaria en cualquier proyecto de construcción, toda empresa debe contar con un análisis de riesgos para determinar el nivel de riesgo en la obra. Los peligros principales en obras de construcción, residen principalmente en las obras de excavación, el movimiento de cargas y los trabajos en altura, generan factores altos de riesgo que deben ser previstos y atendidos por la empresa constructora, con el fin de prevenir posibles accidentes e imprevistos que coloquen en peligro la salud y la vida de los trabajadores y vecinos de la obra.

2.5. Clasificación

Los proyectos de construcción se pueden clasificar de diferentes maneras de acuerdo al criterio utilizado:

- Tipo de construcción: edificaciones residenciales, edificios comerciales construcciones industriales, carreteras y obras de ingeniería.
- Tipo de cliente: obras públicas, privadas.
- Tipo de proyecto: edificación, ingeniería de construcción, construcción industrial, construcción industrializada
- Forma de construcción: vertical, horizontal.

2.6. Gestión ambiental en el sector

Es tradicional que la industria de la construcción conserve prácticas que no han sufrido mayores cambios (diseño, métodos de construcción), aunque en la actualidad están apareciendo nuevos sistemas de gestión ambiental que permiten que se logren los objetivos de la construcción sostenible. Entre los modelos de gerencia que actualmente se utilizan en los proyectos de construcción, se pueden mencionar los siguientes:

- Construcción sin pérdidas (*lean construction*): busca la optimización de recursos, costos y tiempos teniendo como base conceptual la filosofía *lean*.

- Producción más Limpia: el principio básico de la producción limpia es aumentar la eficiencia global del proceso, previniendo las pérdidas de materiales y energía.
- El modelo de calidad 3CV+2: es una metodología que busca establecer en los niveles operativos de la construcción criterios que permitan reducir la variabilidad del proceso de construcción, y además permita de manera sistemática, y en un proceso de mejora continua, evaluar el desempeño de calidad en proyectos de construcción de vivienda.

2.6.1. Definición

“Conjunto de medidas técnicas, financieras y administrativas que desarrolla la sociedad, con el propósito de lograr el máximo bienestar social, así como prevenir y mitigar los problemas ambientales, buscar generar la protección y mejoramiento del medio ambiente.”⁴

2.6.2. Generalidades

Los sistemas de gestión ambiental son utilizados por en las empresas constructoras que prestan sus servicios en el ámbito de la edificación, con el objetivo de incentivar la incorporación de criterios medioambientales en el diseño de las edificaciones y facilitar la implantación de sistemas de gestión medioambiental en las empresas del sector, los que deben incluir aspectos metodológicos, el marco general y los instrumentos de gestión ambiental necesarios.

⁴ GUZMÁN, José Vicente. *Apuntes de legislación ambiental e instrumentos técnicos ambientales*. p. 24.

En Guatemala el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales es la institución rectora de la gestión ambiental, es responsable de proponer la normativa ambiental correspondiente y su aplicación.

A nivel internacional desde hace algún tiempo se integró el Desafío de la Construcción Verde (*Green Building Challenge (GBC)*), desde entonces se han hecho avances significativos respecto a la construcción sustentable. Es un proyecto internacional que persigue desarrollar y aplicar un nuevo método para evaluar el comportamiento ambiental de los edificios, la institución ha desarrollado un método de evaluación del comportamiento ambiental de los edificios (*GB Tool*, herramienta de la construcción verde) gracias a un software que facilita la caracterización de las construcciones y su comportamiento.

2.6.3. Fases

Para implementar exitosamente los sistemas de gestión ambiental en la industria de la construcción, se requiere un cambio cultural a todo nivel en las empresas, que permita establecer nuevos sistemas de medición, utilizando herramientas estadísticas y la aplicación de nuevas técnicas de planificación y control del proceso productivo. Dentro de las principales funciones de la gestión ambiental se tienen las siguientes:

- **Planificación:** conduce al establecimiento de metas y objetivos y a la fijación de estrategias para alcanzarlos. La planificación marca el rumbo a seguir por los programas de protección del medio ambiente de la organización empresarial.
- **Organización:** persigue el establecimiento de una estructura organizativa, definición de funciones, responsabilidades y autoridad. La organización

supone la base para dirigir eficazmente los recursos asignados al sistema de gestión medioambiental.

- **Aplicación:** determina los resultados que obtendrá la organización con base en su comportamiento medioambiental, ósea al sistema de gestión medioambiental establecidos. La aplicación de gestión facilita los mecanismos iniciales, crea el ambiente de trabajo necesario, incluyendo la motivación, la delegación y la fijación de prioridades.
- **Control:** constituye el marco necesario para evaluar los resultados obtenidos, identificar las acciones realizadas, diagnosticar problemas e iniciar medidas correctoras y mejorar el sistema de gestión establecido. El control es un requisito imprescindible para evitar que la organización empresarial se separe de sus metas y se desvie de sus objetivos medioambientales.

2.7. Legislación ambiental

Se integra por el conjunto de las normas jurídicas que regulan las conductas humanas que puede influir de una manera relevante en los procesos de interacción que tienen lugar entre los sistemas de los seres vivos y sus sistemas de ambiente.

2.7.1. Internacional

Uno de los mayores retos para la humanidad, representa avanzar en los niveles de bienestar y desarrollo humano y mantener la estabilidad y el crecimiento económico sin producir interferencias sobre el medio ambiente. Existen instituciones de derecho internacional que a través de convenios y

tratados han permitido establecer pautas de conducta que permitan a cada país desarrollarse en su individualidad.

- Alianza Centroamericana para el Desarrollo Sostenible
- Declaración de Río Sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo Agenda 21
- Declaración de la Cumbre del Milenio
- Declaración de la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible

2.7.2. Nacional

Los instrumentos legales aceptados y ratificados por Guatemala en el seno de la Organización de Naciones Unidas que permiten la protección contra el cambio climático son cuatro:

- El Convenio para la Protección de la Capa de Ozono.
- El Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono.
- La Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
- El Protocolo de Kyoto, Japón.

2.7.2.1. Constitución de la República

En 1985 se promulga en la República de Guatemala, una nueva Constitución Política, en la que se crearon instrumentos legales e instituciones públicas que se ocupan directamente e indirectamente del ambiente y de los recursos naturales nacionales.

- Artículo 64 se declara de interés nacional la conservación, protección y mejoramiento del patrimonio natural de la Nación y se establece que el Estado fomentará la creación de parques nacionales, reservas y refugios naturales inalienables.
- Artículo 96 establece la responsabilidad del Estado guatemalteco y de los particulares en general respecto a la protección, uso y gestión de los recursos naturales renovables.
- Artículo 97 establece que el Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico, dictando todas las normas necesarias para garantizar que la utilización y aprovechamiento de la fauna, de la flora, de la tierra y del agua, se realicen racionalmente, evitando su depredación.
- Artículo 119 establece en su parte conducente que es obligación del Estado adoptar las medidas que sean necesarias para la conservación, desarrollo y aprovechamiento de los recursos naturales en forma eficiente.
- Artículo 126 menciona que es declarado de urgencia nacional y de interés social la reforestación del país y la conservación de los bosques.
- Respecto al régimen de aguas, la Constitución establece que son bienes de dominio público, inalienables e imprescriptibles y que su aprovechamiento, uso y goce, se otorgan en la forma establecida por la ley, de acuerdo con el interés social.

- Normativa ambiental contenida en leyes ordinarias:
 - Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente. Decreto del Congreso de la República número 68-86.
 - Ley de Áreas Protegidas, Decreto 4-89 del Congreso de la República.

2.7.2.2. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)

Es el órgano del estado al que le corresponde formular y ejecutar las políticas relativas a su ramo: cumplir y hacer que se cumpla el régimen concerniente a la conservación, protección, sostenibilidad y mejoramiento del ambiente y los recursos naturales en el país y el derecho humano a un ambiente saludable y ecológicamente equilibrado, debiendo prevenir la contaminación del ambiente, disminuir el deterioro ambiental y la pérdida del patrimonio natural.

- Acuerdo Gubernativo Número 388-2003. Política Marco de Gestión Ambiental.
- Política Nacional para el Manejo Integral de los Residuos y Desechos Sólidos.
- Política de Conservación, Protección y Mejoramiento del Ambiente y los Recursos Naturales.

2.7.2.3. Municipalidades

Las regulaciones ambientales de carácter municipal se encuentran en el Código Municipal, de manera particular los artículos Núm. 3 y Núm. 68.

2.7.2.4. Otras instituciones relacionadas

Respecto a las disposiciones reglamentarias e individualizadas existen innumerables cantidades de normas de protección ambiental, se incluye el Código de Salud, Artículo Núm. 72.

3. PROYECTOS CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA

3.1. Antecedentes

Se entiende por vivienda al ámbito físicoespacial que presta el servicio para que las personas desarrollen sus funciones vitales básicas. Este concepto implica tanto el producto terminado como el producto parcial en proceso, que se realiza paulatinamente en función de las posibilidades materiales del usuario.

Actualmente se acepta el concepto de vivienda como un fenómeno complejo que responde a las necesidades básicas del ser humano y su familia, su estructura física ofrece abrigo, alojamiento, intimidad, seguridad, satisfacción y confort, se trata de encontrar un punto de equilibrio entre la calidad y el costo de la vivienda, que permita obtener dentro de unos costos mínimos, un nivel aceptable de calidad espacial y constructiva.

La demanda constructiva en Guatemala se inclina mayoritariamente hacia el mercado de la vivienda, actualmente se han incorporado al mercado nuevos sistemas constructivos, componentes, estructuras y materiales de construcción, los que buscan ofrecer viviendas con las comodidades de agua, luz, drenajes, alumbrado público, garita de seguridad, áreas verdes, áreas deportivas, entre otros.

3.2. Sistemas constructivos

Se definen como el conjunto de materiales y componentes de diversa complejidad, combinados racionalmente y enmarcados bajo ciertas técnicas, que permiten realizar las obras necesarias para construir una edificación, originando por lo tanto un objeto arquitectónico.

Según las funciones de las partes componentes que conforman una edificación, se tienen ciertos principios que caracterizan su proceso constructivo:

- Principios geométrico constructivos
- Principios de confort ambiental

A continuación se presentan algunos de los sistemas constructivos que actualmente se utilizan en proyectos de construcción de vivienda (construcción individual o en serie).

Actualmente los sistemas constructivos se manejan de acuerdo a los criterios de construcción sostenible, que es la práctica de planear, diseñar, construir, operar y habitar proyectos integrales de construcción que generen un impacto positivo para el ambiente, los usuarios y la comunidad.

Figura 2. **Sistemas constructivos de vivienda**



Fuente: OSORIO CARDONA, John Fredy. *El Consumo Sostenible de los materiales usados en la construcción de vivienda.* p. 51.

3.3. **Características construcción de vivienda**

La industria de la construcción de vivienda tiene ciertas características muy particulares que la distinguen de muchas otras actividades económicas, entre las que se destacan:

- No recurrencia: cada proyecto concluye una vez que se han construido las viviendas.
- Relevancia de la ubicación del desarrollo habitacional: el punto de partida para un desarrollo de vivienda, es un terreno que, por definición, tiene una ubicación específica.
- Rigidez del mercado: el mercado por vivienda suele ser rígido cuando nos referimos a un proyecto específico (mientras se construyen las viviendas, hay variaciones poco significativas en el número de clientes potenciales).

En la construcción de viviendas se están utilizando de manera creciente componentes fabricados en plantas de producción, que se ensamblan sobre el terreno (acelera el proceso de construcción y reduce costos e impacto ambiental).

3.3.1. Renglones de trabajo

Son los que generalmente se utilizan dentro de la planificación y la elaboración del presupuesto de la obra, a continuación se presenta los renglones y actividades más significativos que se realizan en los proyectos de construcción de viviendas.

3.3.2. Descripción de actividades

- Trabajos preliminares: en este renglón se incluyen todas las actividades necesarias para obtener las condiciones requeridas en el sitio de la obra para la ejecución del proyecto.

- Cerramientos obra: consiste en aislar el sitio de la obra mediante cerramientos provisionales con una altura suficiente para evitar el ingreso de animales y personas ajenas a la construcción, previéndose la instalación de puertas de acceso peatonal y de vehículos y maquinaria.
- Preparación del terreno: corresponde a la adecuación del terreno donde se construirá la obra, se pueden presentar dos casos: existencia o no de algún tipo de infraestructura, así como el retiro de la cobertura vegetal.
- Instalación de campamento: incluyen el campamento, almacén y oficinas requeridas para la adecuada administración de la obra. Además se debe disponer de instalaciones sanitarias o baños portátiles.
- Trazado y replanteo: renglón que incluye los trabajos necesarios para localizar, alinear, ubicar y marcar en el terreno o en la superficie de construcción los ejes principales, paralelos y perpendiculares del terreno y los linderos del mismo.
 - Cimentaciones
 - Zanjeo
 - Relleno
 - Armado de estructuras de acero (varillas, mallas).

- Fundición de concreto (manual o mecánica, de acuerdo al tipo de cimentación).

En las siguientes fotografías se muestran algunas de las actividades preliminares (limpieza de terreno, construcción de bodega y guardianía) en proyectos de construcción de viviendas.

Figura 3. **Actividades preliminares construcción de vivienda**



Fuente: OSORIO CARDONA, John Fredy. *El consumo sostenible de los materiales usados en la construcción de vivienda.* p. 99.

- Armado de estructuras de refuerzo: se refiere al uso de varillas o mallas de acero.
 - Medida y corte de elementos.
 - Elaboración de armados (con alambre, soldados, otros sistemas de fijación).

- Traslado y colocación de armados (uso en vigas, soleras, columnas, losas, entre otros).
- Levantado de muros: en este renglón se incluyen todas las actividades necesarias para la elaboración de muros o divisiones (exteriores, muros de carga y divisorios).
 - Elaboración de andamios.
 - Centrado, nivelación y fijación de armados de refuerzo.
 - Acarreo de materiales (materiales tradicionales, morteros premezclados en seco, morteros premezclados en planta).
 - Elaboración de mezclas (de acuerdo al sistema constructivo).

Figura 4. **Diferentes sistemas de construcción de muros**



Fuente: Gobierno Nacional de Panamá. *Guía de producción más Limpia para el sector construcción.* p. 20.

- Obras de concreto (manual o mecánico, de acuerdo al sistema constructivo): en este renglón se incluyen todas las actividades necesarias para la realización de fundiciones de concreto (pedestales, dinteles, columnas, muros estructurales y vigas (estructurales, de amarre o coronamiento). Se incluye la construcción de escaleras, cuyo principal material es concreto reforzado.
 - Preparación y dosificación de materiales.
 - Elaboración de mezcla.
 - Manejo y curado concreto.
 - Techos o cubiertas, entrepisos: corresponde a la construcción de las losas macizas de piso y losas aligeradas de los entrepisos, en algunos casos se usan losas pos tensadas en campo o prefabricadas.
 - Elaboración de formaletas y andamiaje.
 - Colocación de armados o mallas de refuerzo.
 - Colocación de piso (cerámico, fundido, otros).
 - Colocación de material de techo (teja, baldosa, lámina, otros) de acuerdo al sistema constructivo.

- Armaduras: en este renglón se incluyen todas las actividades necesarias para la elaboración de los ensamblajes o armados (elementos de acero de refuerzo), que se colocan para absorber y resistir esfuerzos provocados por cargas y cambios volumétricos por temperatura en las estructuras.

- Acabados: en este renglón se incluyen todas las actividades necesarias para la realización de acabados en superficies de muros o divisiones, y en cielos (de acuerdo al sistema constructivo).
 - Preparación y dosificación de materiales.

 - Elaboración de mezcla.

 - Aplicación de acabados (de acuerdo al sistema constructivo).

- Colocación de piso y azulejos: en este renglón se incluyen todas las actividades necesarias para la colocación pisos y azulejos.

- Instalaciones hidráulicas: se refiere a la instalación de los ductos para aguas negras, agua fría y caliente

- Instalaciones especiales: se refiere a la instalación de los ductos que conforman las instalaciones especiales (eléctricas, de comunicaciones, otras).

- Carpintería: corresponde a la instalación de puertas y ventanas (madera o metal), con sus respectivos marcos, y en algunos casos con rejas de

- seguridad. Además incluye la instalación de otros elementos como pasamanos, barandas y accesorios complementarios de áreas comunes.
- Carga, acarreo y sobre acarreo:
 - La carga es la maniobra que se realiza para depositar los materiales producto de trabajos varios como la demolición, la excavación o la explotación de bancos de préstamo por medio de un vehículo (camión) o herramienta (carretilla) para ser transportados posteriormente.
 - Acarreo es el efecto de trasladar o transportar esos mismos materiales, dentro de la obra, hacia un depósito provisional mientras no se le asigne un uso final o fuera de la obra, a una zona de tiro de depósito permanente o temporal, según sea el caso.
 - Sobre acarreo: es el traslado que se efectúa a una distancia mayor a las contempladas en el acarreo libre y determinada por bloques, si el sobre acarreo es por medios manuales.
 - Limpieza general: corresponde a la limpieza final de todas las áreas de la edificación (internas y externas), retiro de maquinaria y equipos de construcción, vallas relacionadas con la construcción, instalaciones provisionales de servicios públicos y de los residuos finales de la obra.

Figura 5. **Diferentes actividades de construcción**



Fuente: Gobierno Nacional de Panamá. *Guía de Producción más Limpia para el sector construcción*. p. 21.

3.3.3. Manejo de materiales

La importancia de los materiales de construcción a la hora de crear un modelo de construcción sostenible es innegable; solamente la construcción y mantenimiento de edificios consume el 40 por ciento de los materiales empleados en la Unión Europea.

Figura 6. Manejo de materiales y equipo en obra



Fuente: Área Metropolitana del Valle de Aburrá. *Manual de Gestión socioambiental para obras en construcción*. p. 29.

El manejo y uso de materiales de construcción debe de mantener la capacidad del medio ambiente de prestar servicios ambientales (regulación del clima, creación de suelo fértil, regulación de los ciclos geoquímicos e hidrológicos, biodegradación de contaminantes entre otros). Una de las labores básicas que garantizan el posterior éxito de todo el proceso es la separación y recogida selectiva de los residuos de construcción y demolición.

3.3.4. Seguridad e higiene

Las condiciones en el lugar de trabajo son muy importantes para asegurar que los trabajadores estén protegidos adecuadamente; las condiciones del sitio de trabajo se enmarcan típicamente en las buenas prácticas administrativas; los accidentes son eventos no deseados que originan daños a las personas, a los bienes, a las instalaciones y al ambiente. Se deben considerar aspectos como:

- Iluminación y ventilación
- Ruido y vibraciones
- Temperatura, servicios sanitarios, estado de pisos, paredes, maquinaria, entre otros.

En toda proyecto de construcción las empresas deben de implementar el plan de contingencia en la obra, dándoselo a conocer a los trabajadores, para que se familiaricen con el mismo, se debe considerar que todo el personal pueda evacuar la obra con la seguridad necesaria en caso de cualquier emergencia.

Algunos materiales peligrosos para la salud de las personas se presentan en la siguiente tabla.

Tabla I. **Materiales de construcción peligrosos para la salud humana**

MATERIAL	USOS	IMPACTOS SOBRE LA SALUD
Asbesto	Tableros y placas de fibrocemento. Tratamientos superficiales. Aislamientos. Tuberías	Contacto directo al desprenderse fibras o en caso de incendio Asbestosis. Cáncer de pulmón. Cáncer de peritoneo o de pleura
Plomo	Cubierta. Instalaciones eléctricas. Tuberías. Soldaduras. Pinturas	Ingestión, inhalación, absorción a través de la piel Veneno que se acumula en el organismo
Protección de la madera	Tratamiento de protección, insecticidas y fungicidas	Humos irritantes y tóxicos Cancerígeno
Plásticos	Los más peligrosos serían los volátiles: PVC, el formaldehído y los ftalatos de esteres	Ingestión o inhalación
Fibras minerales	Aislamiento de cubiertas, fachadas y tubos	Enfermedades en los ojos, irritaciones en la piel, problemas respiratorios e incluso cáncer de pulmón

Fuente: BAÑO NIEVA, Antonio. *Guía de construcción sostenible*. p. 35.

3.3.5. Aspectos ambientales significativos

Las construcciones tienen un alto impacto sobre el ambiente: utilizan recursos naturales renovables y no renovables en grandes cantidades; generan altos consumos energéticos antes, durante y después de construidas; propician emisiones de CO₂, y, vierten al medio residuos líquidos, sólidos y gaseosos que en su mayoría no tienen tratamiento alguno, causando un deterioro en la calidad de los distintos ambientes: agua, aire y tierra.

Los métodos para evaluar los aspectos ambientales significativos se dividen en cualitativos y cuantitativos, su selección se relaciona con el grado de complejidad de la empresa, información disponible en el medio, impactos del proyecto durante su vida útil.

3.3.6. Impactos ambientales

El sector de la construcción es una actividad económica que genera un alto impacto ambiental, debido al elevado consumo de recursos naturales y energía, y a la generación de residuos y emisiones contaminantes, tanto en la etapa de construcción como en su vida útil (la construcción de edificaciones usa más del 10 por ciento del agua fresca del planeta, el 25 por ciento de la madera y el 40 por ciento del flujo de materiales y energía); muchos de los procesos que se desarrollan en la construcción originan emisiones tóxicas a la atmósfera, que resultan contaminantes, corrosivas y altamente perjudiciales para la salud.

Los efectos ambientales producidos por los proyectos de construcción de viviendas están relacionados con la elección del emplazamiento, la urbanización y lotificación de la zona, el diseño de la infraestructura y el tipo de vivienda. Además de las condiciones naturales, hay que incluir en este punto los efectos derivados de las actividades de planificación.

3.3.6.1. Descripción

El impacto de un proyecto constructivo depende de sus características propias, del entorno donde se desarrolla, de las condiciones climáticas durante la obra, del tipo de tecnología empleada para la construcción, entre otros.

Tabla II. **Residuos generados en el proceso de construcción de viviendas**

Tipo de Residuos	Proceso de fabricación	Fase de construcción	Fase de utilización	Fase de derribo del edificio
Emisiones a la atmósfera	HCFC, CO ₂ , NO _x , SO ₂	Polvo, ruido, amianto, CO ₂	Halones, CO ₂ , NO _x , SO ₂	Polvo, ruido, amianto, CO ₂
fluentesE líquidos	Prod. químicos, en función del proceso Lechadas de cemento	Lechadas de cemento	Aguas residuales	Vaciado de depósitos
Residuos sólidos	Restos del proceso Subproductos del proceso	Embalajes Restos del proceso Mermas Encofrados	Res. domésticos Res. de construcción remodelaciones	Obra de fábrica Hormigón Madera Acero

Fuente: GUTIÉRREZ MONTOYA, Martha. *Inventario de elementos tóxicos peligrosos y contaminantes en materiales de construcción*. p. 4.

3.3.6.2. Tipos

Existen diferentes formas de clasificarlos de acuerdo al criterio que se considere, a continuación se presentan algunos de estos.

3.3.6.2.1. Impactos típicos causados por la ejecución de una obra civil

- Pérdida o alteración de las características físicas y químicas del suelo, generación de procesos erosivos y de inestabilidad.
- Contaminación de las fuentes de agua por vertimiento de sustancias inertes, tóxicas o biodegradables.

- Alteraciones sobre la dinámica fluvial por aporte de sedimentos, alteraciones del equilibrio hidráulico y estabilidad geomorfológica de laderas.
- Aumento en los niveles de ruido y emisiones atmosféricas (material particulado, gases y olores) que repercuten sobre la salud de la población, la fauna y la flora.
- Generación de escombros y otros residuos sólidos.
- Modificaciones en el paisaje y alteración de la cobertura vegetal.
- Cese o interrupción parcial, total, temporal o definitiva de los procesos de producción, distribución y consumo del sector industrial o comercial aledaño.
- Desplazamiento de población.
- Alteración del flujo vehicular o peatonal.
- Alteración o deterioro del espacio público.
- Afectación a la infraestructura de servicios públicos e interrupción en la prestación de los mismos.
- Aumento de riesgos de ocurrencia de eventos contingentes tales como accidentes potenciales de peatones, vehículos, obreros, daños a estructuras cercanas, incendios, deslizamientos y movimientos en masa.
- Afectación de la oferta de recursos forestales, minerales, agua y energía.

3.3.6.2.2. Impactos ambientales relacionados con los materiales de construcción

La construcción de edificios, así como la edificación de infraestructuras de obra civil, es una de las actividades humanas que consume más materiales. El impacto que sobre el medio ambiente y la salud humana producen los materiales de construcción puede centrarse en cinco aspectos:

- El consumo de recursos naturales
- El consumo de energía
- Las emisiones que generan
- El impacto sobre los ecosistemas
- Su comportamiento como residuo

Tabla III. Impactos ambientales principales materiales de construcción

Material	Efecto invernadero	Acidificación	Contaminación atmosférica	Ozono	Metales pesados	Energía	Residuos sólidos
Cerámica	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+
Piedra	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+
Acero	++	++	+	+++	++	++	+++
Aluminio	+	+	++	+++	+	+	+++
PVC	++	++	+	+++	++	++	++
Poliestireno	++	+	+	++	+	+	++
Poliuretano	+	++	+	+	++	++	+++
Pino	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++

+++ impacto pequeño; ++ impacto medio; + impacto elevado.

Según el Programa Simapró de Análisis de Ciclo de Vida.

Fuente: BAÑO NIEVA, Antonio. *Guía de construcción sostenible*. p. 40.

3.3.7. Medidas de mitigación

Durante el desarrollo de cada una de las etapas de la obra, es posible incorporar elementos tendientes a reducir, mitigar, corregir o compensar los impactos negativos, así como potencializar los positivos.

- Adquisición de terreno: la identificación oportuna de restricciones es una necesidad para lograr un diseño acorde con las condiciones del terreno y reducir posibles impactos (identificar el estado de la infraestructura urbanística existente, planos de las redes de servicios públicos).
- Diseño de la obra: debe considerar la menor afectación a los recursos naturales: minimizar la tala de árboles, conservar distancias a las fuentes de agua, reducir movimientos de tierra, mantener la mayor área verde posible, usar materiales de bajo impacto ambiental, entre otros.
- Elaboración del estudio de impacto ambiental: que permita identificar los impactos del proyecto y diseñar estrategias para mitigarlos.
- Selección del contratista: se deben considerar evaluaciones de la gestión ambiental de proyectos previos a cargo de los posibles contratistas.
- Montaje de campamentos y construcciones temporales: una adecuada administración del espacio permite reducir necesidades de transporte en el interior de obra y hacer más eficiente el manejo de los materiales. Diseñar la infraestructura necesaria para una cómoda y eficaz separación de los residuos.

- Identificación de rutas para el transporte de materiales y tráfico normal: se debe evitar la circulación de materiales o escombros en zonas residenciales y durante las horas pico.
- Contratación de la mano de obra: se debe capacitar a todo el personal de trabajo para la implementación de buenas prácticas ambientales.
- Identificación y selección de proveedores y sitios de disposición final de escombros y materiales sobrantes (proveedores de materiales que cumplan con las especificaciones técnicas y normas ambientales vigentes).
- Demarcación y señalización temporal en el interior de la obra: la identificación clara de todos los elementos dispuestos para una mejor gestión ambiental, es clave para que cada uno de los operarios se integre fácilmente al desarrollo de los procesos y se acoja a los requerimientos de seguridad laboral.
- Demolición: usar al máximo las estructuras preexistentes. El transporte y disposición final de escombros es una actividad con un alto impacto ambiental.
- Remoción de vegetación y descapote: se debe almacenar el suelo orgánico removido, de esta manera tendrá a su disposición material orgánico para el paisajismo final del proyecto.
- Disposición de sobrantes de excavación: preparar sitios para almacenar, en forma temporal o permanente, los residuos de las excavaciones procurando coberturas rápidas que impidan emisiones fugitivas de

material particulado y disponiendo el drenaje de forma que se prevengan procesos erosivos.

- Operación de maquinaria, talleres, almacenes y depósitos: se debe proveer la infraestructura y elementos necesarios para el manejo adecuado de lubricantes y combustibles.
- Pavimentación, construcción de obras de drenaje: el manejo adecuado de las aguas minimiza la escorrentía y la erosión. El drenaje favorece la seguridad y confortabilidad en los desplazamientos; de igual manera, minimiza riesgos.
- Construcción de obras de concreto: se debe evaluar la posibilidad del uso de concretos premezclados, en lugar de prepararlos en obra, utilizar materiales prefabricados que permitan una construcción rápida y limpia.
- Acabados: evitar el uso de materiales suntuosos procedentes de lugares lejanos; use materiales locales.
- Ambiente urbano, señalización definitiva y paisajismo: se deben evitar superficies duras, utilice materiales que permitan la infiltración del agua, cuando las condiciones geotécnicas lo permitan. Siembre especies locales atendiendo sugerencias de los manuales de silvicultura.
- Operación del proyecto: entregar al usuario toda la información sobre las características de la obra para asegurar un adecuado manejo y perdurabilidad de la misma.

Tabla IV. **Materiales alternativos construcción de viviendas**

Construcción	Materiales alternativos
Estructuras	Sistemas estructurales de madera y cerámicos, cementos naturales
Cerramientos	Piezas cerámicas, cementos naturales, piedra natural, madera, cartón yeso.
Aislamientos	Corcho, cementos naturales, lana natural, arcilla expandida
Impermeabilizaciones	Cubiertas de piso cerámico, caucho natural.
Revestimientos	Madera, corcho, barnices, pinturas textiles, pigmentos vegetales y minerales naturales, fibras naturales sin acabados tóxicos y con adhesivos naturales.
Instalaciones saneamiento exterior	Cerámica, hormigón centrifugado.
Instalaciones saneamiento interior	Polietileno, polipropileno.
Instalaciones agua (interior)	Polietileno, polipropileno.
Pinturas exteriores	Pinturas naturales, acrílicas de base acuosa
Pinturas interiores	Pinturas naturales, acrílicas de base acuosa

Fuente: GUTIÉRREZ MONTOYA Martha. *Inventario de elementos tóxicos peligrosos y contaminantes en materiales de construcción.* p. 23.

Se presentan a continuación algunas estrategias específicas para la sostenibilidad de la construcción y las edificaciones, enfatizando que cualquier innovación debe evaluar el posible impacto ambiental de su aplicación en lo referente a extracción de recursos y energía así como en la contaminación y generación de residuos. Dichas estrategias son:

- Reducción del consumo de recursos
- Eficiencia y racionalidad energética
- Reducción de la contaminación y toxicidad
- “Construir bien desde el inicio”
- “Cero desperdicio”, y producción local y flexible

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Generalidades

La industria de la construcción afecta de manera importante al medio ambiente en sus distintas fases, para determinar el estado del conocimiento y aplicación de estrategias de Producción más Limpia aplicables a las empresas del sector construcción que desarrollan proyectos de vivienda en el Área Metropolitana del departamento de Guatemala (AMG), se realizó un diagnóstico para identificar aspectos de interés sobre la administración y el manejo ambiental de este tipo de proyectos.

Para esto se desarrollaron actividades de campo y gabinete de acuerdo a la metodología planteada dentro del presente estudio, para lo cual se consideraron únicamente proyectos de construcción de viviendas ubicados en el AMG. A continuación se presentan los principales resultados que se obtuvieron durante las actividades desarrolladas así como el análisis y tabulación de los mismos.

4.2. Actividades preliminares

Se incluyen aquellas actividades necesarias que se desarrollaron previo al trabajo de campo realizado.

4.2.1. Selección de la muestra

Pocas veces es posible medir a la población por lo que es conveniente extraer muestras representativas del universo, para el presente estudio el universo lo constituye los proyectos de construcción de viviendas, localizados en el Área Metropolitana del departamento de Guatemala (AMG), la que se integra por los siguientes municipios:

- Ciudad capital
- Mixco
- Villa Nueva
- Villa Canales
- San Miguel Petapa
- Chinautla
- Amatitlan
- Fraijanes
- San José Pinula
- San Pedro Ayampuc
- Santa Catarina Pinula

La unidad de análisis fueron proyectos de construcción de viviendas ubicados en el AMG; de la población se tomaron muestras representativas con las siguientes características:

- No probabilísticas: la elección de los elementos no depende la probabilidad, sino con causas relacionadas con las características de la investigación o de quien hace la muestra.

- Cualitativas: es la unidad de análisis o conjunto de personas, contextos, eventos o sucesos sobre la cual se recolectan los datos sin que necesariamente sea representativo.

4.3. Trabajo campo

Se incluyen las actividades realizadas para recolectar la información necesaria para elaborar la propuesta.

4.3.1. Técnicas y herramientas utilizadas

Para obtener la información se utilizaron las siguientes técnicas y herramientas:

- Muestreo mixto (aleatorio e intencionado), de empresas constructoras o profesionales responsables de proyectos de construcción de viviendas.
- Entrevistas con profesionales, sobre temas de construcción de vivienda y gestión ambiental.
- Visitas a proyectos de construcción de vivienda en el AMG.
- Encuestas a empresas y responsables de proyectos de construcción de vivienda en el AMG.
- Uso de matriz de matriz de Leopold (identificación e importancia de impactos ambientales).
- Análisis estadístico, medidas de tendencia central.

4.3.2. Descripción visitas a proyectos

Se visitaron varios proyectos de construcción de vivienda ubicados en el AMG, la información requerida para el diagnóstico, fue adquirida a través de observaciones personales y pláticas con el personal de los proyectos así como la revisión de algunos documentos, todo esto permitió:

- Conocer los componentes del proceso constructivo en cada proyecto en particular.
- Conocer aspectos sobre el consumo de materiales de construcción, insumos y energía.
- Conocer aspectos sobre los residuos y emisiones asociadas con el proceso constructivo.
- Conocer sobre las medidas existentes para prevenir o controlar la contaminación ambiental.
- Conocer sobre medidas relacionadas con la salud ocupacional y seguridad industrial.
- Conocer sobre los equipos y maquinaria utilizados.

4.3.3. Descripción entrevistas

Para propósitos del presente estudio se desarrollaron entrevistas semiestructuradas con profesionales y jefes de obra, las que se realizaron en las oficinas de empresas constructoras o en los proyectos, con el objetivo de conocer sobre:

- Funcionamiento general y componentes del proceso constructivo de viviendas.
- Áreas críticas a considerar por razones ambientales, de salud ocupacional y seguridad industrial.
- Consumo de materiales de construcción e insumos.
- Tipos de residuos y emisiones asociadas con el proceso constructivo.

4.3.4. Descripción encuesta

Se realizó una encuesta a empresas constructoras, profesionales y jefes de obra que conozcan claramente el proceso constructivo y las especificaciones técnicas de los proyectos, para determinar el estado del conocimiento y aplicación de estrategias de Producción más Limpia e identificar aspectos de interés sobre la administración y el manejo ambiental de este tipo de proyectos.

Las encuestas incluyeron preguntas abiertas y cerradas, para lograr en lo posible la mayor cantidad de opiniones por parte de los encuestados.

4.3.4.1. Tipo de encuesta utilizado

Se diseñó una encuesta para identificar aspectos de interés sobre la administración y el manejo ambiental de este tipo de proyectos, con el objetivo de obtener información para el diagnóstico realizado.

De la calidad de la información recopilada depende la selección adecuada de las posibles medidas de Producción más Limpia (P+L) aplicables, las encuestas incluyeron preguntas abiertas y cerradas, para tener en lo posible la mayor cantidad de opiniones por parte de los encuestados y facilitar su tabulación y análisis.

4.3.4.2. Estructura de la encuesta

De acuerdo a los objetivos del estudio, la encuesta se dividió en las siguientes secciones:

- Datos generales de la empresa
- Datos generales del entrevistado
- Información proyecto
- Información organización en obra
- Información ambiental

4.3.5. Matriz de identificación de impactos ambientales

Para propósitos de este trabajo se utilizó el método de matriz que permite una evaluación considerando criterios ambientales; tiene doble entrada, como filas los factores ambientales que pueden ser afectados, y como columnas las acciones a realizar y que pueden causar impactos. Los factores a evaluar se

definieron en base a las actividades realizadas (entrevistas, visitas, referencias bibliográficas).

4.4. Tabulación y análisis información

El análisis y tabulación fueron de las tareas más importantes dentro del estudio y fundamentales para el diagnóstico, para esto se utilizaron herramientas estadísticas y se elaboró una base de datos en hoja electrónica de Excel.

A continuación se presentan los resultados y análisis de las actividades realizadas, que permitieron establecer el estado de conocimiento del personal responsable de la administración y ejecución de proyectos de construcción de vivienda, en los temas de construcción sostenible y Producción más Limpia.

4.4.1. Evaluación entrevistas y visitas

La mayoría de las entrevistas se realizaron durante las visitas a los diferentes proyectos de construcción de vivienda ubicados en el (AMG), el resto se desarrollaron en empresas de construcción, tratando de no interrumpir con las actividades del personal.

Estas actividades permitieron contar con mejores criterios sobre los temas de interés, información que facilitó la realización del resto de actividades programadas.

A continuación se presentan los principales aspectos que se consideraron durante las visitas y entrevistas:

- Materiales de construcción e insumos.
- Manejo, disposición final y/o aprovechamiento de los residuos sólidos generados.
- Generación de aguas residuales, generación de emisiones atmosféricas o molestias por ruido.
- Tipos de maquinaria y/o equipo que utilizan.
- Observar los aspectos de orden en el proyecto.
- Determinar los riesgos laborales asociados a cada puesto de trabajo.

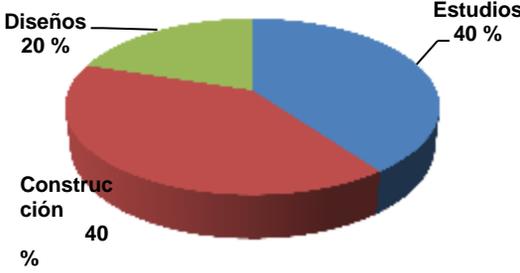
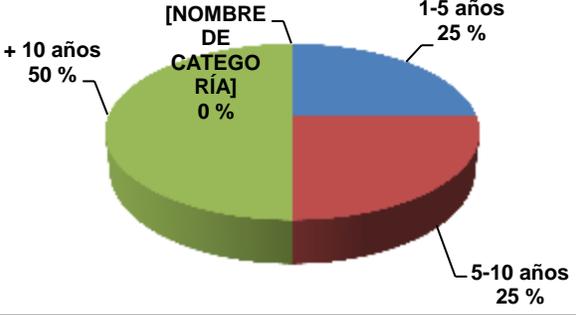
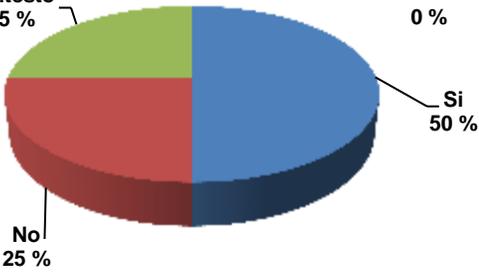
4.4.2. Evaluación encuesta

La encuesta se aplicó en la mayoría de los casos de manera autoadministrada (se proporciona directamente a los encuestados, quienes la contestan), sobre un total de 20 boletas que se entregaron, al final se analizaron 15.

A continuación se presenta el análisis de las preguntas más relevantes (por sección), de acuerdo a los objetivos del estudio.

- Datos generales empresa: en esta sección se obtuvo información general de las empresas, sobre aspectos relacionados con su organización, administración y experiencia en proyectos de construcción de vivienda; a continuación se presentan los resultados obtenidos.

Tabla V. Resumen resultados datos generales empresa

Pregunta	Opciones de respuestas	Resultados (%)	Gráfica
Actividades principales que desarrollan:	Estudios	40	 <p>Diseños 20 %</p> <p>Estudios 40 %</p> <p>Construcción 40 %</p>
	Diseños	20	
	Desarrollo Inmobiliario	-	
	Construcción	40	
	Consultorías	-	
	Otras	-	
De acuerdo a los resultados obtenidos, las principales actividades que desarrollan las empresas encuestadas son realizar estudios y la construcción de obras.			
Pregunta	Opciones de respuestas	Resultados (%)	Gráfica
Tiempo de funcionar:	1-5 años	25	 <p>[NOMBRE DE CATEGORÍA] 0 %</p> <p>1-5 años 25 %</p> <p>+ 10 años 50 %</p> <p>5-10 años 25 %</p>
	5-10 años	25	
	+ 10 años	50	
De acuerdo a los resultados obtenidos, el 75 % de las empresas encuestadas tiene más de 5 años de funcionar.			
Pregunta	Opciones de respuestas	Resultados (%)	Gráfica
Tienen política ambiental:	Si	50	 <p>No contestó 25 %</p> <p>[NOMBRE DE CATEGORÍA] 0 %</p> <p>Si 50 %</p> <p>No 25 %</p>
	No	25	
	No contestó	25	
De acuerdo a los resultados obtenidos, el 50 % de las empresas encuestadas tienen política ambiental, lo que refleja el creciente compromiso de la industria de la construcción con el manejo ambiental de sus proyectos.			

Continuación de la tabla V.

Pregunta	Opciones de respuestas	Resultados (%)	Gráfica
Número de trabajadores de la empresa :	1-10	100	
	11-25	-	
	25-50	-	
	+ de 50	-	
De acuerdo a los resultados obtenidos, todas las empresas encuestadas cuentan con no más de diez personas trabajando en su administración.			

Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

- Datos encuestados: en esta sección se obtuvo información general de las personas encuestadas, sobre aspectos relacionados con su nivel de estudios y experiencia en construcción de viviendas, a continuación se presentan los resultados obtenidos.

Tabla VI. Resumen resultados datos encuestados

Pregunta	Opciones de respuestas	Resultados (%)	Gráfica
Nivel estudios (encuestado) :	Nivel primaria	-	<p>Estudios universitarios 17 %</p> <p>Nivel primaria 0 %</p> <p>Nivel medio 0 %</p> <p>Profesionales 83 %</p>
	Nivel medio	-	
	Profesionales	83	
	Estudios universitarios	17	
De acuerdo a los resultados obtenidos, se observa que la mayoría de los encuestados son profesionales en arquitectura o ingeniería civil; lo que se debe reflejar en una mejor administración y supervisión del proyecto así como mayor calidad del producto final.			
Pregunta	Opciones de respuestas	Resultados (%)	Gráfica
Experiencia en construcción de viviendas:	1-5 años	50	<p>(+de 10 años) 34 %</p> <p>(1-5 años) 50 %</p> <p>(5-10 años) 16 %</p>
	5-10 años	16	
	+ de 10 años	34	
De acuerdo a los resultados obtenidos, se observa que la experiencia de los encuestados varía, siendo el rango de 1 – 5 años el mayor con el 50 %.			

Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

- Información proyecto: en esta sección se obtuvo información general del proyecto evaluado, sobre aspectos relacionados con el tipo y número de trabajadores en la obra; a continuación se presentan los resultados obtenidos.

Tabla VII. Resumen resultados datos proyecto

Pregunta	Opciones de respuestas	Resultados (%)	Gráfica
Tipo de proyecto :	Residencial (vivienda)	66	<p>Otro 34 %</p> <p>Residencial (vivienda) 66 %</p>
	Otro	34	
De acuerdo a los resultados obtenidos, solo el 66 % satisface la condición de que sea proyecto de vivienda; para propósitos del estudio se incluyen todas.			
Pregunta	Opciones de respuestas	Resultados (%)	Gráfica
Número de trabajadores actualmente en la obra:	5-15	100	<p>(+de 30) 0 %</p> <p>(15-30) 0 %</p> <p>(5-15) 100 %</p>
	15-30	0	
	+ de 30	0	
De acuerdo a los resultados obtenidos, se observa que en todos los proyectos evaluados el personal está en el rango de entre 5-15 trabajadores.			

Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

- Organización en obra: en esta sección se obtuvo información general sobre la organización de cada obra; a continuación se presentan los resultados obtenidos.

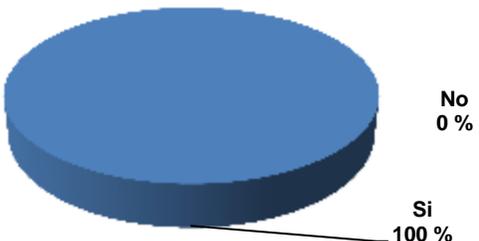
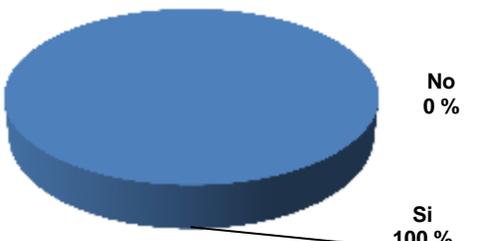
Tabla VIII. Resumen resultados datos organización en obra

Pregunta	Opciones de respuestas	Resultados (%)	Gráfica
Tipo de proyecto:	Residencial (vivienda)	66	<p>Otro 34 %</p> <p>Residencial (vivienda) 66 %</p>
	Otro	34	
De acuerdo a los resultados obtenidos, solo el 66 % satisface la condición de que sea proyecto de vivienda; para propósitos del estudio se incluyen todas.			
Pregunta	Opciones de respuestas	Resultados (%)	Gráfica
Número de trabajadores actualmente en la obra:	5-15	84	<p>(15-30) 16 %</p> <p>(+de 30) 0 %</p> <p>(5-15) 84 %</p>
	15-30	16	
	+ de 30	0	
De acuerdo a los resultados obtenidos, se observa que la mayoría de obras cae en el rango entre 5- 15 trabajadores (84 %).			

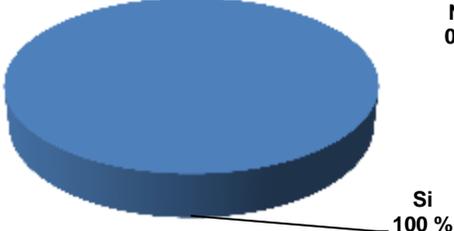
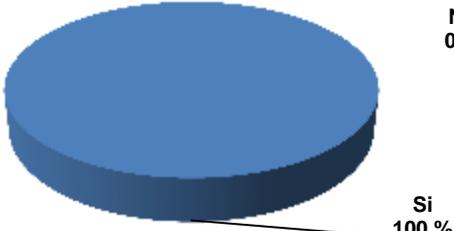
Continuación de la tabla VIII.

Pregunta	Opciones de respuestas	Resultados (% total de obras)	Gráfica
Tipo de personal:	Ingeniero residente	34	<p>Tipo de personal</p> <p>% Total obras</p> <p>Ingeniero: 34 Jefe de obra: 100 Albañiles, ayudantes: 100</p>
	Jefe de obra	100	
	Albañiles Ayudantes Contratistas	100	
De acuerdo a los resultados obtenidos, en todos los proyectos cuentan con algún tipo de personal (jefe de obra, albañiles y ayudantes), solo el 34 % de los proyectos tiene ingeniero residente.			
Pregunta	Opciones de respuestas	Resultados (%)	Gráfica
Cuentan con equipo de protección (botas, guantes, cascos, tapones, lentes):	Si	100	<p>No 0 % Si 100 %</p>
	No	-	
De acuerdo a los resultados obtenidos, en todas las obras usan algún tipo de equipo de protección.			

Continuación de la tabla VIII.

Pregunta	Opciones de respuestas	Resultados (%)	Gráfica
Conoce consumo de agua:	Si	100	 <p>A 3D pie chart representing the data. The chart is almost entirely blue, representing 'Si' at 100%. A very small sliver is labeled 'No 0%'. A line points from the label 'Si 100%' to the blue portion of the chart.</p>
	No	-	
De acuerdo a los resultados obtenidos, en todas las obras conocen el consumo de agua.			
Pregunta	Opciones de respuestas	Resultados (%)	Gráfica
Conoce consumo de electricidad:	Si	100	 <p>A 3D pie chart representing the data. The chart is almost entirely blue, representing 'Si' at 100%. A very small sliver is labeled 'No 0%'. A line points from the label 'Si 100%' to the blue portion of the chart.</p>
	No	-	
De acuerdo a los resultados obtenidos, en todas las obras conocen el consumo de energía eléctrica.			

Continuación de la tabla VIII.

Pregunta	Opciones de respuestas	Resultados (%)	Gráfica
El transporte de residuos de construcción lo realiza la misma empresa:	Si	100	 <p>No 0 %</p> <p>Si 100 %</p>
	No	-	
De acuerdo a los resultados obtenidos, en todas las obras conocen sobre el transporte de residuos.			
Pregunta	Opciones de respuestas	Resultados (%)	Gráfica
Conoce donde se disponen los residuos que se generan:	Si	100	 <p>No 0 %</p> <p>Si 100 %</p>
	No	-	
De acuerdo a los resultados obtenidos, en todas las obras conocen donde se disponen los residuos de la obra.			

Continuación de la tabla VIII.

Pregunta	Opciones de respuestas	Resultados (%)	Gráfica
Número de trabajadores en la obra:	5-15	84	<p>(15-30) 16 %</p> <p>(+de 30) 0 %</p> <p>(5-15) 84 %</p>
	15-30	16	
	+ de 30	0	
De acuerdo a los resultados obtenidos, se observa que la mayoría de obras cae en el rango entre 5- 15 trabajadores (84 %).			

Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

- Información ambiental: en esta sección se obtuvo información general del grado de sensibilización y concienciación de los entrevistados hacia los temas ambientales.

Tabla IX. Resumen resultados datos información ambiental

Pregunta	Opciones de respuestas	Resultados (%)	Gráfica
Conoce sobre gestión ambiental	Si	100	<p>A 3D pie chart representing the data for 'Conoce sobre gestión ambiental'. The chart is almost entirely blue, representing 'Si' at 100%. A very small red slice represents 'No' at 0%. Labels 'Si 100 %' and 'No 0 %' are placed next to their respective slices.</p>
	No	-	
De acuerdo a los resultados obtenidos, en todas las obras usan algún tipo de equipo de protección.			
Pregunta	Opciones de respuestas	Resultados (%)	Gráfica
Conoce sobre Producción más Limpia (P+L)	Si	84	<p>A 3D pie chart representing the data for 'Conoce sobre Producción más Limpia (P+L)'. The chart is mostly blue, representing 'Si' at 84%. A red slice represents 'No' at 16%. Labels 'Si 84 %' and 'No 16 %' are placed next to their respective slices.</p>
	No	16	
De acuerdo a los resultados obtenidos, el 84 % de los encuestados conoce sobre P+L, el resto indica que no 16 %.			
Pregunta	Opciones de respuestas	Resultados (%)	Gráfica
Conoce sobre Construcción sostenible (CS)	Si	84	<p>A 3D pie chart representing the data for 'Conoce sobre Construcción sostenible (CS)'. The chart is mostly blue, representing 'Si' at 84%. A red slice represents 'No' at 16%. Labels 'Si 84 %' and 'No 16 %' are placed next to their respective slices.</p>
	No	16	
De acuerdo a los resultados obtenidos, el 84 % de los encuestados conoce sobre CS, el resto indica que no 16 %.			

Continuación de la tabla IX.

Pregunta	Opciones de respuestas	Resultados (%)	Gráfica
Que idea tiene de P+L	Mejora orden en obra	10	<p>Este gráfico de sectores muestra la distribución de las respuestas para la pregunta 'Que idea tiene de P+L'. El gráfico está dividido en cuatro segmentos: un segmento verde que representa el 50% (Alternativa ambientalista), un segmento rojo que representa el 30% (Reducción de costos), un segmento azul que representa el 10% (Mejora orden en obra) y un segmento morado que representa el 10% (Sistema constructivo).</p>
	Reducción de costos	30	
	Alternativa ambientalista	50	
	Sistema constructivo	10	
De acuerdo a los resultados obtenidos, se observa que la mayoría de entrevistados relaciona P+L con alternativa ambientalista (50 %), reducción de costos (30 %), el resto lo relaciona con otras alternativas (20 %).			
Pregunta	Opciones de respuestas	Resultados (%)	Gráfica
Que idea tiene de CS	Sistema constructivo	20	<p>Este gráfico de sectores muestra la distribución de las respuestas para la pregunta 'Que idea tiene de CS'. El gráfico está dividido en tres segmentos: un segmento verde que representa el 40% (Alternativa ambientalista), un segmento rojo que representa el 40% (Reducción de costos) y un segmento azul que representa el 20% (Sistema constructivo).</p>
	Reducción de costos	40	
	Alternativa ambientalista	40	
De acuerdo a los resultados obtenidos, se observa que la mayoría de entrevistados relaciona P+L con alternativa ambientalista (40 %) y reducción de costos (40 %), el resto lo relaciona con sistema constructivo (20 %).			

Continuación de la tabla IX.

Pregunta	Opciones de respuestas	Resultados (%)	Gráfica
Le podría traer a usted o a su empresa algunos beneficios P+L o CS	Si	100	<p>A 3D pie chart with a single blue slice representing 100% for 'Si' and a very thin slice representing 0% for 'No'.</p>
	No	0	
De acuerdo a los resultados obtenidos, el 100 % de los encuestados considera que la implementación de actividades de P+L o CS les pueden traer beneficios.			
Pregunta	Opciones de respuestas	Resultados (%)	Gráfica
Actividades de construcción que más impactos generen	Actividades preliminares	18,7	<p>A 3D pie chart showing the distribution of construction activities. The slices are: Actividades preliminares (19%), Levantado (9%), Fundición de concreto (19%), Acabados (6%), Instalaciones (6%), Excavación, acarreo (18,7%), Almacenamiento y transporte materiales (6%), and Elaboración y colocación de armados de refuerzos (3,1%).</p>
	Levantado	9,3	
	Fundición de concreto	18,7	
	Elaboración y colocación de armados de refuerzos	3,1	
	Acabados	6,2	
	Instalaciones	6,2	
	Excavación, acarreo	18,7	
	Almacenamiento y transporte materiales	18,7	
De acuerdo a los resultados obtenidos, se observa que la actividades de construcción que más aparecen son actividades preliminares, fundición de concreto, excavación y acarreo, almacenamiento y transporte materiales (18,7 % c/u), levantado (9,3 %), acabados e instalaciones (6,2 %).			

Fuente: elaboración propia, con programa Excel.

4.4.3. Evaluación matriz ambiental

El sector de la construcción es una actividad económica que genera un alto impacto ambiental, debido al elevado consumo de recursos naturales y energía, y a la generación de residuos y emisiones contaminantes, tanto en la etapa de construcción como en su vida útil.

Una vez identificados las acciones impactantes y los factores impactados y teniendo en cuenta los resultados de la matriz de relación aspecto/impacto por las áreas de la entidad y/o en el proyecto de obra se describen los impactos ambientales significativos que se generan del servicio o producción. El uso de la matriz permite identificar la situación ambiental del proyecto con relación a los impactos ambientales y los sistemas que afectan, para propósitos del estudio se evaluaron únicamente las actividades relacionadas con la fase de construcción de una vivienda de mampostería reforzada de dos niveles en el AMG.

Se aplica a partir de la relación entre las acciones del proyecto y los factores a ser evaluados, los que fueron identificados previamente a partir de las visitas, encuesta, entrevistas y material sobre el tema.

Tabla X. **Resumen impactos ambientales proyectos construcción de vivienda**

Actividad		Contaminante	Descripción
Preparación del terreno	Demolición	Residuos peligrosos	Materiales contaminados, lámparas de diferentes tipos, tierras contaminadas
		Residuos no peligrosos	Escombros demolición, tierra, desechos plásticos, papeles, madera, metales.
		Ruidos y vibraciones	Ruidos maquinaria y equipos, tráfico de vehículos.
		Vertimientos	Derrames de hidrocarburos, solventes, combustibles, escorrentía contaminada.
		Emisiones	Polvo de maquinaria y equipo, material particulado, gases de combustión.
	Limpieza	Residuos peligrosos	Aceites, filtros, grasas, baterías, tierras contaminadas, envases contaminados.
		Residuos no peligrosos	Tierras y rocas, escombros, material vegetal, desechos domésticos.
		Ruidos y vibraciones	Uso de maquinaria y equipos, actividades construcción.
		Vertimientos	Derrames de hidrocarburos, solventes, combustibles, escorrentía contaminada.
		Emisiones	Polvo de maquinaria y equipo, material particulado, gases de combustión.
		Impactos al entorno	Impactos flora y fauna, impactos al paisaje.
	Instalaciones preliminares	Residuos peligrosos	Desechos de pinturas, aceites, tierras contaminadas, envases contaminados.
Residuos no peligrosos		Tierras y rocas, escombros, material vegetal, desechos domésticos.	
Ruidos y vibraciones		Uso de maquinaria y equipos, actividades construcción.	
Vertimientos		Derrames de pinturas y combustibles, escorrentía contaminada.	
Retiro cobertura vegetal, movimiento de tierra	Residuos peligrosos	Aceites, tierras contaminadas, envases contaminados.	
	Residuos no peligrosos	Tierras y rocas, escombros, material vegetal, desechos domésticos.	
	Ruidos y vibraciones	Uso de maquinaria y equipos, actividades construcción.	
	Vertimientos	Derrames de hidrocarburos, solventes, combustibles, escorrentía contaminada.	
	Emisiones	Polvo de maquinaria y equipo, material particulado, gases de combustión.	
	Impactos al entorno	Impactos flora y fauna, impactos al paisaje y visual.	

Continuación de la tabla X.

Cimientos	Residuos peligrosos	Aceites, tierras contaminadas, envases contaminados. Uso de aditivos.
	Residuos no peligrosos	Restos de mortero y concreto, recortes de varillas de acero y alambre, madera, tubería de PVC, metal y elementos de fijación. Desechos de plástico, papel y cartón.
	Ruidos y vibraciones	Uso de maquinaria y equipos, actividades construcción.
	Vertimientos	Derrames de pinturas y combustibles, agua de lavado equipos y herramientas, escorrentía contaminada.
	Emisiones	Polvo de maquinaria y equipo, material particulado, gases de combustión.
	Impactos al entorno	Presencia de camiones, maquinaria y equipo.
Losas y gradas	Residuos peligrosos	Uso de aditivos, aceites, filtros, grasas, baterías, tierras contaminadas, envases contaminados.
	Residuos no peligrosos	Restos de mortero y concreto, recortes de varillas de acero y alambre, madera, tubería de PVC, metal y elementos de fijación. Desechos de plástico, papel y cartón.
	Ruidos y vibraciones	Uso de maquinaria y equipos, actividades construcción.
	Vertimientos	Derrames de pinturas y combustibles, agua de lavado equipos y herramientas, escorrentía contaminada.
	Emisiones	Polvo de maquinaria y equipo, material particulado, gases de combustión. Vapores aditivos, resinas.
	Impactos al entorno	Presencia de camiones, maquinaria y equipo.
Entrepisos	Residuos peligrosos	Uso de aditivos, grasas, tierras contaminadas, envases contaminados. Restos de impermeabilizantes.
	Residuos no peligrosos	Restos de mortero y concreto, recortes de varillas de acero y alambre, madera, tubería de PVC, metal y elementos de fijación. Desechos de plástico, papel y cartón.
	Ruidos y vibraciones	Uso de maquinaria y equipos, actividades construcción.
	Vertimientos	Derrames de pinturas y combustibles, agua de lavado equipos y herramientas, escorrentía contaminada.
	Emisiones	Polvo de maquinaria y equipo, material particulado, gases de combustión. Vapores aditivos, resinas.
	Impactos al entorno	Presencia de camiones, maquinaria y equipo.

Continuación de la tabla X.

Levantado y acabados de muros, instalaciones sanitarias, mecánicas y eléctricas	Residuos peligrosos	Uso de aditivos, grasas, tierras contaminadas, envases contaminados. Restos de impermeabilizantes.
	Residuos no peligrosos	Restos de mortero, concreto, ladrillos, bloques, azulejos, yeso y baldosas. Recortes de madera, gypsum, tubería de PVC, metal y elementos de fijación. Desechos de plástico, papel y cartón
	Ruidos y vibraciones	Uso de maquinaria y equipos, actividades construcción.
	Vertimientos	Derrames de solventes, agua de lavado equipos y herramientas, escorrentía contaminada.
	Emisiones	Polvo de maquinaria y equipo, material particulado, gases de combustión. Vapores aditivos, resinas.
	Impactos al entorno	Presencia de camiones, maquinaria y equipo.
Carpintería metálica y de madera	Residuos peligrosos	Desechos de pinturas, aditivos, resinas, envases contaminados.
	Residuos no peligrosos	Restos de mortero, concreto, ladrillos, bloques, azulejos, yeso y baldosas. Recortes de madera, gypsum, tubería de PVC, metal y elementos de fijación. Desechos de plástico, papel y cartón
	Ruidos y vibraciones	Uso de maquinaria y equipos, actividades construcción.
	Vertimientos	Derrames de hidrocarburos, solventes, combustibles, escorrentía contaminada.
	Emisiones	Polvo de maquinaria y equipo, material particulado, gases de combustión. Vapores aditivos, resinas.
	Impactos al entorno	Presencia de camiones, maquinaria y equipo.
Acabados y pintura	Residuos peligrosos	Desechos de pinturas, aceites, solventes, envases contaminados.
	Residuos no peligrosos	Restos de mortero y concreto, recortes de varillas de acero y alambre, madera, tubería de PVC, metal y elementos de fijación. Desechos de plástico, papel y cartón.
	Ruidos y vibraciones	Uso de maquinaria y equipos, actividades construcción.
	Vertimientos	Derrames de pinturas y combustibles, agua de lavado equipos y herramientas, escorrentía contaminada.
	Emisiones	Polvo de pintura, gases uso solventes.
	Impactos al entorno	Impacto visual y paisajístico.

Continuación de la tabla X.

Equipamiento y limpieza	Residuos peligrosos	Envases contaminados uso de solventes, pegamentos, limpiadores.
	Residuos no peligrosos	Restos de mortero y concreto, recortes de varillas de acero y alambre, madera, tubería de PVC, metal y elementos de fijación. Desechos de plástico, papel y cartón.
	Ruidos y vibraciones	Uso de maquinaria y equipos, actividades construcción.
	Vertimientos	Agua de lavado equipos y herramientas, escorrentía contaminada.
	Emisiones	Material particulado, gases de combustión.
	Impactos al entorno	Presencia de camiones, maquinaria y equipo.

Fuente: elaboración propia.

4.4.4. Análisis de resultados

Se incluye los resultados de la encuesta realizada de acuerdo a cada una de las secciones en que se dividía, sin embargo, se presentan algunas consideraciones particulares.

- La mayoría de las empresas encuestadas se dedican a realizar estudios técnicos y a la construcción de obras.
- El 50 por ciento de las empresas encuestadas tiene más de 10 años de experiencia en el sector.
- El 50 por ciento de las empresas refiere contar con política ambiental, lo que resalta la percepción del tema ambiental en el sector.

- La mayoría de los encuestados tiene formación universitaria (83 %), el resto cuentan con el nivel medio de estudios aprobados. Esta situación facilitó la actividad de la encuesta.
- En cuanto a la experiencia en construcción de los encuestados, se observa que el rango de entre 1-5 años tiene el valor mayor (50 %), sin embargo el 34 por ciento cuenta con experiencia de + de 10 años.
- El número de trabajadores en obra no incluye al personal subcontratado que participa en algunos renglones de la construcción, todas las empresas tienen una planilla en obra de no más de 15 trabajadores.
- En todas las empresas el personal que se encuentra en los proyectos incluye profesionales, jefes de obra, albañiles y ayudantes.
- El total de los encuestados refiere el uso de equipo de seguridad y protección por parte de su personal, en obra se observa que no siempre se cumple esta regulación.
- El total de los encuestados refiere conocer el consumo de agua y energía eléctrica en el proyecto.
- Es importante señalar que todas las empresas refieren que ellos mismos realizan el transporte de los desechos de construcción, sin embargo solo el 84 por ciento conoce donde se depositando los desechos.

- Todos los encuestados refieren conocer sobre el tema de la gestión ambiental, sin embargo solo el 84 por ciento conocen sobre P+L o CS. Se observa que estos términos todavía resultan desconocido para algunas personas vinculadas al mundo de la construcción.
- La mayoría de los encuestados consideran que los términos de P+L o CS se relacionan con el concepto de alternativa ambientalista o con la reducción de costos. Sin embargo, más allá del desconocimiento de estos temas, la mayoría de las personas considera que pueden generarles mayores beneficios
- En general, la demanda por cursos de formación relacionados a la P+L o CS son estudiantes de ingeniería y arquitectura, profesionales, empresarios, fabricantes y comerciantes vinculadas al mundo de la construcción, y por albañiles, maestros de obra y técnicos de mando medio que trabajan directamente en las obras de construcción.
- La construcción es una actividad muy ligada al agua ya que ésta es precisa en un gran número de operaciones, y porque se trabaja en contacto con la misma en entornos húmedos, ríos y costas, generándose vertidos que pueden afectar a la calidad de las aguas si no se adoptan las precauciones necesarias, las buenas prácticas tienden a la disminución del consumo de agua, mejora de la eficiencia en su uso y reducción de los vertidos asociados, tanto en volumen, como en carga contaminante
- El suelo es un recurso no renovable a corto y medio plazo que se caracteriza por una gran vulnerabilidad. El sector de la construcción incide de forma muy significativa sobre este recurso, debido a la propia

ocupación del terreno por la obra desarrollada e instalaciones anexas, que resulta inevitable e inherente a la propia naturaleza de los trabajos.

- Además de sobre los factores abióticos (agua, atmósfera, suelo), el sector de la construcción también tiene una clara incidencia sobre factores bióticos, como la vegetación o las especies animales presentes en el entorno en que se desarrolla la obra, así como en el medio urbano e infraestructuras de servicio a las poblaciones cercanas.

5. ACCIONES PROPUESTAS PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

5.1. Descripción

Para las empresas constructoras es de primordial importancia el conocimiento y la aplicación de la legislación ambiental vigente y de la normativa desarrollada en relación al tema en Guatemala. El sector de la construcción afecta de manera importante al medio ambiente en sus distintas fases (solamente la construcción y mantenimiento de edificios consume el 40 por ciento de los materiales empleados en la Unión Europea).

Producción más Limpia es una filosofía preventiva de mejoramiento que promueve la identificación de oportunidad para eliminar o reducir la generación de residuos, además de racionalizar la utilización de insumos y lograr beneficios económicos y ambientales, uno de los aspectos más importantes en la estrategia de su implementación, es lograr que las medidas adoptadas permitan facilitar el cumplimiento de las normas vigentes a nivel nacional; producir limpio significa:

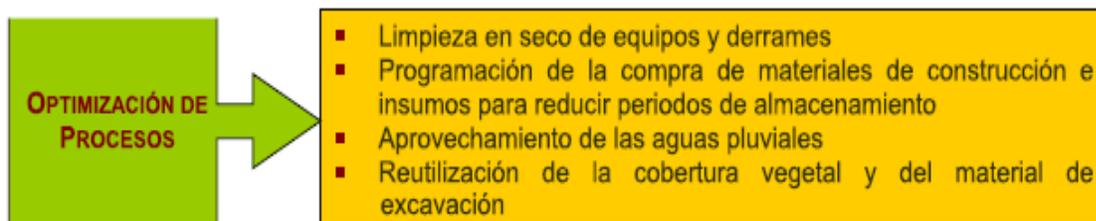
- Reducir el volumen de residuos que se generan
- Ahorrar recursos y materias primas
- Ahorrar costos de tratamiento
- Modernizar la estructura productiva
- Innovar en tecnología
- Mejorar la competitividad de las empresas

5.2. Tipos de acciones

Las soluciones de Producción más Limpia están encaminadas a generar ahorros en materiales de construcción y/o insumos, en el pago de multas por contaminación y en los costos de construcción, representados por el consumo de materiales, mano de obra y tiempo de ejecución de la obra.

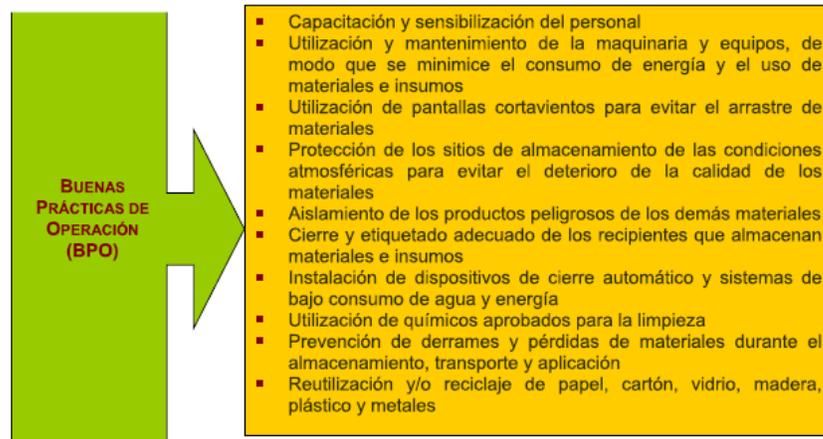
Existen varias formas de alcanzar la Producción más Limpia, algunas son tan sencillas que su solo conocimiento puede generar una acción inmediata hacia dicho enfoque; unas asociadas al tema de mejores prácticas, otras a la optimización de procesos, y las últimas relacionadas con los cambios tecnológicos.

Figura 7. **Opciones relacionadas con la optimización de procesos**



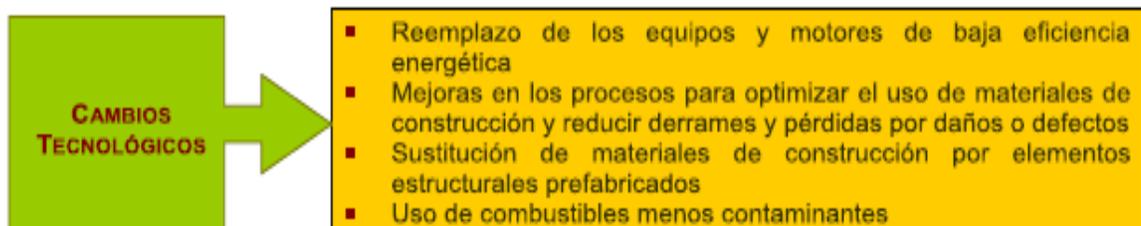
Fuente: Gobierno Nacional de Panamá. *Guía de producción más limpia para el sector construcción*. p. 60.

Figura 8. **Opciones relacionadas con buenas prácticas de operación**



Fuente: Gobierno Nacional de Panamá. *Guía de producción más limpia para el sector construcción.* p. 60.

Figura 9. **Opciones relacionadas con los cambios tecnológicos**



Fuente: Gobierno Nacional de Panamá. *Guía de producción más limpia para el sector construcción.* p. 60.

En cada caso es necesario contar con la información de la empresa y de la obra en construcción, que permitan identificar aquellas situaciones que ameritan la intervención para el mejoramiento del desempeño ambiental y productivo. Teniendo en cuenta las opciones de intervención aplicables al sector construcción, y a las condiciones encontradas en la obra durante el

diagnóstico, se seleccionan aquellas opciones de P+L, relacionadas con: mejores prácticas, optimización de procesos y/o cambios tecnológicos, que podrían ser implementadas en la obra o en futuras obras por parte de la empresa constructora.

Cada opción de P+L identificada deberá evaluarse desde el punto de vista técnico, ambiental y económico para establecer su aplicabilidad y priorización en términos de la urgencia de su implementación: corto, mediano o largo plazo. Las alternativas de Producción más Limpia se agrupan en dos áreas:

- Mejores prácticas ambientales: corresponden a la aplicación de la combinación más adecuada de medidas y estrategias de control ambiental.
- Mejores técnicas disponibles: son la fase más eficaz y avanzada de desarrollo de las actividades y de sus modalidades de explotación, que demuestran la capacidad práctica de determinadas técnicas para constituir, en principio, la base de los valores límite de emisión destinados a evitar o, cuando ello no sea posible, reducir en general las emisiones y el impacto en el conjunto del medio ambiente y de la salud de las personas

5.2.1. Materia prima

Es importante que al momento de seleccionar los materiales de construcción, se tengan en cuenta las siguientes consideraciones ambientales:

- Utilizar materiales recuperados o reciclados.
- Utilizar materiales ecológicos.

- Utilizar materiales que generen poco residuo.
- Las instalaciones del sitio de almacenamiento de materiales e insumos deben incluir, como parte de la obra, un área especial en la que se almacenarán las sustancias de tipo peligroso.

5.2.2. Transporte de materiales e insumos

Dado que existen algunos riesgos relacionados con el transporte de los materiales de construcción e insumos, desde la empresa comercializadora hasta el sitio de la obra, es necesario considerar las siguientes medidas:

- No exceder el llenado del volquete.
- Limpiar sus bordes, previo al inicio del transporte.
- Poner una lona o manteado bien sujeto sobre la tolva del volquete.
- Desplazarse a una velocidad no mayor de 60 kilómetros por hora cuando sea permitido.
- Realizar la actividad durante horario diurno.
- Utilizar únicamente vías públicas autorizadas para la movilización de maquinaria pesada.

5.2.3. Agua

La gran mayoría de aguas residuales que se producen en el proceso constructivo, están relacionadas con actividades de limpieza y con el escurrimiento de las aguas lluvias. En todo el tiempo de ejecución de la obra se deberán tener en cuenta las siguientes consideraciones ambientales relevantes:

- Usar eficientemente el recurso hídrico.
- Conservar y proteger las fuentes de abastecimiento.
- Manejar integralmente las cuencas hidrográficas.
- En las primeras etapas del proceso constructivo se utilizan baños portátiles.
- El sitio para lavado de equipos y maquinaria deberá estar localizado cerca a la salida de los vehículos y maquinaria. Para evitar el arrastre de materiales hacia la vía pública, debe estar rodeada por un canal con el fin de recolectar allí toda el agua proveniente del lavado.
- Implementar un sistema de recirculación de agua en el proceso constructivo.

5.2.4. Energía

Dentro de la obra el consumo de energía generalmente está representado por:

- El uso de la energía eléctrica para las áreas administrativas (iluminación, alimentación de electrodomésticos y aparatos electrónicos).
- Uso de energía eléctrica en herramientas, equipos y maquinaria.
- Uso de combustibles en equipos y maquinaria.

En todo el tiempo de ejecución de la obra se deberán tener en cuenta las siguientes consideraciones ambientales relevantes:

- Usar racionalmente la energía
- Promover el uso de energías limpias
- Incrementar la eficiencia y conservación energética

5.2.5. Residuos

La generación de residuos es uno de los impactos más relevantes del proceso constructivo, ya que se presenta en todas las operaciones unitarias del mismo; desde la preparación del terreno hasta el equipamiento y limpieza. Se producen residuos peligrosos y no peligrosos, los cuales deben ser manejados separadamente y dispuestos de forma adecuada. En todo el tiempo de ejecución de la obra se deberán tener en cuenta las siguientes consideraciones ambientales, relacionadas con el manejo de los residuos:

- Evitar y/o reducir la generación de residuos.
- Reutilizar o reusar los residuos.
- Reciclar y valorizar.

- Se adecuará, dentro de la obra, un sitio de almacenamiento de residuos sólidos con su respectiva rotulación, que contará con capacidad adecuada para los volúmenes a manejar.

5.2.6. Aire

La actividad de la construcción es una fuente importante de contaminación atmosférica, especialmente de material particulado, ruido y vibraciones. En cuanto al ruido y las vibraciones, las fuentes principales de generación están asociadas a las actividades desde excavación en roca, movimiento de la maquinaria y transporte de los materiales de construcción.

Para mitigar muchos de las causas que alteran la calidad del aire en el área de influencia directa de la obra, es preciso tener en cuenta las siguientes consideraciones ambientales:

- Evitar y/o minimizar la generación de emisiones atmosféricas, ruido y vibraciones.
- Controlar la emisión de gases, partículas, ruido y vibraciones.

5.2.7. Suelo

Algunas de las acciones implementadas en los otros componentes, tienen algún grado de injerencia en la conservación del recurso suelo. Sin embargo, existen dos aspectos que vale la pena mencionar:

- Área afectada por la obra
- Mantenimiento de la maquinaria pesada

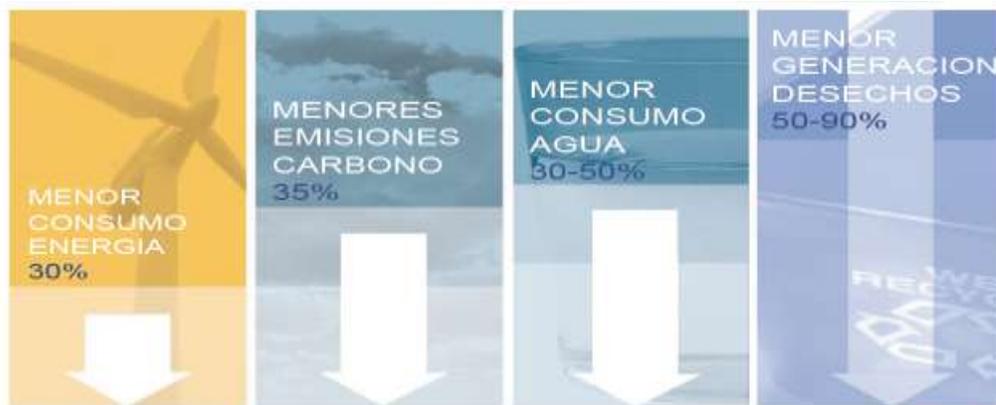
5.3. Beneficios

Los beneficios que se puede obtener al aplicar Producción más Limpia son los siguientes:

- **Beneficios económicos**
 - Reducción de costos al optimizar del uso de las materias primas.
 - Ahorro mediante la utilización eficiente de la materia prima, el agua y la energía eléctrica.
 - Menores niveles de inversión asociado a tratamientos y/o disposición final de desechos.
 - Optimización de los procesos.
 - Mejora las condiciones de seguridad y salud ocupacional.
 - Evita el pago de multas o clausuras por incumplimiento de la legislación ambiental.
- **Beneficios ambientales**
 - Disminución de la contaminación ambiental.
 - Reduce la generación de desechos.

- Cumplimiento de la legislación ambiental local y nacional.
- Mejoramiento de la imagen de la empresa ante la comunidad.
- Las buenas prácticas tienden a la disminución del consumo de agua, mejora de la eficiencia en su uso y reducción de los vertidos asociados, tanto en volumen, como en carga contaminante.

Figura 10. **Beneficios ambientales Producción más Limpia**



Fuente: OSORIO CARDONA, John Fredy. *Construcción sostenible en Colombia*. 2010. p. 66.

- **Beneficios comerciales**
 - Mejora en la imagen de la empresa y de los productos.
 - Aplicación de eco diseño en el producto
 - Diversificación de productos a partir del aprovechamiento de los residuos.

CONCLUSIONES

1. La industria de la construcción es una actividad necesaria, pero a la vez es una de las actividades que más modifican el ambiente, puesto que exige un gran consumo de recursos naturales y produce grandes volúmenes de desechos.
2. No se dispone de datos reales y comparables en el país sobre generación de los residuos de la construcción, la esperanza es que con la implementación de estrategias de gestión y políticas adecuadas de administración en los proyectos, se minimice el impacto provocado al ambiente y se optimice el uso de los recursos.
3. Por medio de la implementación de políticas de manejo y gestión de los desechos las empresas constructores y sus proyectos tendrán una oportunidad de economizar dinero, reducir costos, optimizar recursos y sobre todo construir una imagen importante de la empresa.
4. En general, se puede decir que en todo proyecto de construcción es posible disminuir el desperdicio de materiales y por ende, la cantidad de desechos, mediante adecuadas políticas de gestión y controles efectivos.
5. La capacitación y concienciación del uso y manejo adecuados de los materiales es un aspecto fundamental para reducir los desechos.

6. La mayoría de los materiales de la construcción que se botan son considerados desechos, pero algunos tienen algún potencial para ser reciclados y reutilizados y de esta manera, reincorporarse al proceso productivo.
7. Es necesario buscar y aplicar alternativas para un manejo y gestión adecuados de los desechos. Una alternativa razonable y viable es reciclar, reducir, reutilizar y recuperar.
8. El departamento de Guatemala es el que mayor volumen de construcción de vivienda tiene en el país, así como mayor número de empresas de construcción. Las empresas de construcción evaluadas se ubican en los municipios de Guatemala, Mixco, San Miguel Petapa dentro del AMG.
9. Debido a su ubicación en el AMG, la mayoría de los proyectos cuentan con personal profesional para la supervisión de obra y manejo de personal, lo que facilita la seguridad e higiene en obra.
10. Las principales actividades que desarrollan las empresas encuestadas son el desarrollo de estudios y la construcción de obras.
11. La experiencia y formación de los encuestados es variable, además existe desconocimiento sobre los temas de Producción más Limpia y construcción sostenible, es necesario realizar actividades que permitan mejorar esta situación.

12. Las actividades de construcción que más impactos causan en el medio ambiente son limpieza, fundición de concreto, excavación y acarreo, almacenamiento y transporte materiales, levantado y acabados e instalaciones.

RECOMENDACIONES

1. Realizar investigación en nuevas técnicas que utilicen residuos y desechos provenientes de las actividades de la construcción.
2. Impulsar los mecanismos de transferencia de conocimientos, información e innovaciones entre el sector educativo y el sector productivo (construcción).
3. Los escombros y desechos no contaminados de las obras de construcción y demolición no deben depositarse en los rellenos sanitarios para los desechos sólidos municipales, puesto que reducirán en gran medida la vida útil de estos sitios.
4. Clasificar los residuos desde el primer momento en que estos se consideran como tales, es decir, en la propia zona de trabajo y no en una limpieza posterior.
5. Formar a todo el personal implicado en el proceso constructivo para alcanzar un alto grado de sensibilización en cuanto a la separación en origen de los residuos.
6. Las empresas de construcción que desarrollen proyectos de construcción de vivienda en el AMG, deben de aprovechar las facilidades que ofrece el departamento de Guatemala para el manejo adecuado de los desechos de construcción y demolición.

7. Promover actividades para fomentar la capacitación y concienciación en la población ubicada en el AMG, para el uso y disposición adecuada de desechos electrónicos que minimicen el impacto negativo al ambiente y la salud.

8. Promover actividades para impulsar un mejor uso del recurso agua en los proyectos ubicados en el AMG.

BIBLIOGRAFÍA

1. AGUILAR ROJAS, Grethel; IZA Alejandro. *Derecho Ambiental en Centroamérica Tomos I, II*. Costa Rica: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), 2009. 415 p.
2. CORREA CORTÉS, Yania; SANTOS HERRERO, Ronaldo; GÓMEZ MOYA Leidy. *La problemática de los residuos sólidos y su gestión en la ciudad universitaria Abel Santamaría*. Cuba: Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Facultad de Química-Farmacia. s/f. 16 p.
3. DÁVILA ELÍAS, Edgar Alejandro. *Actualidad y desarrollo del uso del vidrio en la construcción*. Trabajo de Graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2012. 94 p.
4. Fondo Social Europeo. *Guía de buenas prácticas ambientales. Construcción de edificios*. España: Centro de Recursos Ambientales de Navarra, 2002. 17 p.
5. Fundación Laboral de la Construcción. *Documento de síntesis: Estudio del sector de la construcción*. España: Fondo Social Europeo, 2002. 200 p.

6. Gobierno Nacional de Panamá. *Guía de producción más limpia para el sector construcción.* [en línea] <<http://es.scribd.com/doc/68342416/Pml-Guia-de-Construccion#scribd>>. [Consulta: enero de 2012].
7. GUTIÉRREZ MONTOYA, Martha. *Inventario de elementos tóxicos peligrosos y contaminantes en materiales de construcción.* Colombia: s.e., 2000. 47 p.
8. IBÁÑEZ MUÑOZ, Hugo Antonio. *Producción limpia en la construcción.* Chile: Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, 2006. 97 p.
9. Instituto de Incidencia Ambiental. *Informe técnico no. 4. Generación y manejo de Desechos Sólidos en Guatemala.* Guatemala: Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, 2003. 55 p.
10. LEANDRO HERNÁNDEZ, Ana Grettel. *Administración y manejo de los desechos en proyectos de construcción.* Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica, Centro de Investigaciones en vivienda y construcción CIVCO, 2007. 38 p.
11. MARTÍNEZ BERTRAND, Carlos. *Gestión de residuos de construcción y demolición (RCDS): importancia de la recogida para optimizar su posterior valorización.* España: s.e., 2009. 30 p.

12. ROJAS, Edgar. *Alternativas tecnológicas para el manejo ambientalmente racional de los residuos de PVC*. EE.UU. Tecnología del Plástico, 2011. 13 p.
13. SciELO. *Edificaciones sostenibles: estrategias de investigación y desarrollo*. [en línea]. Tecnología y Construcción. v.21 n.1. Caracas. [Ref. abril de 2005]. Disponible en web. [<http://www2.scielo.org.ve/scielo>].
14. Secretaría del Medio Ambiente. Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación del Agua, Suelo y Residuos. *Diagnóstico básico de residuos de la construcción del estado de México*. México: SMA, 2007. 123 p.
15. TOSCANO MACHADO Eulalio A. *Gestión de la ciencia y tecnología para el reciclado de los desechos sólidos en la construcción*. Cuba: s.e., 2008. 141 p.
16. VELÁSQUEZ AGUIRRE Ludvina de María. *Estrategias de concientización ante el impacto ambiental de los desechos sólidos (basura) en el área metropolitana de la ciudad de Guatemala*. Trabajo de Graduación de Lic. en Trabajo Social. Universidad de San Carlos de Guatemala, Escuela de Trabajo Social, 2000. 55 p.

ANEXOS

Anexo 1.
Encuesta

Trabajo de Graduación
**PLANIFICACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN
 LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN EL ÁREA METROPOLITANA DEL DEPARTAMENTO DE
 GUATEMALA - AMG -**

Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos

1. DATOS GENERALES

1.1. Empresa

- 1.1.1. Nombre: GEOingeniería
- 1.1.2. Dirección: 5ta calle A 26 -- 11 zona 7 kaminajuyu 1
- 1.1.3. Actividades principales que desarrollan:
Estudios Diseños Desarrollo Inmobiliario Construcción Consultorías
 Otras: _____
- 1.1.4. Tiempo de funcionar:
 1-5 años 5-10 años + de 10 años
- 1.1.5. Tienen política ambiental : SI NO
- 1.1.6. Número de proyectos de vivienda desarrollados en 2010-2011:
 1-3 3-5 + de 5
- 1.1.7. Departamentos con que cuenta la empresa (organización interna):
 Diseño Contabilidad Personal Gestión ambiental
 Otros: _____
- 1.1.8. Número de trabajadores de la empresa:
1-10 11-25 25-50 + de 50

1.2. Entrevistado

- 1.2.1. Nombre: Manuel Arrivillaga
- 1.2.2. Nivel estudios:
 Primaria Nivel medio Licenciatura Otro: _____
- 1.2.3. Puesto:
- 1.2.4. Experiencia en construcción de viviendas:
 1-5 años 5-10 años + de 10 años

2. INFORMACIÓN PROYECTO

2.1. General

- 2.1.1. Tipo de proyecto:
 Residencial Otro: _____
- 2.1.2. Área total (m²): 700
- 2.1.3. Ubicación :
 Capital Municipio (AMG) Escuintla
- 2.1.4. Número de trabajadores actualmente en la obra:
 5-15 15-30 + de 30
- 2.1.5. Etapa del proceso constructivo:
 Cimentación Levantado muros Losa Instalaciones Acabados Carpintería

2.2. Organización en obra

- 2.2.1. Tipo de personal:
Ingeniero residente Jefe de obra Albañiles Ayudantes Contratistas
 Otros: _____
- 2.2.2. Tipo de equipo con que cuentan:
Mezcladoras Cortadoras Pulidoras Planta eléctrica Camiones
 Otros: _____
- 2.2.3. Tipo de equipo de protección con que cuentan:
Guantes Lentes Tapones oídos
 Otros: _____
- 2.2.4. Conoce consumo de agua: SI (_____ m³) NO
- 2.2.5. Conoce consumo de energía: SI (_____ Q, kW) NO
- 2.2.6. El transporte de residuos de construcción lo realiza la misma empresa: SI NO
- 2.2.7. Conoce donde se disponen los residuos que se generan:
SI (relleno sanitario, botadero, campo abierto, reciclaje interno, reciclaje externo, venta a terceros, reuso, otro)
NO
- 2.2.8. Cuentan con:
- Servicios sanitarios: SI NO
 - Control de materiales: SI (describalo) NO
 - Tipo servicio/suministro de agua: Municipal Cisterna
 Otro: _____

**Compromiso de privacidad: la información será utilizada exclusivamente para el estudio
 Raúl Estuardo Sum Hernández**

Trabajo de Graduación

PLANIFICACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN EL ÁREA METROPOLITANA DEL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA - AMG -

Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos

3. INFORMACIÓN AMBIENTAL

3.1. Gestión ambiental

- 3.1.1. Conoce sobre gestión ambiental: SI (mucho poco) NO
- 3.1.2. Manejan procedimientos específicos para no impactar al medio ambiente:
SI (describalos) _____ En algunos casos _____ NO
- 3.1.3. Conoce sobre Producción más Limpia (P+L): SI (mucho poco) NO
- 3.1.4. Que idea tiene de P+L:
Mejora orden en obra Reducción de costos Sistema constructivo Construcción antisísmica/tradicional
Alternativa ambientalista
Otro: _____
- 3.1.5. Conoce sobre construcción sostenible (CS): SI (mucho poco) NO
- 3.1.6. Que idea tiene de CS:
• Reducción de costos
• Sistema constructivo
• Alternativa ambientalista
• Construcción antisísmica/tradicional
• Otro: _____
- 3.1.7. De que manera adquirió estos conocimientos (P+L, CS):
En cursos Medio escrito Internet Otro: _____
- 3.1.8. Le podría traer a usted o a su empresa algunos beneficios P+L ó CS:
SI (muchos algunos) _____ No tengo idea
- 3.1.9. Qué beneficios le podría traer: Reducción de costos o incremento de ganancias
• Mejor calidad de construcciones
• Nuevas alternativas constructivas
• Depende del tema Información trae beneficios
• Otro: _____
- 3.1.10. Estaría usted dispuesto a capacitarse sobre estos temas (P+L, CS): SI _____ NO

3.2. Información Aspectos ambientales

- 3.2.1. Identifique cinco actividades de construcción que más impactos generen (por grado de importancia del 1 al 5)
- Actividades preliminares 3
 - Levantado
 - Fundición de concreto
 - Elaboración y colocación de armados de refuerzos
 - Acabados
 - Instalaciones
 - Excavación, acarreo 2
 - Almacenamiento y transporte de materiales 1
 - Otro: _____
- 3.2.2. Por que razón: _____

3.3. Información Impactos ambientales

- 3.3.1. Identifique cinco impactos ambientales generados durante la construcción de vivienda (por grado de importancia del 1 al 5)
- Generación de desechos sólidos 1
 - Generación de desechos líquidos 4
 - Contaminación atmosférica 3
 - Nivel de ruido 5
 - Seguridad e higiene en el trabajo 2
 - Otros: _____
- 3.3.2. Que acciones realizan para minimizar estos impactos: _____

Compromiso de privacidad: la información será utilizada exclusivamente para el estudio
Raúl Estuardo Sum Hernández

