



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

**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS
GENERADOS EN LAS ÁREAS DE PRODUCCIÓN Y LABORATORIO EN UNA
PLANTA DE CONCRETO PREMEZCLADO EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA**

Josué Esaú Estrada Valdez

Asesorado por el Ing. Elmer Thomas Yoc Juárez

Guatemala, enero de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS
GENERADOS EN LAS ÁREAS DE PRODUCCIÓN Y LABORATORIO EN UNA
PLANTA DE CONCRETO PREMEZCLADO EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JOSUÉ ESAÚ ESTRADA VALDEZ

ASESORADO POR EL ING. ELMER THOMAS YOC JUÁREZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ENERO DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Gordillo García
EXAMINADOR	Ing. Fernando Amílcar Boiton Velásquez
EXAMINADOR	Ing. Luis Estuardo Saravia Ramírez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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:

**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS
GENERADOS EN LAS ÁREAS DE PRODUCCIÓN Y LABORATORIO EN UNA
PLANTA DE CONCRETO PREMEZCLADO EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 29 de mayo del 2012.



José Esau Estrada Valdez

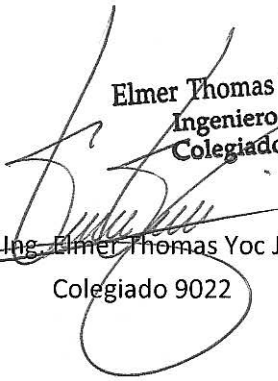
MBA Ing. Civil Elmer Thomas Yoc Juárez
Colegiado: 9022
3ra. Avenida 9-03 zona 21, Colonia Vásquez
Tel. 40689809; email: elmer75@gmail.com

Guatemala, 11 de Julio de 2013

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro
Director de Escuela
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Montenegro, por este medio me es grato dirigirme a su persona, para hacer de su conocimiento que he revisado, además de haber efectuado las correcciones del caso, sobre el trabajo de graduación titulado: **"PROPUESTA DE UN PLAN DE MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS GENERADOS EN LAS ÁREAS DE PRODUCCIÓN Y LABORATORIO DE UNA PLANTA DE CONCRETO PREMEZCLADO, EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA"**, elaborado por el estudiante Josué Esaú Estrada Valdez, por el cual me complace aprobarla. Así mismo, solicito a usted interponer sus buenos oficios a donde corresponda para los trámites correspondientes posteriores.

Agradeciendo su atención, me suscribo a usted.


Elmer Thomas Yoc Juárez
Ingeniero Civil
Colegiado 9022

MBA Ing. Elmer Thomas Yoc Juárez
Colegiado 9022



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,

26 de noviembre de 2013

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 PROPUESTA DE UN PLAN DE MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS GENERADOS EN LAS ÁREAS DE PRODUCCIÓN Y LABORATORIO DE UNA PLANTA DE CONCRETO PREMEZCLADO, EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Josué Esaú Estrada Valdez, quien contó con la asesoría del Ing. Elmer Thomas Yoc.

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,

ID Y ENSEÑAR A TODOS

Lic. Manuel María Guillén Salazar

Jefe del Departamento de Planeamiento

Manuel María Guillén Salazar
ECONOMISTA
Colegiado No. 4758



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE
PLANEAMIENTO
USAC

/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. Elmer Thomas Yoc Juárez y del Jefe del Departamento de Planeamiento, Lic. Manuel María Guillén Salazar, al trabajo de graduación del estudiante Josué Esaú Estrada Valdez, titulado **PROPUESTA DE UN PLAN DE MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS GENERADOS EN LAS ÁREAS DE PRODUCCIÓN Y LABORATORIO DE UNA PLANTA DE CONCRETO PREMEZCLADO, EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, enero de 2014.

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua



Universidad de San Carlos
de Guatemala

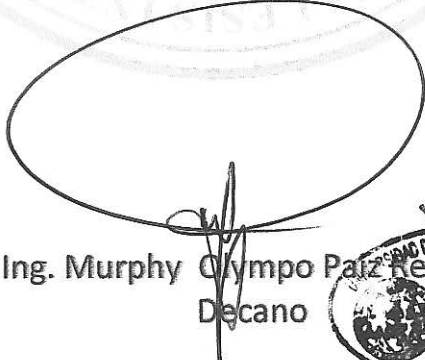



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 024.2014

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: **PROPUESTA DE UN PLAN DE MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS GENERADOS EN LAS ÁREAS DE PRODUCCIÓN Y LABORATORIO EN UNA PLANTA DE CONCRETO PREMEZCLADO EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Josué Esaú Estrada Valdez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano 

Guatemala, 27 de enero de 2014

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Gracias Padre por estar conmigo en los momentos de alegría y angustia, por ser mi ayudador y proveedor, sin ti mi vida no tendría sentido.
- Mi padre** Josué Estrada y Estrada, por brindarme el apoyo necesario para alcanzar esta meta.
- Mi madre** María Josefina Valdez y Valdez, por tu apoyo incondicional y comprensión, siempre.
- Mi esposa** Karla Mariela Ríos Carías, por su apoyo moral en todo momento.
- Mi hijo** Josué Alejandro Estrada Ríos, por ser una inspiración a mi vida.
- Mis hermanos** Eliu y Yarissa Estrada Valdez, por su cariño, respeto y apoyo.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	La universidad más grande y prestigiosa de Guatemala.
Facultad de Ingeniería	Con mucho respeto y aprecio.
Mi asesor	Ing. Elmer Yoc, por compartir sus conocimientos y brindar el tiempo necesario para la realización del presente trabajo.
FORCOGUA	Por permitirme realizar mi trabajo de graduación dentro de sus instalaciones.
INTEDCO	Ing. Adolfo Rojas, por ser un apoyo moral y brindarme el tiempo necesario para la investigación y elaboración del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. CONCRETO	1
1.1. Definición	1
1.2. Antecedentes	1
1.3. Materiales	2
1.3.1. Agua	3
1.3.2. Cemento	3
1.3.3. Agregados	3
1.3.3.1. Agregado fino	4
1.3.3.2. Agregado grueso	4
1.3.4. Aditivos	5
1.3.5. Adiciones	5
1.4. Tipos de concretos	5
1.5. Características	7
1.5.1. Estado fresco	10
1.5.2. Estado endurecido	11
1.6. Control de calidad	13
1.6.1. Materiales	13
1.6.2. Estado fresco	15

1.6.3.	Estado endurecido.....	16
2.	CONCRETO PREMEZCLADO	19
2.1.	Definición	19
2.2.	Generalidades.....	19
2.3.	Plantas de producción.....	24
2.3.1.	Fases de producción, concreto premezclado.....	25
2.3.1.1.	Control, manejo y almacenamiento de materiales	25
2.3.1.2.	Dosificación	27
2.3.1.3.	Mezclado de concreto.....	27
2.3.1.4.	Manejo y colocación de concreto fresco.....	28
2.3.2.	Tipos de plantas	30
2.4.	Tipos de concretos premezclados.....	34
2.4.1.	Clasificación según el procedimiento de mezcla.....	35
2.5.	Impactos ambientales	35
2.5.1.	Definición.....	35
2.5.2.	Tipos	37
2.5.3.	Características.....	37
2.5.4.	Medidas de mitigación	38
2.6.	Gestión ambiental	40
2.6.1.	Desechos sólidos	40
2.6.2.	Desechos líquidos	41
2.6.3.	Emisiones atmosféricas.....	42
2.6.4.	Niveles de sonido	43
2.6.5.	Control de riesgos	43
3.	DESECHOS SÓLIDOS	45

3.1.	Definición.....	45
3.2.	Características.....	45
3.3.	Clasificación	46
3.3.1.	Origen	46
3.3.2.	Naturaleza.....	47
3.4.	Gestión.....	47
3.4.1.	Internacional	47
3.4.2.	Local	48
4.	PLANTA DE CONCRETO PREMEZCLADO FORMALETAS Y CONCRETOS DE GUATEMALA, S. A. (FORCOGUA)	51
4.1.	Antecedentes.....	51
4.2.	Ubicación.....	51
4.3.	Características.....	53
4.4.	Organización interna.....	57
4.5.	Producción.....	60
4.5.1.	Materiales	66
4.5.2.	Equipos.....	69
4.5.2.1.	Planta de producción.....	70
4.5.2.2.	Móviles	71
4.5.3.	Principales productos	73
4.6.	Política ambiental	74
4.6.1.	Normas y procedimientos.....	75
5.	ELABORACIÓN Y PROPUESTA DEL PLAN DE MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS	79
5.1.	Trabajo de campo.....	79
5.1.1.	Diagnóstico: manejo de desechos sólidos actual de la empresa	80

5.1.1.1.	Antecedentes.....	80
5.1.1.2.	Situación actual gestión desechos sólidos	81
5.1.2.	Descripción de actividades de la Planta de Producción	87
5.1.3.	Descripción de actividades: Áreas Producción y Laboratorio.....	87
5.1.3.1.	Producción.....	88
5.1.3.2.	Laboratorio	89
5.1.4.	Descripción, caracterización, cuantificación de desechos sólidos generados en las Áreas de Producción y Laboratorio	89
5.1.4.1.	Producción.....	90
5.1.4.2.	Laboratorio	94
5.2.	Trabajo de gabinete	95
5.2.1.	Análisis, tabulación e información.....	95
5.2.2.	Elaboración del Plan de manejo de desechos sólidos	96
5.2.2.1.	Base legal	99
5.2.2.2.	Generación, prevención y minimización de desechos	99
5.2.2.3.	Recolección y transporte.....	101
5.2.2.4.	Tratamiento y aprovechamiento.....	101
5.2.2.5.	Disposición final.....	106
5.2.3.	Evaluación de Impacto Ambiental.....	107
5.2.3.1.	Proceso productivo	109
5.2.3.2.	Aspecto técnico y legal	111
5.2.3.3.	Aspectos ambientales	112

5.2.3.3.1.	Producción de concreto premezclado.....	112
5.2.3.3.2.	Flujo vehicular.....	114
5.2.3.3.3.	Gestión de emisiones	114
5.2.3.3.4.	Gestión de ruidos.....	114
5.2.3.4.	Propuesta de impacto ambiental	116
CONCLUSIONES.....		119
RECOMENDACIONES.....		121
BIBLIOGRAFÍA.....		123

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Trabajadores de la construcción en Egipto	2
2.	Producción mundial de concreto	9
3.	Manejo concreto premezclado en obra	20
4.	Actividades producción planta de concreto premezclado	24
5.	Almacenamientos agregados	26
6.	Manejo, descarga, control de calidad y colocación del concreto premezclado	30
7.	Planta de tipo vertical	34
8.	Problemas ambientales asociados a las plantas de concreto premezclado	36
9.	Instalaciones FORCOGUA.....	53
10.	Laboratorio control de calidad materiales.....	57
11.	Organigrama de FORCOGUA.....	60
12.	Paneles prefabricados FORCOGUA	61
13.	Certificado de calibración equipo de pesaje y dosificación materiales....	62
14.	Sistema de manejo, almacenamiento y dosificación de agregados	64
15.	Área de llenado de camiones	65
16.	Equipo móvil de FORCOGUA	66
17.	Suministro de agua para mezclas de concreto	68
18.	Descarga de cemento a granel	69
19.	Controles de equipo de dosificación y pesaje de agregados	71
20.	Camión mezclador de FORCOGUA.....	72
21.	Equipo móvil manejo y colocación concreto	73

22.	Tipos de clientes FORCOGUA	74
23.	Manejo inadecuado de desechos sólidos planta FORCOGUA	82
24.	Recuperación del cauce quebrada	86
25.	Medición concreto residual camiones	92
26.	Desechos materiales e insumos	93
27.	Piletas de decantación.....	103
28.	Equipos mecánicos de reciclamiento concreto premezclado	105

TABLAS

I.	Tipos de concreto	6
II.	Concretos especiales	7
III.	Valores consistencia del concreto.....	11
IV.	Desarrollo de la resistencia a compresión de un concreto normal (cemento Portland)	12
V.	Propiedades y ensayos de agregados	14
VI.	Ensayos concreto fresco	16
VII.	Ensayos concreto estado endurecido	17
VIII.	Principal legislación existente en Guatemala, sobre el tema de los desechos sólidos	49
IX.	Resumen de desechos generados en FORCOGUA	54
X.	Control de calidad de FORCOGUA	55
XI.	Resumen de materiales utilizados en FORCOGUA.....	67
XII.	Cantidad de desechos sólidos comunes (DSC) generados en FORCOGUA.....	83
XIII.	Resumen de los desechos generados en FORCOGUA.....	90
XIV.	Resumen cantidad de desechos, actividades de laboratorio.....	94
XV.	Resumen de actividades: generación, prevención y minimización de desechos	100

XVI.	Resumen de actividades: recolección y transporte de desechos.....	101
XVII.	Ventajas y desventajas de las diferentes metodologías utilizadas para procesar los residuos de concreto premezclado	106
XVIII.	Resumen de actividades, disposición final de desechos	107
XIX.	Impacto del manejo de materiales de producción concreto	110
XX.	Resumen evaluación de impactos planta FORCOGUA.....	115
XXI.	Resumen Plan de manejo ambiental de la planta FORCOGUA	117

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Área
cm	Centímetro
DS	Desechos sólidos (sinónimo de residuos sólidos).
DLD	Desechos líquidos domésticos
DSC	Desechos sólidos comunes
DSE	Desechos sólidos especiales
DSP	Desechos sólidos peligrosos
h	Hora
°C	Grado Celsius
kg	Kilogramo
m	Metro
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico

%	Porcentaje
T	Tonelada
u	Unidad

GLOSARIO

ACI	Instituto Americano del Concreto.
AENOR	Asociación Española de Normalización y Certificación.
Adición	Material que se usa en una cantidad muy pequeña para alterar una propiedad específica de otro material o por el contrario, para mejorar sus características.
Aditivo	Compuesto químico que se agrega al concreto al momento del mezclado, para mejorar sus características y cualidades.
Área de influencia	Espacio sobre el cual inciden los impactos directos e indirectos de un proyecto o actividad.
ASTM	Sociedad Americana para Ensayos y Materiales.
Contenedor	Cualquier recipiente en el cual un material es almacenado, transportado, o manipulado de algún modo.

Escombrera	Área destinada para el depósito o colocación de escombros y restos de demolición no aprovechables (materiales inertes), que pueden ser naturales (por ejemplo, hondonadas o depresiones) o creadas por el hombre (por ejemplo, canteras abandonadas).
Formaleta	Molde temporal para el concreto fresco, que se retira una vez que el concreto logra la resistencia suficiente para sostenerse a sí mismo. Puede ser llamado cimbra.
Gestión	Conjunto de métodos, procedimientos y acciones desarrollados por la Gerencia, Dirección o Administración del generador de residuos, sean estas personas naturales o jurídicas, y por los prestadores del servicio de desactivación y del servicio público especial de aseo, para garantizar el cumplimiento de la normatividad vigente sobre residuos.
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.
JICA	Agencia Japonesa de Cooperación Internacional.

Materiales de construcción

Arenas, gravas, piedra, recebo, asfalto, concreto y agregados sueltos, de construcción o demolición. Capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación. Ladrillo, cemento, acero, hierro, mallas, madera, formaleta y similares.

PMDS

Plan de manejo desechos sólidos.

Recurso natural

Elemento natural susceptible de ser aprovechado por el ser humano.

RESUMEN

El crecimiento industrial de Guatemala, en los últimos años, ha traído consigo serios problemas de contaminación ambiental, siendo la industria de la construcción una de las mayores consumidoras de recursos naturales, y por consiguiente, generadora de contaminantes. El concreto es el material de construcción más utilizado en el mundo desde 1903, año en que se fabricó y entregó en camión el primer lote de concreto premezclado en Alemania, este material ha experimentado grandes avances como una respuesta a nuevos métodos y procedimientos de la construcción.

Gracias a sus características, el concreto premezclado se adecúa a las necesidades de las diferentes aplicaciones, ofreciendo resistencia y durabilidad, sin embargo, la producción del concreto es un importante contribuyente a las emisiones de gases de efecto invernadero, por esta razón, su reciclaje es cada vez más común. En la actualidad, la preocupación por el cuidado ambiental y las normas y regulaciones ambientales a nivel mundial, han logrado que la tecnología del concreto sufra una serie de cambios, tales que se pueda minimizar el efecto que la actividad productiva tiene sobre el medio ambiente.

De acuerdo a lo establecido se caracterizaron los desechos sólidos que se generan en una planta productora de concreto premezclado, información con la que se desarrolló el Plan de manejo de desechos sólidos propuesto.

OBJETIVOS

General

Proponer un Plan de manejo de desechos sólidos para producción, laboratorio y control de calidad en una planta de producción de concreto premezclado.

Específicos

1. Conocer los impactos ambientales generados en las actividades de producción de una planta de concreto premezclado.
2. Minimizar los costos de almacenamiento y disminuir los niveles de inventario.
3. Caracterizar y cuantificar los desechos sólidos generados en las Áreas de Producción, Laboratorio y Control de Calidad en una planta de concreto premezclado.
4. Generar acciones para prevenir y minimizar los impactos ambientales vinculados con la generación de desechos, y que permitan cumplir con la regulación ambiental vigente.
5. Implementar un sistema de gestión de residuos sólidos, utilizando técnicas adecuadas, basadas en el principio de las tres "R"s. (reducir, reutilizar y reciclar).

INTRODUCCIÓN

El concreto es el material de construcción más utilizado en la actualidad a nivel mundial, su producción en plantas especializadas impacta de manera significativa al medio ambiente, siendo el manejo y gestión de los desechos que se producen uno de los mayores problemas que debe manejar.

Razón por la cual se realizó el presente trabajo, en el que se caracterizaron y cuantificaron los desechos sólidos generados en las Áreas de Producción, Control de Calidad y Laboratorio de la empresa Formaletas y Concretos de Guatemala, S. A. (FORCOGUA), información con la que se elaboró un Plan de Manejo de Desechos Sólidos (PMDS).

En el capítulo uno se describe aspectos relevantes sobre el concreto hidráulico que permiten conocer más sobre este material. En el capítulo dos se presentan conceptos e información relevante sobre el concreto premezclado, así como de los diferentes tipos de plantas de producción de este material.

Dentro del capítulo tres se incluyen aspectos de interés sobre los desechos sólidos y su gestión a nivel nacional y en otros países; mientras que en el capítulo cuatro se describen las instalaciones de la empresa FORCOGUA ubicadas en el kilómetro 5,5 antigua carretera al municipio de Chinautla.

Finalmente, el capítulo cinco presenta el trabajo de campo y gabinete realizado que permitió elaborar y presentar la propuesta del Plan de Manejo de los desechos sólidos que se generan en las áreas de producción, control de calidad y laboratorio. Por último se incluyen las conclusiones y

recomendaciones surgidas durante el desarrollo de este trabajo, así como la bibliografía consultada.

1. CONCRETO

1.1. Definición

“El concreto u hormigón es una mezcla homogénea de cemento, agua, arena (agregado fino) y pedrín o grava (agregado grueso), y en algunos casos de aditivos”.¹

1.2. Antecedentes

En Guatemala, el inicio de la industria cementera se da en 1899, con la empresa fundada por el ingeniero Carlos Novella; siendo en 1954 que se inicia la industria del concreto premezclado con la apertura de la primera empresa en este sector. El terremoto de 1976, en Guatemala marcó una nueva era en cuanto al uso de cemento y concreto en la mayoría de las edificaciones, a partir de la década del 90 empieza una gran expansión de la industria con la producción de cemento para diferentes tipos de clima y la producción de concretos premezclados dependiendo del tipo de estructuras.

A nivel local, se empezó con el uso del concreto mezclado únicamente en obra, como su uso no era muy común en estos años la infraestructura nacional fue avanzando poco a poco iniciando con la construcción de edificios de concreto armado, la mayoría ubicados, principalmente en la ciudad capital.

¹ Evolución de la industria del concreto en Guatemala. p. 4.

Figura 1. **Trabajadores de la construcción en Egipto**



Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Hormig%C3%B3n>. Consulta: mayo de 2012.

A partir de 1950 se comienza a utilizar con más confianza el concreto en la construcción de importantes edificios y, a finales de esa década dio inicio la producción y uso del concreto premezclado para la construcción, sobre todo de importante infraestructura a nivel nacional como los puentes y carreteras. Durante la década de 1990 se pudo observar un notable cambio en la diversidad de aplicaciones y el uso del concreto en Guatemala, a la vez que se empieza a considerar como uno de los negocios más rentables del mundo.

1.3. Materiales

El concreto es un material que presenta la particularidad de que puede ser realizado en cualquier lugar y de cualquier manera, su dosificación y producción es un trabajo complejo; por consiguiente se deben seguir las normas con respecto a su dosificación, producción, calidad de los agregados, proceso de fabricación y procesos de curados. El uso de materiales reciclados como

ingredientes del concreto está ganando popularidad debido a la severa legislación medioambiental.

1.3.1. Agua

Es una sustancia cuya molécula está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H₂O); es un componente esencial en las mezclas de concreto y morteros, ya que permite que el cemento desarrolle al principio su capacidad ligante y alcance una determinada resistencia a corto, mediano y largo plazo.

Para cada cuantía de cemento, solo un pequeño porcentaje del agua total utilizada en una mezcla de concreto o mortero es requerida para alcanzar la hidratación de cemento; el resto del agua solo sirve para aumentar la fluidez de la pasta, para poder tener así, una adecuada manejabilidad de las mezclas frescas.

1.3.2. Cemento

Es un aglomerante hidráulico, compuesto esencialmente de cal, alúmina y sílice finamente pulverizadas, que después de haber sido amasado comienza a fraguar y seguidamente a endurecer gradualmente hasta alcanzar una resistencia pétrea, tanto conservado bajo agua como a la intemperie.

1.3.3. Agregados

Se designa como agregados, a los materiales inertes resultantes de la desintegración natural de las rocas, u obtenidos de la trituración de las mismas, que unidos con un aglomerante forman concreto, mortero, argamasa, etc.

Debido a la explotación y la cantidad excesiva de agregados naturales, a partir del 2003, la industria del concreto se vio en la necesidad de empezar a utilizar agregados artificiales (pedrín y arena), partiendo de formaciones rocosas.

La calidad del agregado artificial depende de la composición de la roca, de su estructura, grado de fracturación, clivaje y dureza (de resistencia igual o mayor que la pasta de cemento).

1.3.3.1. Agregado fino

Consiste en arena natural proveniente de canteras aluviales o de arena producida artificialmente. La forma de las partículas puede ser cúbica, esférica o con aristas (dependiendo de su procedencia) y razonablemente libre de partículas delgadas, planas o alargadas. La arena natural estará constituida por fragmentos de roca limpios, compactos y durables. En la producción artificial del agregado fino no deben utilizarse rocas que se quiebren en partículas laminares, planas o alargadas.

1.3.3.2. Agregado grueso

Consiste en gravas o en pedrín proveniente de los cantos rodados naturalmente o triturado desde una cantera. Teniendo en cuenta que el concreto es una piedra artificial, el agregado grueso es la materia prima para fabricar el concreto. En consecuencia se debe usar la mayor cantidad posible y del tamaño mayor, teniendo en cuenta los requisitos de colocación (espaciamiento entre varillas principalmente), manejabilidad, consistencia y resistencia requerida.

1.3.4. Aditivos

Se usan para modificar algunas de las características químicas y físico mecánicas del concreto, existiendo una gran variedad de ellos: colorantes, acelerantes de fraguado, retardantes de fraguado, fluidificantes, etc. Regularmente se incorporan al concreto antes o durante el mezclado, dando como resultado el cambio en alguna de sus características, propiedades o comportamiento.

1.3.5. Adiciones

Las adiciones se utilizan para modificar algunas de las características o comportamiento del concreto, son materiales inorgánicos, puzolánicos o con hidraulicidad latente que, finamente molidos, pueden ser añadidos al concreto en el momento de su fabricación, con el fin de mejorar alguna de sus propiedades o conferirle propiedades especiales.

1.4. Tipos de concretos

El desarrollo del conocimiento y la tecnología del concreto han impulsado el avance y mejora continua en este material. Se pueden clasificar de diferentes maneras de acuerdo al criterio utilizado, entre los que se incluyen de acuerdo a:

- Su función
- Su resistencia
- Su forma de elaboración

Tabla I. **Tipos de concreto**

Tipos de concreto	Descripción
ORDINARIO	También se suele referir a él, denominándolo simplemente concreto. Es el material obtenido al mezclar cemento Portland, agua y áridos de varios tamaños, superiores e inferiores a 5 mm, es decir, con grava y arena
EN MASA	Es el concreto que no contiene en su interior armaduras de acero. Solo es apto para resistir esfuerzos de compresión.
ARMADO	Es el concreto que en su interior tiene armaduras de acero, debidamente diseñadas. Es apto para resistir esfuerzos de compresión y tracción. Los esfuerzos de tracción los resisten las armaduras de acero. Es el concreto más habitual.
PRETENSADO	Es el concreto que tiene en su interior una armadura de acero especial sometida a tracción. Puede ser pretensado si la armadura se ha tensado antes de colocar el concreto fresco, o postensado si la armadura se tensa cuando el concreto ha adquirido su resistencia.
CICLÓPEO	Es el concreto que tiene embebidos en su interior grandes piedras de dimensión no inferior a 30 cm.
SIN FINOS	Es aquel que solo tiene árido grueso, es decir, no tiene arena (agregado menor de 5 mm). Este también se conoce como concreto permeable y se acostumbra utilizarlo en los lugares donde es importante que ingrese el agua de lluvia, principalmente al suelo, dando lugar a la filtración hacia el suelo.
AIREADO O CELULAR	Se obtiene incorporando a la mezcla, aire u otros gases derivados de reacciones químicas, resultando un concreto de baja densidad
DE ALTA DENSIDAD	Fabricados con áridos de densidades superiores a los habituales (normalmente barita, magnetita, hematita). Se utiliza para blindar estructuras y proteger frente a la radiación.

Fuente: elaboración propia.

Últimamente se utiliza el término concretos especiales, para definir aquellos que tienen propiedades distintas a las ordinarias o los producen mediante técnicas poco usuales.

Tabla II. **Concretos especiales**

Concretos especiales fabricados con cemento Pórtland		
Concreto con aire incluido Concreto arquitectónico Concreto celular Concreto colado centrifugamente Concreto coloidal Concreto coloreado Relleno de densidad controlada Concreto ciclópeo Concreto consolidado con apisonado energético	Concreto de gran peso Concreto con alta resistencia a edad temprana Concreto de alta resistencia Concreto aislante Concreto modificado con látex Concreto de baja densidad Concreto masivo Concreto ligero de resistencia moderada Concreto para clavar	Concreto compactado con rodillos Concreto con agregado de aserrín Concreto para blindaje Concreto lanzado Concreto compensador de contracción Concreto con humo de sílice Suelo-cemento Concreto estampado Concreto ligero estructural
Concreto modificado con epóxicos Concreto con agregado expuesto Ferrocemento Concreto reforzado con fibras Concreto para rellenos Concreto fluido Concreto con ceniza volante Concreto con granulometría discontinua	Concreto de revenimiento nulo Concreto modificado con polímeros Concreto poroso Concreto puzolánico Concreto prefabricado Concreto pre-empacado Concreto con agregado pre-colado Concreto presforzado	Concreto súper plastificado Terrazo Concreto para tubo-embudo Concreto tratado al vacío Concreto con vermiculita Concreto blanco Concreto de revenimiento cero
Concretos especiales que no utilizan cemento Pórtland		
Concreto acrílico Concreto de fosfato de aluminio Concreto asfáltico Concreto de aluminato de calcio Concreto epóxico	Concreto furano Concreto de yeso Concreto de látex Concreto de fosfato de magnesio Concreto de metacrilato de metilo (MMA)	Concreto de poliéster Concreto de polímeros Concreto de silicato de potasio Concreto de silicato de sodio Concreto de azufre

Fuente: Evaluación del volumen y calidad del concreto premezclado entregado en obra por camiones mezcladores en el departamento de Guatemala, según la Norma ASTM C-94. p. 17.

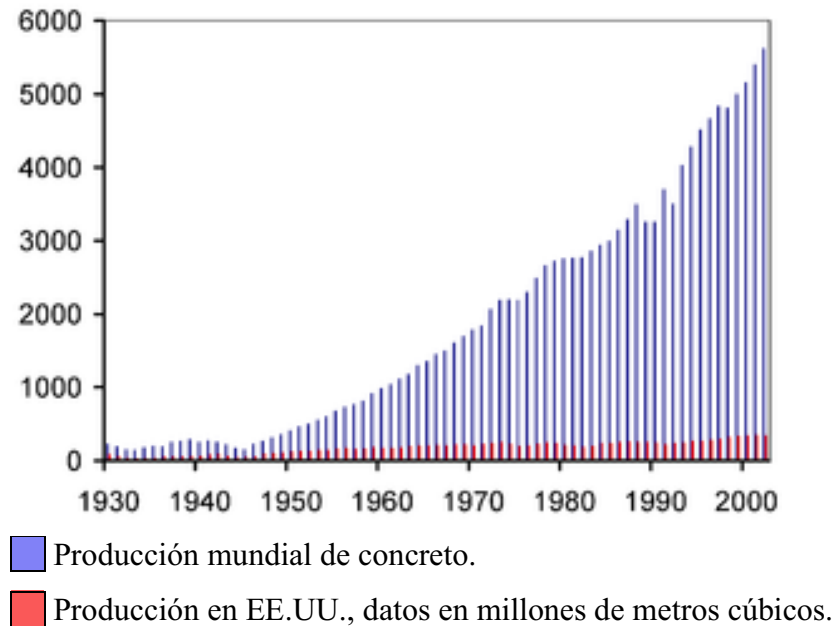
1.5. Características

El concreto por sus características pétreas, soporta bien esfuerzos de compresión, pero se fisura con otros tipos de esfuerzos (flexión, tracción, torsión y cortante); por esta razón la resistencia característica de proyecto (f_{ck}) establece el límite inferior del valor de la resistencia a compresión de la mezcla de concreto, debiendo cumplirse que cada mezcla colocada tenga esa resistencia como mínimo. A continuación se presentan los principales parámetros del concreto:

- Densidad: en torno a $2\,350\text{ kg/m}^3$
- Resistencia a compresión: de 150 a 500 kg/cm^2 (15 a 50 MPa) para el concreto ordinario.
- Existen concretos especiales de alta resistencia que alcanzan hasta $2\,000\text{ kg/cm}^2$ (200 MPa).
- Resistencia a tracción: proporcionalmente baja, es del orden de un décimo de la resistencia a compresión y, generalmente, poco significativa en el cálculo global.
- Dado que el concreto se dilata y contrae en magnitudes semejantes al acero, pues tienen parecido coeficiente de dilatación térmico.
- La durabilidad del concreto se define como la capacidad para comportarse satisfactoriamente frente a las acciones físicas y químicas agresivas a lo largo de la vida útil de la estructura protegiendo también, las armaduras y elementos metálicos embebidos en su interior.

La producción mundial del cemento fue de más de $2\,500$ millones de toneladas en el 2007, estimando una dosificación de cemento entre 250 y 300 kilos de cemento por metro cúbico de concreto, significa que se podrían producir de $8\,000$ a $10\,000$ millones de metros cúbicos, que equivalen a $1,5$ metros cúbicos de concreto por persona. Ningún material de construcción ha sido usado en tales cantidades y en un futuro no parece existir otro material de construcción que pueda competir con el concreto en magnitud de volumen.

Figura 2. **Producción mundial de concreto**



Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Hormig%C3%B3n>. Consulta: agosto de 2012.

En Guatemala se maneja la siguiente información relacionada con la industria de la construcción:

- Construcción 2010: 7,1%
- Participación industria de la construcción en el PIB: 2,6%
- Producción de cemento 2010: 2,6 millones de toneladas.
- Consumo de cemento por habitante: 200 kg/hab.

1.5.1. Estado fresco

Una característica importante del concreto es poder adoptar formas distintas, a voluntad del diseñador, al colocarse en obra es una masa plástica que permite rellenar un molde, previamente construido con una forma establecida, que recibe el nombre de encofrado. A continuación se presentan las principales características físicas de las mezclas de concreto.

- La consistencia es la mayor facilidad que tiene el concreto fresco para deformarse y consiguientemente para ocupar todos los huecos del molde o encofrado; se trata de un parámetro fundamental en el concreto fresco.
- Trabajabilidad: grado de facilidad o dificultad con que una mezcla de concreto puede ser mezclada, transportada y colocada y darle acabado final.
- Fraguado: pérdida de fluidez que experimenta el concreto en la transición entre el estado fresco y el endurecido.
- Masa unitaria: cantidad de concreto que ocupa un volumen determinado, en el sistema internacional se mide en kg/m^3 .
- La temperatura, el sangrado, la cohesión y segregación son parámetros de interés de acuerdo a las características de cada mezcla.

Tabla III. **Valores consistencia del concreto**

Consistencia concreto fresco		
Consistencia	Asentamiento cono de Abrams (cm)	Compactación
Seca	0-2	Vibrado
Plástica	3-5	Vibrado
Blanda	6-9	Apisonado con varilla
Fluida	10-15	Apisonado con varilla
Líquida	16-20	Apisonado con varilla

Fuente: elaboración propia.

1.5.2. Estado endurecido

Dentro del proceso de endurecimiento del concreto se pueden mencionar las siguientes fases:

- Concreto blando:
 - Disminución de la fluidez y manejabilidad
 - Endurecimiento gradual
 - Dura \pm 2 horas después de mezclado
- Concreto en curso de endurecimiento:
 - En esta etapa se presenta el fraguado final
 - Duración de 2 a 10 horas

- Concreto en endurecimiento progresivo:
 - Se inicia después del fraguado final
 - Se inicia y desarrollan las propiedades mecánicas
 - Dura meses, incluso años

Tabla IV. **Desarrollo de la resistencia a compresión de un concreto normal (cemento Portland)**

Desarrollo de la resistencia a compresión					
Edad del concreto en días	3	7	28	90	360
Resistencia a compresión (%)	40	65	100	120	135

Fuente: elaboración propia.

Algunas de las propiedades de interés del concreto en estado endurecido son las siguientes:

- Esfuerzo (resistencia) a la compresión
- Resistencia a la compresión: 1 día, 3 días, 7 días y 28 días
- Resistencia a la flexión: 28 días
- Módulo de elasticidad: 28 días
- Contracción por secado: 28 días y 56 días

1.6. Control de calidad

Se define como la revisión de la aptitud del concreto para satisfacer una necesidad definida al menor costo, basada en especificaciones estandarizadas. Esto se logra, cuando al producirlo y colocarlo, el concreto reproduzca el diseño que ha sido optimizado y se sigan las recomendaciones de un adecuado manejo.

En Guatemala las especificaciones que generalmente se aplican para el control de calidad del concreto, las define la Sociedad Americana para Ensayos y Materiales (ASTM), a nivel nacional la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR), regula las normas para el control calidad del concreto.

1.6.1. Materiales

El concreto es el material resultante de unir agregados con la pasta que se obtiene al añadir agua a un conglomerante (puede ser cualquiera, pero cuando nos referimos a concreto generalmente es un cemento artificial). La pasta formada por cemento y agua es la que confiere al concreto su fraguado y endurecimiento, mientras que el árido es un material inerte sin participación en el fraguado y endurecimiento.

Cuando se elabora concreto antes de decidir el uso de una fuente de agregados pétreos, se debe determinar sus diversas características físicas, como: peso específico, absorción, humedad y composición granulométrica. Luego de ser aceptados, se debe continuar con ensayos periódicos para volver a evaluar que esas mismas características perduren al recibir nuevos materiales y asegurar la homogeneidad del concreto durante todo el proceso de elaboración.

Tabla V. Propiedades y ensayos de agregados

Propiedad	Importancia	Norma
Resistencia al desgaste y a la degradación	Índice de calidad del agregado; resistencia al desgaste de pisos y pavimentos	ASTM C-131 ASTM C-535 ASTM C-779
Resistencia a la congelación y deshielo	Descascaramiento, aspereza, pérdida de sección y deformación	ASTM C-666 ASTM C-682
Resistencia a la desintegración por sulfatos	Sanidad contra la acción del intemperismo	ASTM C-88
Forma de la partícula y textura superficial	Trabajabilidad del concreto en estado fresco	ASTM C-295 ASTM C-3398
Granulometría	Trabajabilidad del concreto en estado fresco; economía	ASTM C-117 ASTM C-136
Peso volumétrico o densidad en masa	Cálculos para el diseño de mezclas; clasificación	ASTM C-29
Peso específico	Cálculos para el diseño de mezclas	ASTM C-127 ASTM C-128
Absorción y humedad superficial	Control de calidad del concreto	ASTM C-70 ASTM C-127 ASTM C-128 ASTM C 566
Resistencia a la compresión y a la flexión	Aceptación del agregado fino cuando otras pruebas fallan	ASTM C-39 ASTM C-78
Definiciones de los componentes	Aclarar el entendimiento y la comunicación	ASTM C-125 ASTM C-294
Componentes de los agregados	Determinar la cantidad de materiales orgánicos y deletéreos	ASTM C-40 ASTM C-87 ASTM C-117 ASTM C-123 ASTM C-142 ASTM C-295
Resistencia a la reactividad con los álcalis y al cambio volumétrico	Sanidad contra el cambio de volumen	ASTM C-227 ASTM C-289 ASTM C-295 ASTM C-342 ASTM C-586

Fuente: Evaluación del volumen y calidad del concreto premezclado entregado en obra por camiones mezcladores en el departamento de Guatemala, según la norma ASTM C-94. p. 11.

El cemento también se controla mediante ensayos normalizados referentes a la finura, resistencia a la compresión, tiempos de fraguado, etc., y con menor frecuencia se realizan análisis químicos dado que, en la actualidad, se trata de un material debidamente controlado por la industria del cemento y que es respaldado por un protocolo de calidad.

En el caso de que se decida emplear aditivos químicos, se realizan ensayos en laboratorios de materiales, lo que permite efectuar la mejor elección y dosificación de los mismos de acuerdo con la mezcla de cemento y agregados que se vaya a emplear. En la actualidad los aditivos responden a las siguientes normas:

- Reductores de agua y reguladores de fraguado: ASTM C 494
- Incorporadores de aire: ASTM C 260
- Cloruro de calcio: ASTM D 98
- Fluidificantes: ASTM C 1017

Las normas de la ASTM normalizan los aditivos de acuerdo a la función que cumplen en el concreto, mientras que en la Comunidad Europea las normas CEN normalizan los aditivos químicos según sean aplicados a pastas de cemento, morteros, concretos y concreto proyectados.

1.6.2. Estado fresco

Se presenta cuando el concreto está recién mezclado, es plástico o semifluido y capaz de ser moldeado, asimismo los agregados están encajonados y sostenidos en suspensión. Existen varios ensayos que se pueden realizar al concreto en estado fresco, los que se presentan en la siguiente tabla.

Tabla VI. **Ensayos concreto fresco**

Ensayo	Importancia	Norma
Elaboración y curado de especímenes	Elaboración y curado de especímenes premoldeados de concreto para las pruebas de resistencia a compresión	ASTM C-31
Peso unitario y rendimiento	Determinar la densidad y cantidad de concreto producido por mezcla	ASTM C-138
Asentamiento	Medir el asentamiento o consistencia del concreto	ASTM C-143
Muestreo de concreto fresco	Obtener muestras de concreto fresco verdaderamente representativas para las pruebas de control	ASTM C-172
Contenido de aire	Determinar el porcentaje de aire con relación al volumen de la mezcla	ASTM C-231
Pruebas de curado acelerado	Apresurar el control de calidad del concreto	ASTM C-684
Temperatura	Medir la temperatura del concreto	ASTM C-1064

Fuente: Evaluación del volumen y calidad del concreto premezclado entregado en obra por camiones mezcladores en el departamento de Guatemala, según la norma ASTM C-94. p. 15.

1.6.3. Estado endurecido

Se presenta cuando el concreto pierde el agua evaporable de la mezcla durante del proceso de fraguado y posteriormente durante el proceso de adquisición de resistencia.

Existen varios ensayos que se pueden aplicar al concreto en estado endurecido los cuales pueden ser destructivos y no destructivos.

Tabla VII. **Ensayos concreto estado endurecido**

Ensayos destructivos	Ensayo	Importancia	Norma
	Resistencia a compresión	Determinar la resistencia a la compresión de los especímenes de concreto	ASTM C-39
	Resistencia a flexión	Determinar la resistencia a la flexión usando carga en los tercios	ASTM C-78
	Resistencia a flexión	Determinar la resistencia a la flexión usando carga en el punto central	ASTM C-293
	Contenido de aire	Determinar el contenido de aire y los parámetros del sistema vacíos-aire del concreto endurecido	ASTM C-457
	Resistencia a tensión	Determinar la resistencia a la tensión	ASTM C-496
	Densidad relativa, peso específico, absorción y vacíos	Determinar la densidad relativa, el peso específico, el porcentaje de absorción y el contenido vacíos en el concreto endurecido	ASTM C-642
	Ensayos no destructivos	Ensayo	Importancia
Pruebas dinámicas o de vibración		Determinar la frecuencia resonante de un espécimen y registrar el tiempo de recorrido de pulsos cortos de vibración	ASTM C-597
Método de penetración		Medir la dureza para determinar la resistencia relativa del concreto	ASTM C-803
Método del esclerómetro		Medir la dureza de la superficie para revisar la uniformidad del concreto	ASTM C-805
Pruebas de arranque		Medir la resistencia directa al cortante en el concreto	ASTM C-900
Radiación gamma		Determinar la densidad del concreto sin endurecer y endurecido	ASTM C-1040

Fuente: Evaluación del volumen y calidad del concreto premezclado entregado en obra por camiones mezcladores en el departamento de Guatemala, según la norma ASTM C-94. p. 16.

2. CONCRETO PREMEZCLADO

2.1. Definición

“El concreto premezclado es un producto compuesto básicamente por cemento, pedrín (agregado grueso), arenas (agregado fino), agua y aditivos químicos, para mejorar propiedades o darles algún uso puntual, y están clasificados en familias o categorías de acuerdo a cada necesidad”.²

2.2. Generalidades

En el siglo XX se realizaron grandes avances en las industrias del cemento y concreto a nivel mundial, a nivel nacional se pueden mencionar los siguientes eventos significativos en estas áreas:

- A partir de 1901 se inició la comercialización del cemento.
- En 1954 empieza la producción y comercialización del concreto premezclado.
- Los elementos prefabricados de concreto surgen en 1957 (producción de cercas y de viviendas rurales).
- En 1963 se inicia la producción de elementos de concreto prefabricado (block y viguetas, para cubiertas de entrepisos y losas finales).

² Evolución de la industria del concreto en Guatemala. p. 18.

- En 1965 se producen elementos de mayor relevancia (vigas prefabricadas para puentes), básicamente casi todo lo producido en concreto prefabricado era preesforzado.
- En 1968 se fabrican elementos prefabricados pretensados (uso en paredes, muros de contención, losas finales, entresijos y puentes).

Desde esa fecha el concreto premezclado es uno de los materiales de construcción más populares y versátiles en Guatemala, debido a la posibilidad de que sus propiedades sean adecuadas a las necesidades de las diferentes aplicaciones, así como su resistencia y durabilidad para soportar una amplia variedad de condiciones ambientales.

Figura 3. Manejo concreto premezclado en obra



Fuente: www.forcogua.com.gt. Consulta: agosto de 2012.

Es un material a entregarse en un sitio determinado que debe llegar con el tiempo estipulado a su destino y con la calidad adecuada, que es producto del resultado de la logística propia del proveedor. Dentro de las principales empresas que se dedican a la producción y comercialización de concreto premezclado en Guatemala se tienen las siguientes:

- **Mixto Listo:** inicia sus operaciones en 1954, contando únicamente con una planta de producción de concreto premezclado, en 1958 montó su segunda planta ubicada en la zona 12 de la ciudad de Guatemala. Actualmente, Mixto Listo cuenta con una flotilla de más de 200 vehículos como mezcladores, camiones que transportan personal de colocación de concreto, entre otros, y además cuenta con más de 13 plantas productoras de concreto premezclado ubicadas estratégicamente a lo largo de la región metropolitana, con el objetivo de atender mejor a sus respectivos clientes.
- **FORCOGUA:** es una empresa sólida que nació en el 2000, fundamentada en la calidad y excelencia resultante en un sistema industrializado que aprovecha los últimos avances y la mejor tecnología en métodos y mecanismos para la producción de concreto premezclado, cumpliendo con las estrictas Normas internacionales ASTM y ACI.
- **Macromix:** se dedica a la producción y comercialización de concreto premezclado, siendo una de las empresas que conforman el Grupo Macro, actualmente cuentan con 2 plantas estratégicamente ubicadas para la producción de concreto, así como una moderna flota de camiones y personal capacitado.

- RAPIMIX: es una empresa con experiencia en el mercado de la construcción con la meta de desarrollar ideas innovadoras para las soluciones prácticas, cuenta con un equipo humano y mecánico especializado en el ramo de la fabricación, suministro y aplicación de concreto premezclado, movimiento de tierras y colocación de asfalto, asimismo, con una planta ubicada en la zona 3, de la ciudad capital.

A continuación se presentan algunas de las empresas que se dedican a la producción y comercialización de productos de concreto y que cuentan con plantas de producción de concreto premezclado en Guatemala:

- PROCRETO: fue fundada en 1975, con la visión de conformar un grupo dedicado al procesamiento y transformación de agregados disponibles en el mercado nacional, para lo cual se utilizó tecnología de punta con el propósito de ofrecer al mercado nacional y circunvecino materiales para la construcción y que cumplieren con las normas nacionales e internacionales correspondientes.
- PRECON: empresa al servicio de los guatemaltecos desde 1970, ofreciendo sus servicios y productos en el ramo de la construcción, líder en Centroamérica en la elaboración industrial de prefabricados de concreto. Con 2 plantas de producción provee al mercado centroamericano con productos para uso general en la construcción, como: block, pavimentadores, losas y paredes prefabricadas de concreto. Cuenta con la certificación de registro de empresa ISO 9001:2000, concedida por AENOR al sistema de aseguramiento de la calidad.

Los cambios más notables que se han mostrado y han resultado satisfactorios en la producción de concreto premezclado en el país son los siguientes:

- Considerables avances en la tecnología y el equipamiento.
- Adecuado control de calidad sobre el concreto suministrado.
- Provisión de materiales componentes con pesadas controladas y precisas.
- Posibilidad de suministro las 24 horas.
- No se requiere espacio de almacenamiento para los agregados y el cemento en la obra.
- Eliminación de desperdicios o fugas de materiales.
- Menor control administrativo por el volumen y dispersión de compras de agregados y cemento.
- Conocimiento real del costo del concreto.
- Mayores velocidades de fraguado y por consecuencia un avance en la terminación de la obra.
- Disponibilidad de bombas de concreto para concreto bombeado.

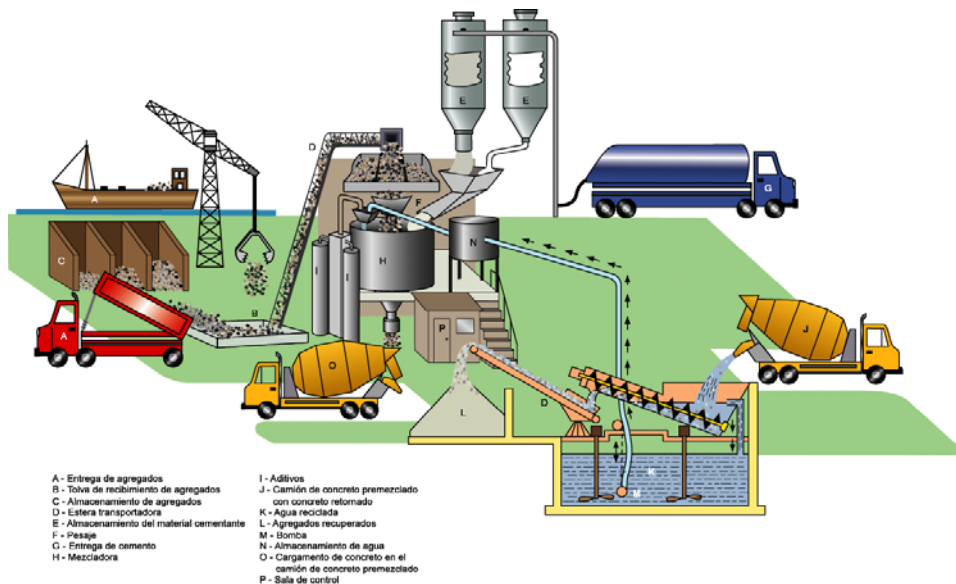
2.3. Plantas de producción

Son instalaciones utilizadas para la fabricación del concreto a partir de la materia prima que lo compone: agregados, cemento y agua (también puede incluir otros componentes como: *filler*, fibras de refuerzo o aditivos).

Estos componentes que previamente se encuentran almacenados en la planta de concreto, son dosificados en las proporciones adecuadas, para ser mezclados en el caso de centrales mezcladoras o directamente descargados a un camión concretero en el caso de las centrales dosificadoras.

La forma de producción del concreto premezclado se desarrolla de manera general en las siguientes fases u operaciones: control, manejo y almacenamiento de materiales, dosificación y mezclado.

Figura 4. Actividades producción planta de concreto premezclado



Fuente: La variable ambiental en la trayectoria tecnológica de la industria cementera. p. 65.

2.3.1. Fases de producción, concreto premezclado

La producción del concreto premezclado se realiza en instalaciones adecuadas (plantas de producción), donde se centralizan las operaciones y suministros; el proceso comprende tres operaciones:

- Control, manejo y almacenamiento de materiales
- Dosificación
- Mezclado

La Norma Especificación Estándar para Concreto Premezclado (ASTM C-94), rige todo lo relacionado sobre el concreto premezclado, elaborado y entregado al cliente en estado fresco. Especifica los requerimientos de la calidad del concreto, si estos no son especificados por el cliente. En cualquier caso regirá siempre la especificación del cliente. Esta especificación no cubre los métodos de colocación, compactación, curado y protección del concreto después de su entrega en la obra.

2.3.1.1. Control, manejo y almacenamiento de materiales

Los componentes del concreto deben tener un adecuado manejo para garantizar un buen desempeño:

- De preferencia, el cemento que se emplea para la producción de concreto premezclado debe ser a granel.

- Normalmente el agua de mezclado en zonas urbanas se toma del abastecimiento local, la demanda del agua depende del tipo de planta, capacidad de producción, sistema de mezclado y las condiciones ambientales.
- El almacenamiento de agregados debe hacerse en patios suficientemente amplios para permitir la circulación y operación de equipos destinados a su transporte y manejo.
- Los aditivos fabricados en forma líquida deben almacenarse en tanques herméticos protegidos de los rigores del clima. Cuando son aditivos en polvo disueltos en agua u otro líquido, los tanques de almacenamiento deben estar provistos de agitación para mantener los sólidos en suspensión. En el caso de aditivos minerales finamente divididos como las puzolanas, las recomendaciones del manejo y almacenamiento son las mismas de los materiales cementantes.

Figura 5. **Almacenamientos agregados**



Fuente: Planta FORCOGUA.

2.3.1.2. Dosificación

Es el proceso de pesar o medir volumétricamente e introducir al mezclador los ingredientes para una mezcla de concreto; para producir concretos uniformes, los ingredientes deberán medirse con precisión en cada mezcla. La dosificación se debe efectuar por peso, en lugar de hacerlo por volumen, solo el agua y los aditivos líquidos pueden ser medidos correctamente con base en el volumen.

2.3.1.3. Mezclado de concreto

Consiste en cubrir la superficie de todas las partículas de los agregados con pasta de cemento y obtener una masa uniforme. Todo concreto se debe mezclar completamente hasta que sea uniforme en apariencia, con todos sus ingredientes distribuidos equitativamente.

- En general, el cemento debe ser cargado junto con los agregados, pero luego de que haya entrado el 10 por ciento del agregado al tambor mezclador.
- Los aditivos deben cargarse en el tambor mezclador en el mismo punto de la secuencia del mezclado, mezcla tras mezcla y siguiendo los requerimientos técnicos de cada uno de los aditivos utilizados.

El concreto premezclado se puede elaborar por cualquiera de los métodos siguientes:

- Concreto mezclado en planta: también llamado concreto de mezclado central, se mezcla completamente en una mezcladora estacionaria ubicada en la planta de producción. Se entrega, ya sea con un camión agitador, con un camión mezclador operando a velocidad de agitación o con un camión especial no agitador.
- Concreto mezclado en camión: el concreto es mezclado totalmente en el camión mezclador.
- Concreto mezclado en dos fases: es el concreto premezclado que tiene una mezcla parcial iniciada en la planta central o planta fija y terminada en el transporte por un camión mezclador. Es una combinación de los procesos anteriores que se utiliza cuando las condiciones del proyecto lo requieran.

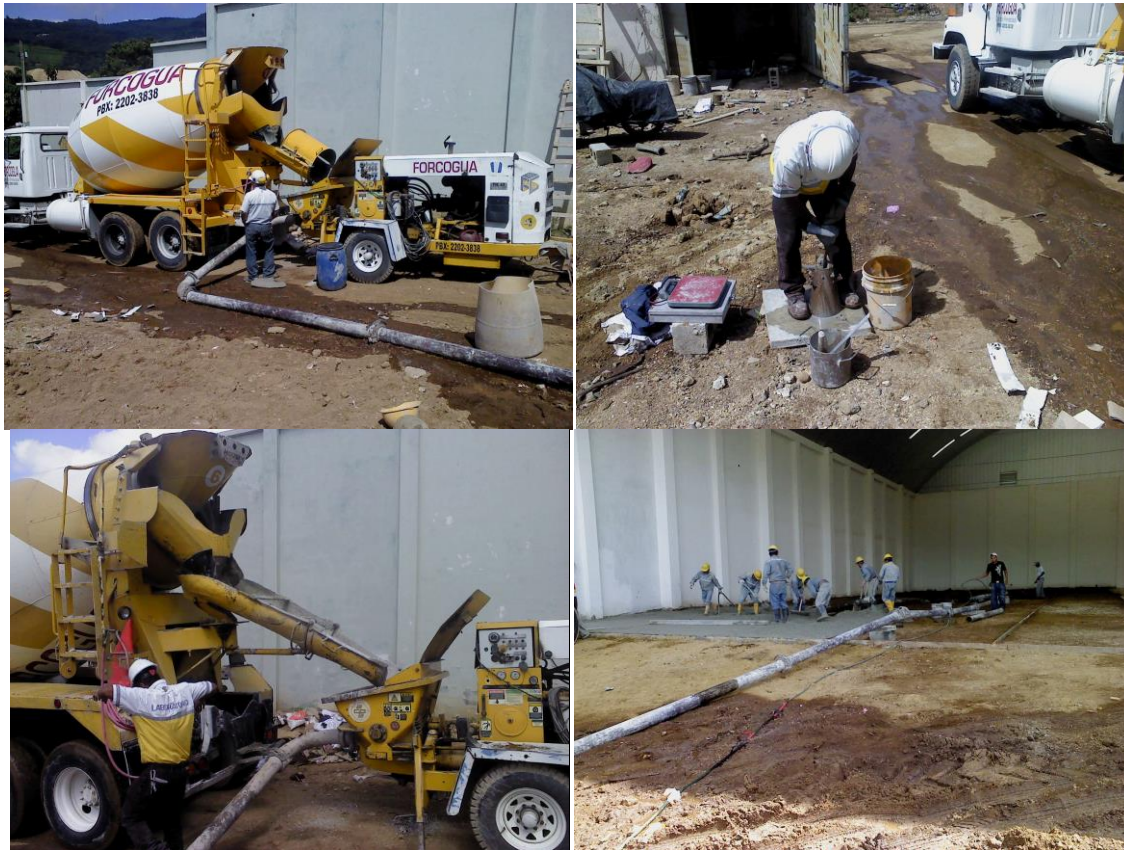
2.3.1.4. Manejo y colocación de concreto fresco

El transporte del concreto desde una planta central, depende de la capacidad y tiempo de entrega, condiciones de uso, acceso y ubicación del sitio de colocación, los ingredientes de la mezcla y las condiciones ambientales, entre otros factores. Debido a que la hidratación del cemento y la pérdida de consistencia son procesos irreversibles que aumentan con el paso del tiempo, es conveniente mantener al mínimo el lapso de tiempo entre el mezclado y la entrega del concreto.

Una programación anticipada puede ayudar en la elección del método más adecuado, evitando así la ocurrencia de problemas, deberá tener en consideración tres eventos, en caso sucedan durante el transporte y colocación, podrían afectar seriamente la calidad del trabajo terminado:

- Retrasos
- Endurecimiento temprano y secado
- Segregación
- Flujo de actividades: manejo, transporte y colocación concreto premezclado
- Camión revolvedor llegando a la obra
- Bomba estacionaria instalada en espera de recibir el concreto
- Toma de muestra antes de descarga
- Suministro de aditivo en obra
- Descarga a la tolva de la bomba
- Salida del concreto bombeado
- Extendido y relleno de espacios
- Acomodo y compactación
- Extendido, nivelado y acabado primario
- Acabado final pulido

Figura 6. Manejo, descarga, control de calidad y colocación del concreto premezclado



Fuente: Planta FORCOGUA, proyectos.

2.3.2. Tipos de plantas

Las plantas de concreto se pueden clasificar desde varios puntos de vista, de acuerdo al criterio que se utilice.

- Según el tipo de concreto que se produce:

- Plantas de mezclado: para la producción de concreto premezclado. Incluyen una mezcladora que es la encargada de homogeneizar la masa de concreto.
- Plantas de dosificado: para la producción de concreto dosificado, a veces llamado concreto seco. La principal característica de estas plantas es que carecen de mezcladora. La mezcla de componentes dosificados se vierte en un camión concretero que es el encargado de homogeneizar la mezcla.
- Plantas de grava cemento: para la producción de una mezcla semiseca de grava con cemento. Normalmente este tipo plantas realizan la dosificación y pesaje de los componentes en modo continuo.
- Plantas combinadas: para la producción de concreto premezclado y dosificado en una misma planta, mediante la utilización de un sistema de *by-passes*, que hacen que el concreto pase por la mezcladora o directamente se descargue en el camión mezclador.
- Según la movilidad de la planta:
 - Plantas fijas: son las instalaciones destinadas a un centro productivo con una localización fija. La estructura de la planta se diseña e instala con la idea de no ser trasladada a lo largo de la vida útil de la instalación.

- Plantas móviles: son las instalaciones destinadas a trabajar en una obra o proyecto concreto. Tras la finalización del mismo, la planta es desmontada, trasladada y ensamblada en otro lugar de trabajo. La estructura de la planta, suele incorporar un tren de rodadura, de manera que se necesita solamente una cabeza tractora para realizar el transporte de las principales partes de la planta.
- Plantas modulares: aquellas instalaciones destinadas a trabajar en varias localizaciones diferentes a lo largo de su vida útil, al igual que las plantas móviles.

En este caso, la planta no se fabrica con sistema de rodadura, sino que se diseña en diferentes módulos estructurales, fácilmente transportables mediante medios estandarizados (plataformas, contenedores, *flat-racks*). El montaje de los diferentes módulos es rápido, ya que todos los elementos de la instalación están previamente pre instalados dentro de cada módulo.

- Según el sistema de acopio de agregados: según el lugar donde se almacenan los agregados que serán utilizados en el proceso de fabricación, tenemos dos tipos de plantas:
 - correr las dos líneas
 - Plantas verticales: en este tipo de plantas, el acopio de agregados se realiza en la parte superior de la planta, de manera que debe hacerse una elevación de los mismos previa al almacenamiento.

La ventaja de este sistema es que los agregados se encuentran justo por encima del nivel de mezclado/dosificado, de manera que la descarga de los mismos en el momento justo en que se

demandan es muy rápida, obteniendo de esta manera grandes producciones y buenos rendimientos sobre la capacidad máxima teórica de la mezcladora (en el caso de producción de concreto premezclado).

- Plantas horizontales: mediante este otro tipo de planta, el acopio de agregados se realiza a nivel del suelo, y no sobre el nivel de mezclado/dosificado de la planta. En el momento en que se demanda el agregado para la producción de hormigón, este se dosifica y eleva hasta la planta de concreto.

La ventaja de este sistema, es que el conjunto estructural de la central resulta más sencillo, al no tener que acopiar una gran cantidad de agregado sobre la estructura de la planta. Existen medios para aumentar la producción y el rendimiento mediante este sistema, como puede ser el utilizar bandas transportadoras para el agregado de mayor cantidad y demanda, o la incorporación de tolvas de espera sobre el nivel de mezclado, que hacen un *prestock* de agregado ya dosificado y pesado, con la cantidad justa que se va a utilizar en el ciclo de mezclado.

Figura 7. **Planta de tipo vertical**



Fuente: <http://turnkey.taiwantrade.com.tw/showpage.asp?subid=029&fdname=NON-METALLIC+MINERAL+PRODUCTS&pagename=Planta+de+produccion+de+concreto+premezclado>. Consulta septiembre 2012.

2.4. Tipos de concretos premezclados

El concreto premezclado es más que un producto; es un paquete completo de servicios y proporciona un conjunto importante de beneficios al usuario, como son tantas las variables involucradas en el producto concreto, hay muchas condicionantes para producir un concreto de calidad, por lo que debe considerarse a la producción de concreto premezclado como un servicio complejo y de carácter dinámico que tiene que ser realizado por especialistas.

2.4.1. Clasificación según el procedimiento de mezcla

- Concreto parcialmente mezclado: se mezcla parcialmente en la mezcladora estacionaria y el mezclado se completa en el camión mezclador.

- Concreto mezclado en el camión: se mezcla completamente en el camión mezclador.

- Concreto mezclado en central: se mezcla completamente en la mezcladora estacionaria, entregado en:
 - Camión agitador

 - Camión mezclador operando en la velocidad de agitación

 - Camión no agitador

2.5. Impactos ambientales

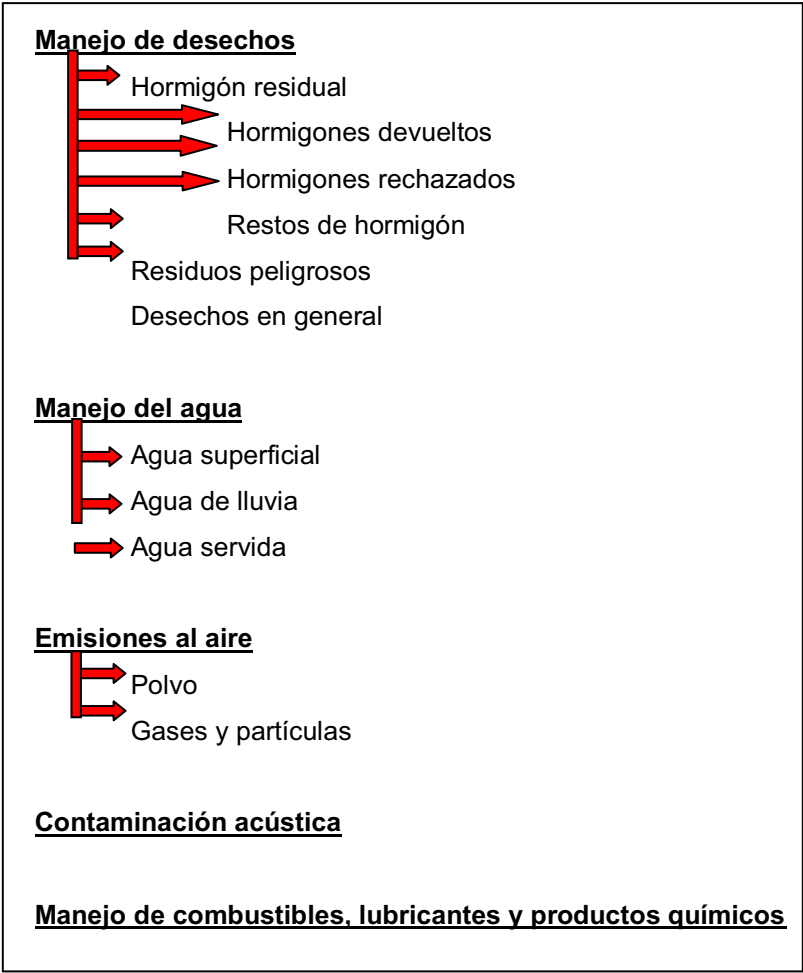
La producción de concreto siendo uno de los materiales básicos en la industria de la construcción actualmente, no se encuentra exento de problemas asociados al medio ambiente.

2.5.1. Definición

“El impacto ambiental es la alteración del medio ambiente, provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada, en

términos simples, el impacto ambiental es la modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza”.³

Figura 8. **Problemas ambientales asociados a las plantas de concreto premezclado**



Fuente: Desarrollo de metodología para calificar el desempeño de las plantas de hormigón premezclado desde el punto de vista ambiental. p. 45.

³ <http://www.grn.cl/impacto-ambiental.html>. Consulta: septiembre de 2012.

2.5.2. Tipos

Se pueden clasificar de diferente forma de acuerdo al criterio que se utiliza, a continuación se presentan los diferentes tipos de impactos:

- Impactos a corto y largo plazo: se clasifican de acuerdo a su duración, su identificación es importante, porque el significado de cualquier impacto puede estar relacionado con su duración en el tiempo.
- Impactos positivos y negativos: todos los efectos ambientales significativos deben recibir atención, ya que forman la base técnica para la comparación de opciones, inclusive la opción de no hacer nada.
- Impactos acumulativos: estos son producto del incremento de la acción propuesta sobre algún recurso cuando se suman las acciones pasadas, razonablemente esperadas en el futuro; su evaluación es difícil debido a la naturaleza especulativa de las acciones futuras posibles.
- Impactos reversibles e irreversibles

2.5.3. Características

De manera general se pueden considerar las siguientes características de acuerdo al tipo de impacto identificado.

- Inmediato: se presenta luego de aplicada la acción
- Posteriores: se presentan después de un período de tiempo largo

- Directos: afectan directamente al sistema
- Indirectos: afectan a elementos del ambiente relacionados con el sistema
- Reversibles: pueden retornar a su estado original
- Irreversibles: es un cambio ambiental que persistirá por un largo período de tiempo.
- Acumulativos: la suma de impactos, individualmente insignificantes, puede ser significativa.

2.5.4. Medidas de mitigación

Tienen como fin la minimización de los impactos ambientales generados por el conjunto de actividades de un proyecto, desde su etapa de diseño hasta su etapa de operación y mantenimiento. El programa de mitigación va enfocado a dar continuidades a las medidas preventivas y de mitigación planteadas para la etapa de operación, que deberá cumplir de manera puntual de acuerdo a los tiempos establecidos para cada elemento ambiental por parte de la empresa.

Cuando se habla de los métodos para el control de la contaminación se deben identificar las tecnologías disponibles para el tratamiento de contaminantes líquidos, sólidos y gaseosos, las que incluyen los equipos necesarios junto con sus eficiencias y condiciones de aplicación.

- Métodos de control de emisiones a la atmósfera: en general, los procesos de las industrias de este rubro tienen como principal contaminante al material particulado, pese a que algunos procesos, por ejemplo, el secado

de los áridos, ocupan combustibles fósiles para su realización, razón por la cual aportan en alguna medida a la contaminación por gases.

- Eliminación y disposición de residuos sólidos y métodos de reciclaje: dentro de las industrias fabricantes de productos de cemento y hormigón, el reciclaje y la reutilización, la eliminación y la disposición de residuos sólidos se pueden hacer de manera sencilla y bastante eficiente. Sin embargo, un principio de producción sustentable que se debe considerar siempre es la minimización de la generación de residuos, mediante el mejoramiento en la calidad del proceso de producción. Por otra parte, en lo que se refiere a la trituración de los agregados, prácticamente no existen residuos pues todo el material es procesable. Los residuos sólidos son principalmente:
 - Desechos de producción (prefabricados y productos especiales).
 - Concretos devueltos desde las obras de construcción (premezclados).
 - Lodos provenientes de tratamiento de residuos líquidos (de las piscinas de decantación).
 - Polvos provenientes de sistemas de tratamiento de particulado: los descartes de producción, los polvos captados en los sistemas de control, y los concretos devueltos desde las obras se pueden reciclar internamente mediante un adecuado procesamiento, para luego ser reintroducidos a la elaboración de los productos, ya sea como agregados o como polvo de cemento.

2.6. Gestión ambiental

La reducción de los impactos ambientales en las plantas premezcladoras de concreto; además de ser un requerimiento legal, favorece la disminución de la huella ecológica del material y le da mayor competitividad ambiental.

Muchos países están cada vez más comprometidos por mejorar la calidad del diseño y de la construcción con concreto debido , a la crisis ecológica.

Esta industria genera emisiones al aire, vertidos y residuos sólidos que deben ser en primera instancia, disminuidos y manejados de una forma adecuada; esto implica tener buenas prácticas ambientales dentro de la planta.

2.6.1. Desechos sólidos

Uno de los graves problemas enfrentados por la industria del concreto premezclado es el impacto ambiental que causa, debido a los grandes volúmenes de residuos generados anualmente por estas empresas, por esta razón el manejo de residuos generados en la producción de concreto premezclado ha tomado gran importancia en los últimos años.

Una de las filosofías de manejo de residuos es la gestión integrada de residuos, la cual consiste en las siguientes fases:

- Minimización de los residuos
- Reciclaje y reutilización
- Transformación

- Vertido

El concreto retornado de obra a las plantas dosificadoras de origen, incurre en serios problemas económicos y ambientales. Una alternativa para los procesos actuales de distribución del concreto devuelto a planta y del agua de lavado involucra el empleo de aditivos estabilizadores de hidratación del cemento (AEH); luego de la reactivación de las propiedades de los concretos reutilizados en estado fresco y endurecido son equivalentes a los concretos normales. El concreto es reutilizado después de una noche o fin de semana aun en estado fresco con la adición de un activador, que puede ser:

- Mezclado con concreto nuevo
- Agregando un aditivo acelerante

El reaprovechamiento de los materiales por separación mecánica de los agregados del lodo de agua/concreto es posible, pues existe un gran número de alternativas tecnológicas, la mayoría basada en el lavado del material con agua y separación por cribado.

2.6.2. Desechos líquidos

El caso del agua de lavado es esencial, no solo por el consumo de agua sino también, por los problemas que acarrea la limpieza de las ollas en la planta o en la calle, el riesgo de accidentes que este conlleva, la obstrucción de drenajes públicos y el alto pH del agua de lavado.

Las aguas residuales pueden presentar una elevada cantidad de sólidos disueltos (hidróxido de sodio y potasio) y suspendidos (carbonato de calcio), alta alcalinidad, posibilidad de auto fraguado y calor residual.

Además, el efluente líquido proveniente de la mantención y limpieza de las plantas y camiones, puede aportar grasas y aceites de las distintas maquinarias y vehículos.

2.6.3. Emisiones atmosféricas

Se traducen principalmente, en contaminación ambiental por polvo y en generación de ruido. La industria del hormigón premezclado, en particular, genera un importante flujo de camiones, y su respectivo impacto vial y ambiental. Esto presenta los siguientes efectos ambientales negativos:

- Interrupción e incluso destrucción de la vía peatonal.
- Aumento de la congestión vehicular en torno a la obra.
- Aumento de los niveles de emisión de ruido.
- Aumento de las emisiones de material particulado, por pérdida de material y barro arrastrado en las ruedas y depositado en las calles una vez que está seco.
- Incremento del deterioro visual-paisajístico del sitio de la obra.
- Generación de residuos en la vía pública.

2.6.4. Niveles de sonido

Las fuentes de ruido corresponden al mezclado, la descarga a los camiones, y el movimiento mismo de estos. Los niveles de ruido sobrepasan comúnmente los 85 decibeles, por lo que se debe poner cuidado en la protección acústica de los trabajadores y en las molestias a los vecinos.

2.6.5. Control de riesgos

El control de riesgos se debe iniciar con la protección adecuada de los trabajadores y la prevención en las operaciones más riesgosas. Se considera también la señalización de zonas peligrosas mediante códigos de señales y colores en equipos, estructuras (pasamanos, escaleras, puentes grúa) y en el suelo para la conducción segura de maquinaria de transporte y carga.

3. DESECHOS SÓLIDOS

3.1. Definición

“Aquellas sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido de los que su generador dispone, o está obligado a disponer, en virtud de lo establecido en la normativa nacional o de los riesgos que causan a la salud y el ambiente”.⁴

3.2. Características

- En Guatemala, diariamente se generan desechos sólidos por un monto de entre 6 000 a 7 000 toneladas (54 % zonas urbanas, 46 % en zonas rurales).
- En el área rural únicamente se disponen anualmente 36 738, 69 toneladas (\pm 5,2 por ciento de lo generado), el volumen respectivo en las zonas urbanas, colectado en los botaderos municipales es de 500 874,49 toneladas (\pm 60 por ciento de lo generado).
- Para el área metropolitana del departamento de Guatemala, un estudio desarrollado por JICA en 1991, presenta una composición de la basura donde se identifica un elevado contenido de materia orgánica (63,3 por ciento en peso) y, consecuentemente elevada humedad (61, 8 por ciento).

⁴ La variable ambiental en la trayectoria tecnológica de la industria cementera. p. 53.

El poder inferior que interpreta la composición física mencionada es 1 039 kcal/kg (base húmeda).

- Según estudio de JICA 1991, datos para toda la república sobre la composición de los desechos sólidos, reflejan gran contenido de materia orgánica: vidrio, metales y plásticos (23,5 %); papel (29 %); goma, cuero, madera y textiles (8 %); desechos de comida (17,8 %); hierba, hojas, etc. (20,2 %); varios (1,5 %).

3.3. Clasificación

Se pueden clasificar de diferente manera, de acuerdo al criterio que se utilice en cada caso.

3.3.1. Origen

- Desechos sólidos urbanos
- Desechos de construcción (residuos sólidos inertes)
- Desechos agropecuarios
- Desechos clínicos o sanitarios
- Desechos sólidos de depuradoras de agua (lodos)
- Desechos de incineración

- Desechos industriales

3.3.2. Naturaleza

- Desechos sólidos orgánicos
- Desechos sólidos inertes

3.4. Gestión

Se entiende por gestión de los desechos a las acciones que deberán seguir las empresas dentro de la gestión ambiental, con la finalidad de prevenir y/o minimizar los impactos ambientales que pueden ocasionar los desechos sólidos en particular y, por plan de manejo se entiende el conjunto de operaciones encaminadas a darles el destino más adecuado desde el punto de vista medioambiental de acuerdo con sus características, que incluye entre otras, las operaciones de generación, recogida, almacenamiento, tratamiento, transporte y disposición final.

La gestión de los residuos sólidos entendida como recolección, el procesamiento y la disposición final de los desechos, tiene actualmente, el mismo objetivo que ha tenido desde los tiempos prehistóricos en que se inició preservar la salud pública.

3.4.1. Internacional

A nivel internacional existen disposiciones contenidas en diferentes cuerpos, tales como: convenios, tratados y acuerdos; así como en documentos como la Agenda 21 (Red de conversaciones para el desarrollo), que establecen

parámetros y lineamientos para ser adoptados por los países en cuanto al manejo de los desechos sólidos y brindan recomendaciones específicas.

Los organismos internacionales, entre ellos Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS), Cooperativa de Asistencia y Auxilio en todas partes (CARE), Banco Interamericano de Desarrollo BID (AID), Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF), el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) y la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI); realizan actividades con el aporte de recursos o el apoyo a través de crédito para la asistencia técnica o la búsqueda de modelos operativos en el manejo de los residuos sólidos.

3.4.2. Local

En Guatemala, la gestión ambiental es abordada por diferentes actores, cada uno con diferentes funciones, intereses y áreas geográficas de acción, en agosto de 2004, el Acuerdo Gubernativo 234-2004 crea la Comisión Nacional para el Manejo de Desechos Sólidos (CONADES), como la comisión encargada de coordinar y ejecutar las acciones técnicas y legales adecuadas en el manejo de desechos sólidos del país, derogando la antigua entidad: Consejo Nacional de Desechos Sólidos (CONADESCO).

La generación de residuos es parte del proceso productivo y del consumo y, por lo tanto deben ser los generadores quienes asuman la responsabilidad por los impactos ambientales producidos; la mayor cantidad de industrias se concentran en el departamento de Guatemala, mientras que los departamentos de Santa Rosa, Quetzaltenango y Escuintla presentan un

número grande de industrias respecto del resto del país, pero en cantidades menores.

- En la ciudad de Guatemala los desechos se trasladan a los basureros autorizados del Trébol y de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca de Lago de Amatitlán (AMSA), (72 por ciento del total generado), la basura no recolectada presenta el mayor impacto ambiental, porque se acumula en los basureros clandestinos, casi siempre dentro del área urbana y en las áreas rurales en las periferias de la comunidad.
- En promedio, un 23 por ciento de la basura del área rural generada llega a los basureros municipales del interior de la república, lo que refleja que en el área rural el servicio de recolección es bajo, de acuerdo al perfil ambiental 2006; en el 2002, una mayor proporción de los hogares urbanos contaba con un servicio de recolección (58 % frente al 47 % de 1994), el 95 por ciento de los hogares rurales no contaba con un servicio de recolección.

Tabla VIII. Principal legislación existente en Guatemala, sobre el tema de los desechos sólidos

LEY	DECRETO - ACUERDO	RESPONSABLE APLICAR	APLICACION
Código Civil	Decreto ley 106 del Congreso de la Republica	De observancia general	Sanciona por arrojar basura, animales muertos, sustancias fétidas, insalubres o peligrosas o escombros en las calles o sitios públicos o fuentes o abrevaderos
Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente	Decreto 68-86 del 19 de diciembre de 1986	Ministerio de ambiente y recursos naturales	Exige las evaluaciones de impacto ambiental para las actividades productivas y vela por localidad ambiental a nivel nacional
Código municipal	Decreto 12-2002 del 9 de mayo del 2002	Municipalidades del país	Asigna la principal responsabilidad por la buena gestión de los desechos sólidos a las municipalidades

Continuación de la tabla VIII.

Consejo nacional para el manejo de los desechos sólidos CONADESCO	Acuerdo gubernativo 700-97 del 10 de septiembre de 1997	Ministerio de ambiente y recursos naturales, Ministerio de salud pública, INFOM, ANAM, CACIF, ERIS USAC, INGUAT, AMSA Y SEGEPLAN.	Comisión interinstitucional de carácter asesor al ministerio en materia de gestión de desechos sólidos
Decreto 1004 del Congreso de la República	Decreto 1004 del Congreso de la República	Ministerio de agricultura	Prohibición de descargar aguas servidas, sustancias vegetales o químicas y desechos en los ríos y lagos
Código de salud	Decreto 90-97	Ministerio de salud	En la sección IV capítulo IV regula todo lo relativo al manejo de los desechos sólidos
Reglamento de manejo de desechos sólidos para el municipio de Guatemala	Aprobado por el concejo municipal el 26 de septiembre de 2002	Municipalidad de Guatemala	El reglamento se emite en cumplimiento de lo preceptuado en la Constitución de la República, código municipal y ley de protección y mejoramiento del medio ambiente
Reglamento para el manejo integral de los desechos sólidos municipales	En discusión en CONADESCO	Ministerio de ambiente y recursos naturales, Ministerio de salud pública	El reglamento tiene como objetivo dar cumplimiento al código de salud y ley de protección y mejoramiento de medio ambiente
Reglamento para el manejo de residuos sólidos hospitalarios	Acuerdo gubernativo 509-2001 del 20 de diciembre del 2001	Ministerio de salud pública	El reglamento tiene como objetivo cumplir con el artículo 106 del código de salud y de otras leyes de la materia.
Reglamento de gestión de desechos radiactivos	Acuerdo gubernativo 559-98 del 4 de septiembre de 1998	Ministerio de energía y minas	Regula las obligaciones de toda persona natural o jurídica sobre el uso y aplicación de radioisótopos y radiaciones ionizantes

Fuente: Informe técnico No. 4. Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. Universidad Rafael Landívar. *Generación y manejo de desechos sólidos en Guatemala*. Agosto 2003. p. 26.

4. PLANTA DE CONCRETO PREMEZCLADO FORMALETAS Y CONCRETOS DE GUATEMALA, S. A. (FORCOGUA)

4.1. Antecedentes

FORCOGUA es una empresa guatemalteca dedicada a la producción de concreto premezclado y de formaletas en aluminio para la construcción de apartamentos, casas o edificios; cuentan con la experiencia y capacidad de ingenieros y arquitectos activos, con amplia trayectoria en diseño y control de mezclas, apoyado con soporte técnico de empresas de trayectoria internacional; con el objetivo de dar un producto de calidad, cumpliendo con las estrictas Normas ASTM y ACI.

Es una empresa reciente, su personal operativo y administrativo tiene una experiencia de más de 10 años en la industria del concreto premezclado, lo que ha coadyuvado para su buen funcionamiento. Además, es importante resaltar que la mayoría de los pilotos que laboran en FORCOGUA tienen amplia experiencia en el mezclado y transporte del concreto premezclado.

4.2. Ubicación

La planta se ubica en el kilómetro 5,5 de la carretera antigua al municipio de Chinautla, del departamento de Guatemala.

En la parte baja del terreno existe una quebrada utilizada como drenaje de aguas servidas de las poblaciones ubicadas en sus alrededores; durante la época de invierno aumenta su caudal significativamente, generando problemas en las proximidades.

Su ubicación le permite contar con facilidades vías de acceso, así como de circulación interior. Dentro de las instalaciones de la planta de FORCOGUA se pueden identificar las siguientes áreas:

- Administración
- Talleres mecánicos
- Carga de camiones
- Almacenamiento de materiales
- Bodegas
- Parqueo interior
- Garita seguridad

- Control de calidad del concreto endurecido, a petición del cliente o si es necesario verificar datos se subcontrata los servicios de otra empresa especializada en el tema.

Tabla X. **Control de calidad de FORCOGUA**

Material	Característica	Frecuencia de control	Encargado
Agregados	Humedad	Diario	Laboratorista de planta
Cemento	Resistencia a la compresión	Cuando llega el proveedor	Laboratorista de planta
Concreto	Muestreo, ensayos en estado fresco y cilindros	Diario	Laboratorista de planta
Concreto	Diseño de mezclas	Cuando es requerido	Laboratorista de planta

Fuente: elaboración propia.

Para esto se utilizan los métodos y especificaciones indicados en las normas aplicables para el control de calidad del concreto premezclado.

- Práctica normalizada para la elaboración y curado en campo de especímenes de prueba para concreto (ASTM C-31): detalla los procedimientos para el moldeo y curado de los especímenes de una muestra representativa de concreto fresco bajo condiciones de campo.
- Método de ensayo para resistencia a la compresión en especímenes cilíndricos de concreto (ASTM C-39): detalla la determinación de la resistencia a la compresión de un espécimen cilíndrico de concreto que ha sido moldeado y curado previamente.

- Método estándar de ensayo para peso unitario y rendimiento del concreto (ASTM C-138): cubre la determinación del peso unitario o densidad de una mezcla de concreto fresco y proporciona las fórmulas para calcular el rendimiento, contenido de cemento y contenido de aire del concreto.
- Método de ensayo estándar para asentamiento de concreto de cemento hidráulico (ASTM C-143): cubre la determinación del asentamiento o revenimiento del concreto, tanto en laboratorio como en campo.
- Práctica estándar para el muestreo de mezclas de concreto fresco (ASTM C-172): señala los procedimientos normalizados para obtener una muestra representativa de una carga de concreto fresco, como es entregado en el sitio de la obra y donde las pruebas se llevan a cabo para determinar el cumplimiento de los requisitos de calidad de las especificaciones con las que el concreto fue despachado.
- Método estándar de ensayo para determinar el contenido de aire en mezclas de concreto fresco por el método de presión (ASTM C-231): abarca la determinación del contenido de aire en mezclas de concreto fresco. Tiene como fin, determinar el contenido de aire en mezclas de concreto fresco, excluyendo cualquier aire que se encuentre dentro de los vacíos de las partículas del agregado.
- Método de ensayo estándar para la temperatura de mezclas de concreto fresco de cemento Portland (ASTM C-1064): señala la determinación de la temperatura de una mezcla de concreto fresco, elaborado con cemento Portland. Provee una manera para la medición de la temperatura del concreto fresco.

Figura 10. **Laboratorio control de calidad materiales**



Fuente: www.forcogua.com.gt. Consulta: agosto de 2012.

4.4. Organización interna

La organización de una empresa depende del tamaño de la misma y de las políticas administrativas de la dirección, en el caso de FORCOGUA, su estructura organizacional cuenta con varias unidades o departamentos, que coexisten para el adecuado desarrollo de las actividades productivas, operativas y administrativas de la misma. La cantidad de personal que conforma cada sección o departamento obedece a la necesidad de cada área, así como del tamaño de la empresa y la complejidad de las tareas asignadas.

Uno de los aspectos más importantes en la empresa es el elemento humano, FORCOGUA pone especial atención en la capacitación y experiencia del personal encargado de manejar la planta.

De acuerdo a la información proporcionada, se identifican las áreas y/o departamentos que conforman la empresa y son los siguientes:

- Gerencia General: responsable de dar cumplimiento a los procesos de planeación, organización, ejecución, dirección y control de las actividades de la empresa, así como evaluar y aprobar nuevos proyectos o nuevos contratos.

- Gerencia de Ventas: responsable de las visitas a los clientes para ofrecer los productos y servicios y cubrir sus necesidades, elaborar la cotización de acuerdo a lo que el cliente solicite. El Departamento cuenta con el siguiente personal técnico:
 - 8 asesores fijos

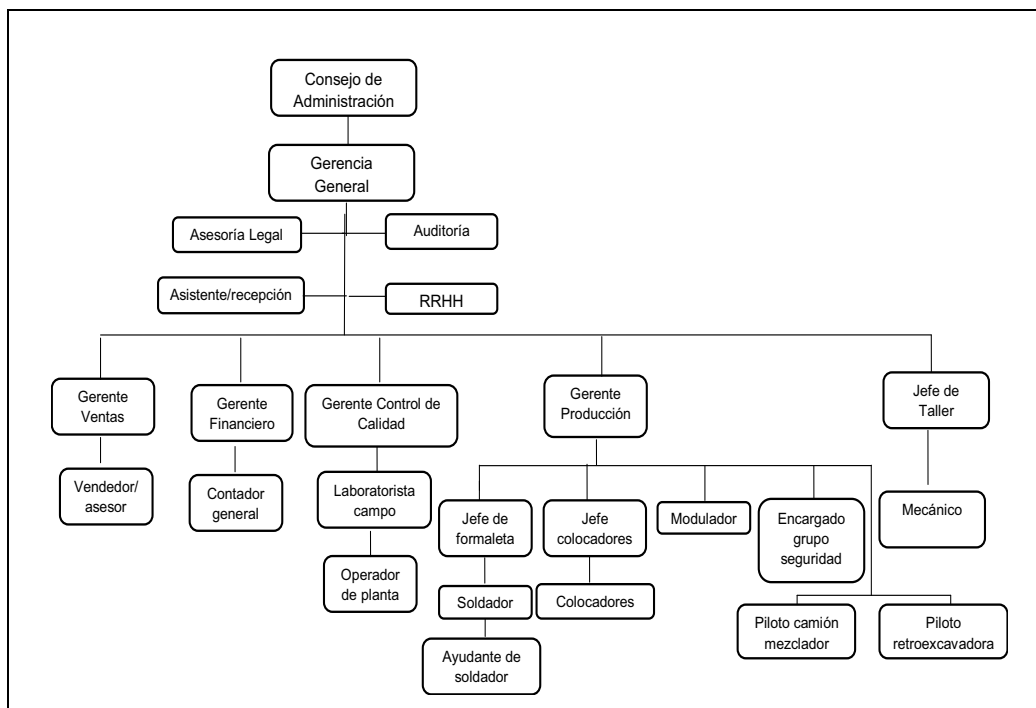
 - 1 asesor libre

- Gerencia de Producción: se encarga de la oportuna organización y programación de producción y distribución diaria de concreto, coordinando oportunamente con el equipo de ventas, equipo de producción (operadores y colocadores) y a los pilotos que trasladarán el producto para cumplir con los compromisos pactados con los clientes. El Departamento cuenta con el siguiente personal técnico:
 - 12 pilotos de camiones mezcladores

- 1 operador para las retroexcavadoras
 - 3 pilotos para camiones de estacas y bombas putzmeiter, con el cual se transporta el equipo para colocación del concreto y al personal
 - 2 operadores de la planta que controlan la carga y dosificación de los camiones
- Gerencia Financiera: se asientan los registros contables (ingresos, egresos, costos y gastos, etc.), que posteriormente permitirán generar estados financieros que sean requeridos.
 - Gerencia de Control de Calidad: responsable de implementar, supervisar y evaluar las actividades de control de calidad.
 - Jefe de Taller: responsable de mantener en óptimas condiciones las instalaciones y los vehículos al servicio de la empresa; son los encargados de resolver cualquier problema que presenten las unidades, siendo estos de tipo mecánico o eléctrico.
 - Recursos Humanos: responsable de la selección y reclutamiento de personal, contrataciones y control de altas y bajas de personal, certificados de IGSS, IRTRA y control de vacaciones y otros relacionados con las prestaciones laborales y velar por las capacitaciones al personal.
 - Departamento de Seguridad: encargado de garantizar la seguridad dentro de la planta de producción a través de la presencia de agentes,

dicha medida minimiza los riesgos para la empresa a causa de robo u extravío de cualquier material propio de la empresa.

Figura 11. Organigrama de FORCOGUA



Fuente: elaboración propia.

4.5. Producción

El personal operativo de FORCOGUA está formado para la colocación, producción, distribución y control de calidad, asimismo, cuenta con equipo y maquinaria especializada. La planta tiene capacidad de producción de unos 70 m³/hora; en promedio la empresa vende al día 150 m³ de concreto para lo cual se hacen 22 viajes para despacharlo.

Desde que se implementó la empresa, se han realizado diseños de mezclas especiales tales como:

- Concretos sometidos a congelamiento y deshielo.
- Concretos de alta resistencia inicial.
- Concretos arquitectónicos con color.
- Concretos livianos.
- Concretos para vivienda en serie autonivelante de alto desempeño con capacidad de desmoldar a 7 horas.
- Concretos resistentes a sulfatos.

Actualmente, en la Planta de FORCOGUA se están fabricando paneles y postes prefabricados para diferentes usos.

Figura 12. Paneles prefabricados FORCOGUA



Fuente: Planta FORCOGUA.

La dosificación del concreto premezclado se realiza siempre por peso en la planta, las balanzas y las celdas de carga que se emplean como sistema de pesaje se revisan y calibran periódicamente, quedando siempre una constancia de dicho procedimiento. Para esto la calibración del equipo se realiza cada 6 meses utilizando masas de 20 kilos y se realizan pruebas de linealidad.

Figura 13. **Certificado de calibración equipo de pesaje y dosificación materiales**



Fuente: Planta FORCOGUA.

El operador de la planta recibe del personal del laboratorio las dosificaciones finales con las que debe trabajar, cuyos contenidos están dentro de los límites establecidos por las normas en vigencia, determinando la humedad de los materiales y garantizando de esta manera una proporción adecuada de agregado grueso y fino.

Las cantidades utilizadas en cada entrega quedan registradas en el parte de carga emitido por el sistema de automatización, con el objetivo de revisar

que realmente se emplearon las cantidades indicadas en las dosificaciones y llevar adelante el control de *stock* de los inventarios.

El control de calidad sobre el producto terminado se obtiene realizando primero, un correcto muestreo del concreto fresco, seguidamente se realiza el ensayo de revenimiento por medio del cono de Abrams, luego se mide la masa unitaria, contenido de aire y la elaboración continua de cilindros para determinar la resistencia a la compresión del concreto.

FORCOGUA cuenta con las siguientes instalaciones y equipos para producir concreto premezclado:

- Planta central: cubre generalmente, los pedidos de concreto premezclado en el área metropolitana del departamento de Guatemala, cuenta con celdas de carga y un silo para almacenamiento del cemento, sistema de dosificación 100 por ciento automatizado. Es una planta móvil marca Obras y Desarrollo Industrial, S.A. (ODISA) y serie 5LP, que está instalada en la empresa,
 - Batería de tolvas: conjunto de recipientes de gran capacidad en los que se almacena el agregado que será utilizado en el proceso de fabricación. Cada tamaño de agregado requiere de un recipiente individual.

Figura 14. **Sistema de manejo, almacenamiento y dosificación de agregados**



Fuente: www.forcogua.com.gt. Consulta: agosto de 2012.

- Sistema de pesaje de agregados: para la correcta dosificación del agregado en la planta es necesario un sistema que pese la cantidad programada (célula de carga).
- Sistema de elevación y transporte de agregados: para elevar y transportar los agregados, antes del acopio o después del mismo.
- Silos de cemento: recipiente de gran capacidad en el que se almacena el cemento que será utilizado en el proceso de fabricación. Incorpora un sistema de filtrado de cemento, válvulas de seguridad de sobrepresión, sistemas de niveles de cemento y sistemas fluidificadores, para evitar la aparición de bóvedas en la masa de cemento almacenado.
- Transportadores de cemento: se utiliza el método de tornillo sinfín.
- Sistema de pesaje de cemento: se utiliza báscula o tolva pesadora con

células de carga incorporadas.

- Sistema de pesaje de agua: se utiliza báscula o tolva pesadora con células de carga incorporadas.
- Mezcladora: el sistema depende del tipo de concreto a producir, de la viscosidad del mismo, del nivel de homogeneización deseado y del tamaño de los agregados.
- Sistema de control: esta es una planta completamente automatizada, con sistemas integrados de control de peso y producciones.
- Sistema de dosificación de aditivos: su uso depende del tipo de concreto a fabricar.

Figura 15. **Área de llenado de camiones**



Fuente: Planta FORCOGUA.

- Plantas portátiles: sirven para suministro de concreto premezclado, principalmente en el interior del país, así como en los proyectos que demanden gran cantidad de concreto diariamente, es una planta móvil marca ODISA modelo 2530, con una producción entre 23-30 m³/hora.

Figura 16. **Equipo móvil de FORCOGUA**



Fuente: www.forcogua.com.gt. Consulta: agosto de 2012.

4.5.1. Materiales

El concreto es una mezcla de materiales cementantes, agua, agregados (usualmente arena y grava o roca triturada), el concreto premezclado es aquel que es entregado al cliente como una mezcla en estado no endurecido (mezcla en estado fresco).

Tabla XI. **Resumen de materiales utilizados en FORCOGUA**

Tipo material		Características	Manejo
Cemento		Cuentan con proveedores establecidos	Se almacena en silo para su dosificación (capacidad de 2750 sacos), eventualmente se utilizan sacos.
Agregados	Grueso	Por lo general son de piedra caliza triturada, de diferentes tamaños (1/2", 3/8", 1 1/2").	Se almacenan en volcanes sobre el patio para su dosificación, se mantienen separados según su tamaño máximo.
	Fino	Son por lo general, arena de río y arena caliza, eventualmente se utiliza agregado fino de trituración (polvo de piedra).	Se almacenan en silos para su dosificación, en caso sea necesario mantenerlos en patios se deben colocar en espacio separado a los gruesos.
Agua		El agua para mezclado es del servicio municipal.	Se cuenta con depósitos aéreos y cisterna para su dosificación.
Aditivos		Cuentan con proveedores establecidos, utilizan los siguientes: <ul style="list-style-type: none"> •Plastocrete MR161 marca Sika •Viscocrete 2100 marca Sika 	Se almacenan en la bodega de la empresa y viene en toneles contenedores.

Fuente: elaboración propia.

Los componentes del concreto deben tener un adecuado manejo para garantizar un buen desempeño, ya que los abusos en su manipulación y almacenamiento afectan las propiedades de estos.

Los materiales utilizados por FORCOGUA cumplen con las normas y especificaciones técnicas, generales y disposiciones especiales; necesarias para producir un concreto de alta calidad y satisfacer la demanda del mercado; luego de ser aceptados, se debe continuar con ensayos periódicos para volver

a evaluar que esas mismas características perduren al recibir nuevos materiales y asegurar la homogeneidad del concreto durante el proceso de elaboración.

Figura 17. **Suministro de agua para mezclas de concreto**



Fuente: Planta FORCOGUA.

- **Agregados:** se deben determinar sus diversas características físicas, como: peso específico, absorción, humedad y composición granulométrica.
- **Cemento:** es necesario conocer las características de finura, resistencia a la compresión, tiempos de fraguado, etc., con menor frecuencia se realiza análisis químico dado que, en la actualidad, se trata de un material debidamente controlado y que es respaldado por un protocolo de calidad.

Figura 18. Descarga de cemento a granel



Fuente: Planta FORCOGUA.

- En el caso del uso de aditivos químicos, se realizan ensayos en el laboratorio de la planta, lo que permite efectuar la mejor elección y dosificación de los mismos de acuerdo con la mezcla de cemento agregados que se vaya a emplear, así como las fichas técnicas de cada tipo de aditivo.

4.5.2. Equipos

A continuación se describe el equipo que cuenta la empresa FORCOGUA, se incluyen los de la Planta de Producción así como el equipo móvil.

4.5.2.1. Planta de producción

- 1 generador principal de energía marca Olympian GEP110.
- 2 generadores auxiliares de energía marca Olympian, series GEP65-7 y GEP 55-1 respectivamente.
- 8 depósitos plásticos para almacenar el agua con una capacidad de 3 200 litros/cada uno.
- 3 bombas eléctricas para distribuir el agua, una sirve para las oficinas, otra abastece los depósitos de agua de los camiones y la otra abastece a la planta.
- Herramientas de mecánica general.
- Equipo de soldadura eléctrica y autógena.
- Equipo neumático, compresor y power.
- Polipastos y engrasadoras.

Figura 19. Controles de equipo de dosificación y pesaje de agregados



Fuente: Planta FORCOGUA.

4.5.2.2. Móviles

Camiones agitadores o mezcladores: no son más que mezcladoras de concreto montadas sobre camiones u otros vehículos, usadas para la mezcla completa de los ingredientes del concreto después de que han sido dosificados en la planta; cuentan con diseño de tambor que combina excelentes propiedades de carga, mezclado y descarga de concreto, así como su fácil limpieza.

Figura 20. Camión mezclador de FORCOGUA



Fuente: www.forcogua.com.gt. Consulta: agosto de 2012.

- Bombas marca Putzmeister con capacidad de bombeo para cualquier tipo de obra, se operan hidráulica, mecánica y eléctricamente, están diseñadas para bombear concreto fresco a través de un sistema de suministro por tuberías o mangueras.
- Sistemas de tuberías o mangueras para suministro.
- Accesorios especiales

Figura 21. **Equipo móvil manejo y colocación concreto**



Fuente: Planta FORCOGUA.

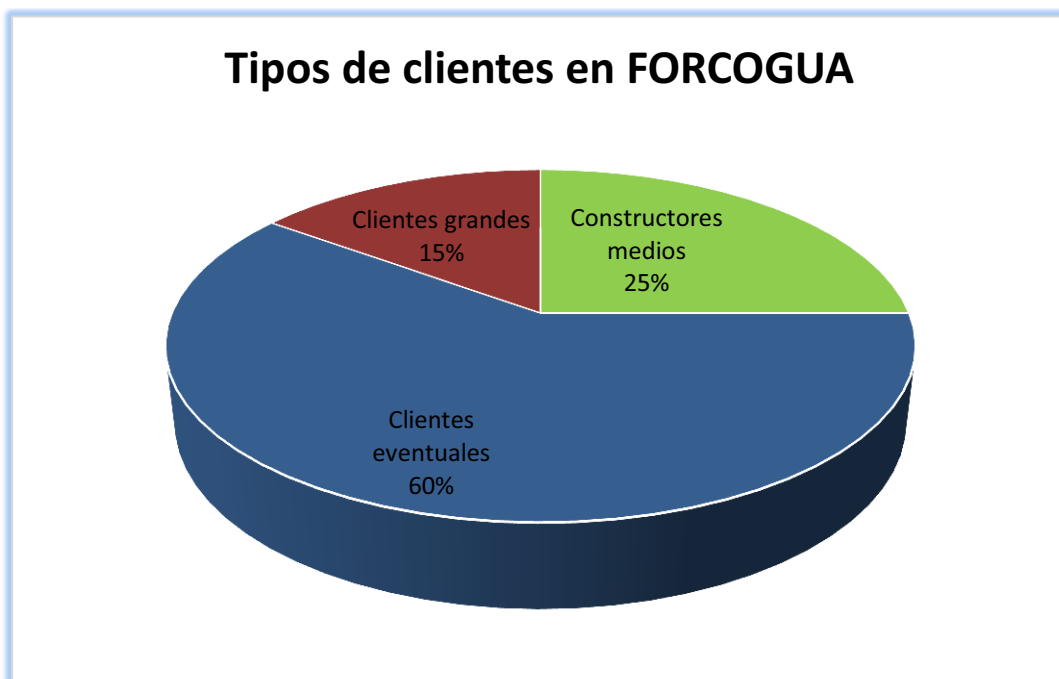
4.5.3. Principales productos

Para FORCOGUA, el concreto premezclado es más que un producto; es un paquete completo de servicios y proporciona un conjunto importante de beneficios al cliente, sea contratista, director técnico o propietario de la obra.

Como son tantas las variables involucradas en el producto concreto, hay muchas condicionantes para producir un concreto de calidad, por lo que debe considerarse a la producción de concreto premezclado como un servicio complejo y de carácter dinámico que tiene que ser realizado por especialistas.

- Tipos de concreto:
 - 1000, 2000, 3000, 4000 y 5000 psi
 - Con agregado 3/8", 3/4" y 1 1/2"
 - Diseños de mezclas de concreto especiales según las necesidades y requerimientos del proyecto.

Figura 22. Tipos de clientes FORCOGUA



Fuente: www.forcogua.com.gt. Consulta: agosto de 2012.

4.6. Política ambiental

La misión y valores de FORCOGUA están fundamentados en la calidad y excelencia resultantes en un sistema industrializado que aprovecha los últimos

avances y la mejor tecnología en métodos y mecanismos para la producción de concreto premezclado.

- Visión y valores: “Somos un grupo pionero e innovador en la industria de la construcción que busca la excelencia a base de trabajo duro, cimentado en nuestros valores, buscando siempre obtener resultados de calidad total, precio competitivo y tiempos óptimos de entrega, utilizando la investigación de nuevas técnicas y las fortalezas de nuestro recurso humano para alcanzarlos, logrando así generar utilidades satisfactorias para todos los que intervienen en nuestra cadena de valor”.

4.6.1. Normas y procedimientos

FORCOGUA tiene como objetivo primordial su permanencia en el mercado, es por ello que el control interno es una buena herramienta; para esto es necesaria la coordinación apropiada de procedimientos, personal y estructura con que se cuente. Como parte del ambiente de control y en colaboración con los procesos de control de la organización mediante la evaluación y mejora del proceso se debe:

- Establecer y comunicar metas y valores
- Supervisar el cumplimiento de las metas
- Asegurar la responsabilidad
- Preservar los valores

Para lograrlo es necesario realizar actividades de control, las que se conciben como las políticas y procedimientos que ayudan a asegurar que las directivas de la administración se llevan a cabo. El control de riesgos se debe iniciar con la protección adecuada de los trabajadores y la prevención en las operaciones más riesgosas. Se considera también la señalización de zonas peligrosas mediante códigos de señales y colores en equipos, estructuras (pasamanos, escaleras y puentes grúa) y en el suelo para la conducción segura de maquinaria de transporte y carga.

Dado que la empresa se dedica al ramo industrial y comercial, se encuentra regulada por la mayoría de leyes vigentes del país, siendo la normativa aplicable la siguiente:

- Código Tributario. Decreto 6-91 y sus reformas.
- Ley del Impuesto Sobre la Renta. Decreto 26-92 y sus reformas Decreto 18-04.
- Ley de Impuesto al Valor Agregado. Decreto 27-92.
- Ley del Impuesto Extraordinario y Temporal de Apoyo a los Acuerdos de Paz Decreto 19-04.
- Ley del Impuesto de Solidaridad. Decreto 73-2008.
- Otras leyes aplicables:
 - Ley del Impuesto de Circulación de Vehículos.

- Decreto 64-87, Código de Trabajo.
- Decreto 1441, Ley Orgánica del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social.
- Decreto 295 del Congreso de la República, Ley de Bonificación Anual para Trabajadores del Sector Privado y Público.
- Decreto 42-92, Código Penal, Código Civil.

En cuanto al control de calidad se toman en cuenta Normas Nacionales como: COGUANOR e Internacionales como: ASTM y ACI.

5. ELABORACIÓN Y PROPUESTA DEL PLAN DE MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS

5.1. Trabajo de campo

El crecimiento industrial que ha tenido Guatemala en los últimos años ha traído consigo serios problemas de contaminación ambiental, como la polución de aire, agua y suelo. El área metropolitana del departamento de Guatemala, por su parte, concentra la mayor parte de la actividad económica del país donde la base industrial es diversa.

En el presente capítulo se presenta la propuesta sobre el Plan de manejo de desechos sólidos en la planta de producción de FORCOGUA, así como los criterios e información que sirvieron de base para su elaboración. Se evaluó la situación ambiental que se vive actualmente en la planta de producción de FORCOGUA, describiéndose los impactos ambientales generados en la elaboración del concreto.

Para esto se realizaron visitas, entrevistas con el personal y se consultaron antecedentes, datos y registros históricos de la planta de producción relacionados con el tema de interés. También se realizó el seguimiento a las actividades de carga y dosificación de materiales, transporte, manejo y colocación de concreto premezclado (visita a proyecto), limpieza de los camiones y equipos utilizados. Esta información, así como el marco teórico presentado anteriormente, sirvieron de base para elaborar la presente propuesta.

La protección al medio ambiente en la planta representa beneficios no solo de tipo social (con la mitigación de los impactos debidos a las fuentes contaminantes antes mencionadas), sino que la implementación de la propuesta, puede significar adicionalmente un ahorro en insumos, así como uso eficiente de los recursos en el proceso de producción, lo que se refleja en menores costos de producción.

5.1.1. Diagnóstico: manejo de desechos sólidos actual de la empresa

El diagnóstico es un paso previo al inicio de nuevas actividades o proyectos, que permite conocer los aspectos biofísicos, socioeconómicos y ecológicos que existen en un proyecto o situación. Para el desarrollo de esta actividad se utilizaron diferentes técnicas de investigación, lo que permitió obtener la información necesaria, entre las que se pueden mencionar:

- Visitas a la Planta.
- Entrevistas.
- Revisión de registros dentro de la empresa.
- Seguimiento de las actividades de transporte, manejo y colocación de concreto premezclado (visitas al proyecto).

5.1.1.1. Antecedentes

La empresa FORCOGUA cuenta con el personal, instalaciones y equipos adecuados para la producción de concreto premezclado, donde se incluyen

Áreas Administrativas y de Producción. Debido a su ubicación, el entorno de la Planta presenta cobertura forestal y vegetal, así también, colinda con una quebrada al final del terreno.

Actualmente, en la empresa laboran un total de 91 trabajadores (Administración y Producción), cantidad que se tomó como referencia para los cálculos. Aunque no existe un plan de manejo de desechos en la planta de FORCOGUA, sí se realizan algunas actividades para mejorar esta situación, pudiéndose mencionar el manejo del concreto residual de los camiones, reciclamiento de papel, metal y algunos plásticos, para lo cual se utilizan empresas especializadas.

5.1.1.2. Situación actual gestión desechos sólidos

Actualmente, en la Planta de FORCOGUA no cuentan con un programa de gestión de desechos, sin embargo, realizan acciones que buscan reducir el impacto de los desechos generados y que forman parte de la propuesta, entre las que se pueden mencionar las siguientes:

- Concientización al personal para que minimicen la cantidad generada, así como la adecuada disposición.
- Depósitos estratégicamente ubicados para la disposición y almacenamiento de los desechos.
- Clasificación y manejo especial de algunos desechos peligrosos, principalmente envases de diferentes tipos y materiales.
- Servicio privado de extracción de basura.

- Proyecto de recuperación y mantenimiento de terrenos.

Figura 23. **Manejo inadecuado de desechos sólidos planta FORCOGUA**



Fuente: Planta FORCOGUA.

De acuerdo a su organización interna y las actividades productivas que se desarrollan en las instalaciones de la Planta de FORCOGUA, se generan diferentes tipos de desechos los que se identificaron de la siguiente forma:

- Desechos sólidos comunes (DSC): producto de las actividades administrativas y de producción así como los generados por el personal (plásticos, papeles, cartones y restos de envase de comida y comida, principalmente). Entre las acciones que se realizan para su manejo y disposición final se tienen las siguientes:

- Se depositan en recipientes adecuados y se almacenan en un lugar específico.
- La disposición final es por medio del servicio privado de extracción.
- Mantenimiento adecuado de las instalaciones de la planta, por medio de la limpieza.

En Guatemala, la información acerca de la composición y cantidad de los residuos sólidos generados es escasa, se han realizado pocos esfuerzos para su determinación de manera rigurosa, dentro de esta se pueden mencionar la siguiente: (ver tabla XII)

Tabla XII. **Cantidad de desechos sólidos comunes (DSC) generados en FORCOGUA**

Tipo referencia	Generación per cápita (kg/habitante/día)	Cantidad generada FORCOGUA* (kg/día)
Instituto Nacional de Estadística (INE, 2002)	0,13 (residuos sólidos municipales)	11,83
Organización Panamericana de la Salud (2005)	0,542 (Área metropolitana de Guatemala)	49,32
JICA (1991)	0,544 (Área metropolitana de Guatemala)	49,50

* 91 trabajadores planta

Fuente: elaboración propia.

De estos valores se consideró el mayor para efectos del plan de manejo propuesto.

- Desechos sólidos especiales (DSE): producto de las actividades de

producción de concreto premezclado. Entre las acciones que se proponen para su manejo y disposición final se tienen las siguientes:

- Control en el diseño y la dosificación de las diferentes mezclas, con lo que se aprovechan mejor los materiales y se minimizan los residuos.
 - Adecuado manejo de materiales que reducen la contaminación atmosférica.
 - Para el aprovechamiento del concreto residual de los camiones, actualmente existe un programa de recuperación de terreno y mantenimiento del cauce de la quebrada que corre al final de la planta.
 - Mantenimiento adecuado de las instalaciones de la planta, por medio de la limpieza y actividades de jardinería.
- Desechos sólidos peligrosos (DSP): producto del uso de materiales e insumos en las actividades de producción y mantenimiento (residuos de aceites y lubricantes usados, baterías, filtros y sólidos contaminados, residuos de piezas metálicas limpias, cables eléctricos, restos de madera, tuberías de PVC, vidrios, filtros de aire y neumáticos de los camiones). Entre las acciones que se proponen para su manejo y disposición final se tienen las siguientes:
 - La mayoría se depositan en recipientes adecuados y se almacenan en un lugar específico.

5.1.2. Descripción de actividades de la Planta de Producción

El objetivo esencial de una empresa es transformar la materia prima en un producto comerciable. La generación de residuos y emisiones durante el proceso productivo puede ser considerada como una pérdida del proceso y un mal aprovechamiento de la materia prima empleada, por lo tanto, representa un costo adicional del proceso productivo.

Actualmente, en las instalaciones de la planta se realizan las siguientes actividades:

- Administración
- Mantenimiento
- Control de calidad
- Producción

5.1.3. Descripción de actividades: Áreas Producción y Laboratorio

La planta de concreto es una instalación automatizada, con sistemas integrados de control de peso y producciones, el gobierno de los elementos de la planta se realiza mediante sistemas programados.

5.1.3.1. Producción

De manera general, dentro del proceso de producción se realizan las siguientes actividades

- Manejo y almacenamiento de materiales
- Dosificación y carga de materiales
- Transporte, manejo y colocación de concreto premezclado

De acuerdo al tipo de planta se dosifican los agregados, aditivos, el agua y cemento al camión para que los mezcle. Para pedidos grandes es necesario realizar más de una carga, lo que hace que su producción sea limitada. Las materias primas pasan por acopios, cintas transportadoras, silos, hasta llegar a la tolva de pesaje para ser vaciados al camión y luego despachados a obra.

El impacto ambiental de la producción y uso del concreto es una mezcla compleja de efectos no del todo negativos, un componente importante es del cemento, que tiene sus propios impactos ambientales y sociales. De manera general, a continuación se describe el proceso:

- Comienza con la entrada de los camiones a la jornada, para que pasen a cargar a la planta (ingreso a la manga).
- En la etapa de carga, a cada operador se le entrega una guía de despacho y se carga el camión de acuerdo a la programación del día y con las dosificaciones adecuadas de agregados, cemento, agua y aditivos.

- Una vez ajustada la mezcla, comienzan los procesos externos, esto incluye los viajes de la Planta hacia la obra y descarga del concreto en la obra.
- Finalmente, el proceso termina con la llegada del camión a la Planta, donde el operador lava el tambor antes de comenzar el ciclo de nuevamente.

5.1.3.2. Laboratorio

De acuerdo a lo indicado, los agregados, cemento y aditivos cuentan con certificado técnico del proveedor, lo que garantiza sus características físicas y reduce las actividades en el laboratorio.

Para el análisis de los materiales, se utilizan procedimientos y especificaciones de Normas ASTM y COGUANOR.

5.1.4. Descripción, caracterización, cuantificación de desechos sólidos generados en las Áreas de Producción y Laboratorio

La generación de residuos origina impactos económicos importantes asociados a los costos de tratamiento y disposición final de estos, la dimensión ambiental, no tiene por qué ser asumida solo como un costo para la empresa.

En la actualidad, la mayoría de los desechos sólidos generados, son llevados a vertederos.

Tabla XIII. **Resumen de los desechos generados en FORCOGUA**

Tipo desecho	Características	Manejo
Aceite	1 tonel al mes	Se vende a una recicladora.
Metales	5 quintales al mes	Se vende a la recicladora de metal.
Diesel	10 galones al año	Se utiliza para lavar piezas mecánicas.
Aceite hidráulico	1 tonel al año	Se utiliza como desencofrante de las planchas prefabricadas.
Hule	Proveniente de neumáticos de camiones y maquinaria	Se vende a recicladora.
Moldes plásticos para cilindros resistencia a compresión	Se utilizan 3 o 4 veces antes de desecharlos	Se depositan con los desechos comunes.
Papel	Para las oficinas	Se reutiliza cuando es posible, se vende a una recicladora.

Fuente: elaboración propia.

5.1.4.1. Producción

Uno de los problemas que enfrenta el sector de productores de concreto premezclado, es el impacto ambiental que causa debido a los volúmenes de residuos generados anualmente, siendo estos desechos comunes, especiales o peligrosos. Cada año se estima que del 2 al 10 por ciento (un promedio de 5 por ciento) de los 350 millones de metros cúbicos de concreto premezclado producido en los Estados Unidos se regresa a la planta de concreto.

Para estimar la cantidad de concreto residual que se genera en la producción de la Planta FORCOGUA, se realizaron varias mediciones del concreto residual por camión, para lo cual se utilizaron toneles y escala métrica.

A continuación se presentan los resultados de la cuantificación de los desechos generados en las actividades de producción de concreto:

- Desechos sólidos comunes (DSC): se consideraron los que se generan en toda la planta.
- Desechos sólidos especiales (DSE): se consideraron los que se generan en las actividades de producción de concreto y concreto residual (corresponde al concreto que queda después de la descarga completa del camión en obra y que se bota en el lavado del tambor del camión en cada ciclo de retorno a la planta).

A modo de estimación del volumen generado, la planta de concreto premezclado cuenta con 13 camiones, produce y despacha en promedio unos 150 metros cúbicos diarios, para lo cual se hacen 22 viajes para despacharlo. Se pueden suponer unos 2 viajes por camión, transportando 7 metros cúbicos cada vez.

Como después de cada vuelta se procede al lavado del camión utilizando el agua de su depósito (50 galones), considerando la flota de camiones, se tiene un consumo de agua de unos 2 a 3 m³/día por lavado del tambor de los camiones. De acuerdo a lo anterior, la cantidad de concreto residual en la Planta FORCOGUA se estima entre 6 y 9 metros cúbicos semanal.

Figura 25. **Medición concreto residual camiones**



Fuente: Planta FORCOGUA.

- Desechos sólidos peligrosos (DSP): se consideraron los que se generan en las actividades de producción de concreto, envases de aditivos, lubricantes, grasas y otros.

- A modo de estimación del volumen generado, la planta de concreto premezclado consume los siguientes materiales:
 - 1 tonel de viscocreto dura de 1 a 2 meses

 - 1 tonel de plastocreto dura de 2 a 3 días

 - 1 tonel de antisol dura 4 días

Continuación de la tabla XIV.

Ensayo	Norma aplicable	Tipo material	Cantidad necesaria (kg)	Cantidad desechos (kg)	Tipo desecho
Abrasión	ASTM C131	Agregado grueso 3/8"	5	1.25	Común
	ASTM C131	Agregado grueso 3/4"	5	1.25	Común
	ASTM C131	Agregado grueso 1 1/2"	5	1.25	Común
Resistencia a compresión*	ASTM C39	Cilindros de concreto	3.5	70	Común
Asentamiento	ASTM C143	Concreto fresco	15	225	Común
Temperatura	ASTM C1064	Concreto fresco	10	150	Común
Contenido de aire	ASTM C231	Concreto fresco	3.5	52.5	Común
Contenido de humedad	ASTM C566	Agregado fino	1	5	Común
	ASTM C566	Agregado grueso 3/8"	2	10	Común
	ASTM C566	Agregado grueso 3/4"	3.5	17.5	Común
	ASTM C566	Agregado grueso 1 1/2"	6.5	32.5	Común

Fuente: elaboración propia.

5.2. Trabajo de gabinete

A continuación se presentan las actividades realizadas para el análisis y tabulación de la información recolectada en campo.

5.2.1. Análisis, tabulación e información

Para el desarrollo del análisis y tabulación de la información, se incluyeron los resultados de las visitas, entrevistas y el diagnóstico realizado, lo que permitió evaluar las condiciones actuales y presentar las acciones que permitan implementar el Plan de manejo de desechos en la Planta de FORCOGUA.

De acuerdo a lo establecido, en la Planta se generan distintos tipos de desechos, identificándose como el principal problema, el concreto residual que regresa a la planta en los camiones o equipos utilizados en su transporte, manejo y colocación; existen diferentes alternativas tecnológicas para la recuperación y revalorización de estos desechos, ya que representan una alta inversión y dependen de la cantidad de concreto que se maneje.

En relación al manejo de residuos existen tres grandes alternativas de gestión ambiental para la empresa, habiéndose demostrado en la práctica, que hay una clara jerarquización respecto del orden en que estas deben aplicarse, de acuerdo a sus ventajas y desventajas. En orden de conveniencia, es posible distinguir las siguientes alternativas:

- Reducción de desechos en el origen: involucra cambios en los productos y cambios en los procesos productivos (sustitución de materias primas e insumos, cambios tecnológicos y la aplicación de buenas prácticas en la gestión de operaciones).
- Reciclaje: consistente en el reúso de materiales o residuos.
- Tecnología de control: se aplica al final del proceso (*end of pipe*) y que comprende el tratamiento de los residuos y su disposición final.

5.2.2. Elaboración del Plan de manejo de desechos sólidos

La gestión de desechos juega un rol importante en la preservación del medio ambiente, sobre todo si se tiene en cuenta el sostenido aumento en su generación por habitante. Dentro de las industrias fabricantes de productos de

cemento y concreto, el reciclaje y la reutilización, la eliminación y la disposición de residuos sólidos se pueden hacer de manera sencilla y eficiente.

Los principales objetivos del Plan de manejo de los desechos sólidos propuesto son:

- Cumplir con las regulaciones ambientales vigentes.
- Eliminar o minimizar los impactos generados por los desechos sólidos en el medio ambiente y la salud de la población.
- Reducir los costos asociados con el manejo de los desechos sólidos y la protección al medio ambiente, incentivando a los trabajadores a desarrollar innovaciones para reducir la generación de los desechos e implementar una adecuada disposición final.
- Realizar un inventario y monitorear los desechos generados en las diferentes actividades de la organización.
- Disponer adecuadamente los desechos según las regulaciones vigentes en Guatemala.
- Monitorear adecuadamente el plan de manejo de desechos sólidos para asegurar su cumplimiento.

La implementación de buenas prácticas para la gestión de residuos sólidos debe contener los siguientes elementos:

- Buena administración

- Visión
- Estabilidad
- Economía de escala
- Recursos económicos
- Legislación
- Opinión pública
- Control de todos los residuos sólidos
- Responsabilidad compartida

Se deben fomentar medidas que toman algunas plantas concreteras para mitigar el impacto ambiental como la creación de áreas verdes que ayudan a atrapar las partículas de polvo.

La capacitación es un aspecto de especial importancia para alcanzar mayor eficiencia técnica en la producción industrial del concreto, la que debe abarcar a los profesionales y técnicos, así como a los pilotos de los camiones mezcladores. Se les capacita en la necesidad de proteger el medio ambiente, en la seguridad industrial y en el conocimiento del camión.

La implementación del presente Plan, así como la selección de la tecnología y los equipos necesarios, dependerán de las condiciones de la

empresa en ese momento (factores económicas y de producción), por lo que la propuesta se puede implementar en diferentes fases.

5.2.2.1. Base legal

La gestión de residuos puede definirse como el conjunto de actividades encaminadas a dar los desechos el destino final adecuado. Un problema de la legislación actual en materia del manejo de los desechos sólidos, es que no existe una ley específica en la materia, y esta se encuentra dispersa en varias leyes, que regulan algún aspecto relativo a la misma.

Algunos municipios ya regulan lo relativo al manejo y disposición de los desechos sólidos, debido a que el municipio de Chinautla utiliza el relleno de la zona 03 de la capital, para propósitos de este documento se refiere el Reglamento para la Administración del servicio de recolección de basura, del municipio de Guatemala, de fecha diciembre de 2002.

5.2.2.2. Generación, prevención y minimización de desechos

La generación se define como la etapa en la que un material ya no representa utilidad alguna de uso inmediato para las actividades que se llevan a cabo en la Planta.

La prevención y la minimización respecto a la generación de residuos deben considerarse con el mayor rango de jerarquía en el Plan de manejo de desechos en la planta de FORCOGUA. La minimización de residuos es la vía más efectiva; posteriormente, el reciclaje y la reutilización consiste en la recuperación de los componentes útiles de un material de residuo o en eliminar

la mayor cantidad posible de los contaminantes de los residuos para poder reutilizarlos.

Tabla XV. **Resumen de actividades: generación, prevención y minimización de desechos**

Tipo desecho	Tipo actividad	Responsable	Fecha implementación
Desechos sólidos comunes (DSC)	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir la cantidad generada. • Depositarlos en recipientes adecuados y almacenarlos en lugar específico. • Reciclado de papel, plástico y metal, por medios especializados. • Programa de mantenimiento en instalaciones. • Capacitación al personal 	Todo el personal	Durante la operación de la planta
Desechos sólidos especiales (DSE)	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir la cantidad generada. • Depositarlos en recipientes adecuados y almacenarlos en lugar específico. • Control en el diseño y la dosificación de las diferentes mezclas. • Adecuado manejo de materiales. • Aprovechamiento del concreto residual de los camiones • Mantenimiento adecuado de las instalaciones de la planta. • Capacitación personal. 	<ul style="list-style-type: none"> • Gerencia • Jefes de departamento 	
Desechos sólidos peligrosos (DSP)	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir la cantidad generada. • Depositarlos en recipientes adecuados y se almacenan en lugar específico. • Generar procedimientos de manejo de DSP. • Utilizar productos amigables con el medioambiente. • Hablar con proveedores para disposición de envases y contenedores. • Mantenimiento adecuado de las instalaciones y equipos de la planta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Gerencia • Jefes de departamento • Todo el personal 	

Fuente: elaboración propia.

5.2.2.3. Recolección y transporte

Son el conjunto de actividades que se realizan para recoger y retirar los desechos y transportarlos hasta el sitio donde se desarrolla la siguiente etapa del manejo integral de los residuos.

Tabla XVI. **Resumen de actividades: recolección y transporte de desechos**

Tipo desecho	Tipo actividad	Responsable	Fecha implementación
Desechos sólidos comunes (DSC)	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir la cantidad generada. • Instalar los depósitos para la recogida y almacenamiento. • Velar por que se realicen los procedimientos establecidos. • Capacitación personal 	Todo el personal	Durante la operación de la planta
Desechos sólidos especiales (DSE)	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir la cantidad generada. • Implementar procedimientos para el manejo y transporte de desechos. • Capacitación personal 	<ul style="list-style-type: none"> • Gerencia • Jefes de departamento 	
Desechos sólidos peligrosos (DSP)	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir la cantidad generada. • Implementar procedimientos para el manejo y transporte de desechos. • Capacitación personal 	<ul style="list-style-type: none"> • Gerencia • Jefes de departamento • Todo el personal 	

Fuente: elaboración propia.

5.2.2.4. Tratamiento y aprovechamiento

La transformación de residuos consiste en cualquier método, técnica o proceso que cambie las características físicas, químicas o biológicas de un residuo. El objetivo del tratamiento de los residuos puede ser neutralizarlos, recuperar energía o convertirlo en menos peligrosos.

Las tecnologías para el manejo y tratamiento de residuos obtenidos en la fabricación del concreto premezclado comprenden dos etapas:

- El manejo de los residuos para separar los sólidos y obtener un efluente líquido que se trata por aparte.
- El manejo de los componentes principales del concreto que permita la separación y reutilización de los agregados.

El principal problema para las empresas fabricantes de concreto premezclado es darle uso a los lodos cementosos.

Existen varios equipos para reciclar los residuos, se pueden clasificar en sistemas simples y de pequeño tamaño hasta complejos y de gran tamaño, que recuperan y clasifican los agregados, además de dar tratamiento a los lodos. De acuerdo al proceso utilizado en el manejo y reciclamiento del concreto residual se clasifican de la siguiente forma:

- Sistema mecánico
- Sistema no mecánico
- Sistema químico

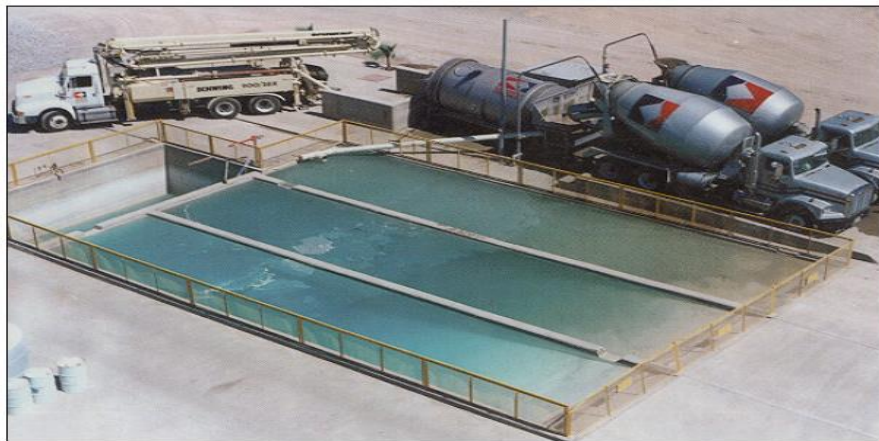
Algunas de estas tecnologías, métodos y procedimientos para el tratamiento de los residuos y desechos de producción son los siguientes:

- Estabilización química: consiste en colocar un aditivo en el tambor de las mezcladoras que impide la hidratación del cemento, permitiendo que el

concreto se mantenga en estado plástico, por varias horas, incluso días. Cuando se va a realizar una nueva mezcla se le coloca un aditivo que contrarreste el efecto del primer aditivo, y así esta mixtura líquida se puede usar como agua de mezcla.

- Piletas de decantación: consiste en una serie de cámaras interconectadas entre sí, que permiten el flujo de lodos cementosos y por sedimentación atrapan los sólidos. Las piletas de decantación constituyen la opción más económica para el tratamiento de aguas residuales.

Figura 27. **Piletas de decantación**

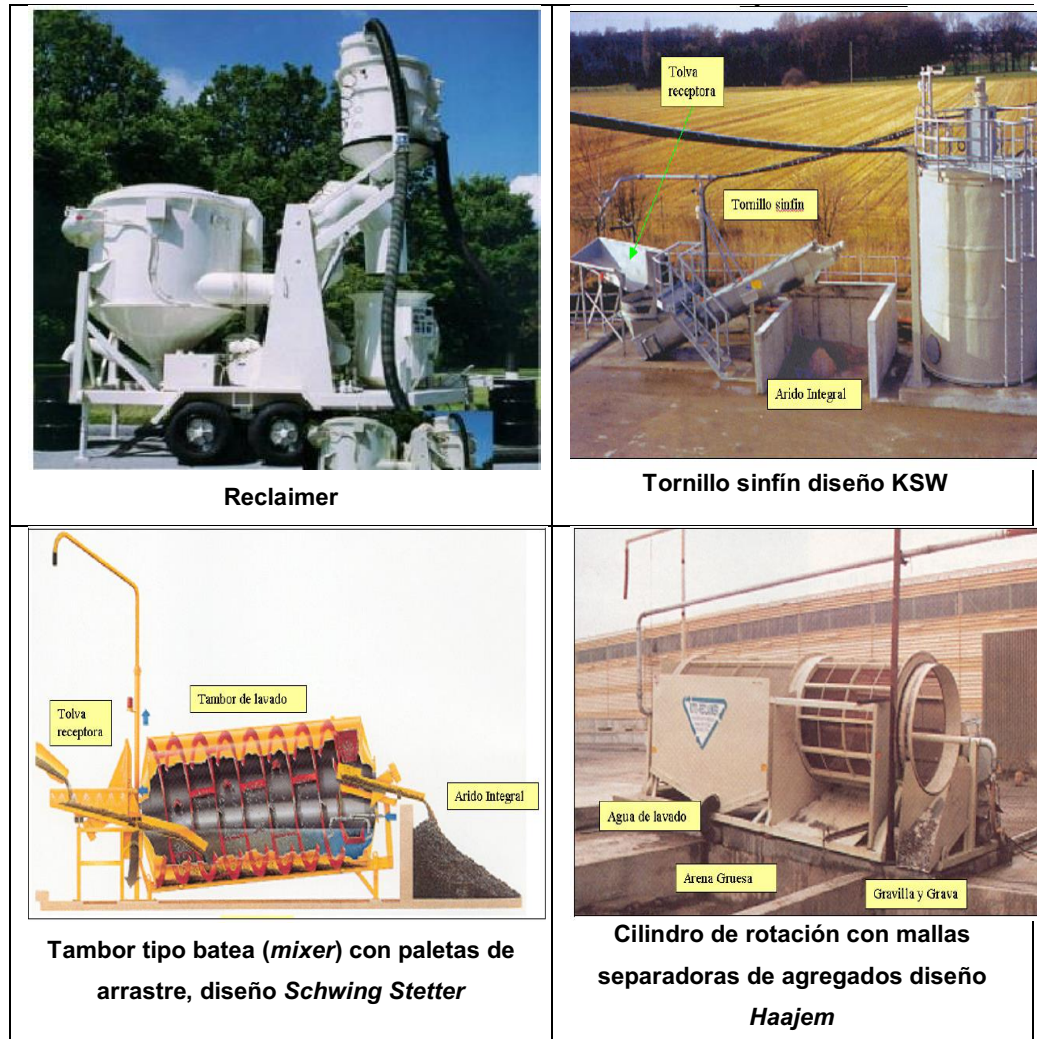


Fuente: Desarrollo de metodología para calificar el desempeño de las plantas de hormigón premezclado desde el punto de vista ambiental. p. 40.

- Reclaimer: son equipos que utilizan agua a presión y un tamiz para clasificar los agregados en una nueva mezcla. Se deben colocar de manera que permitan recibir la entrada de los lodos cementosos provenientes del lavado de las mezcladoras y del bombeo.

- Cilindros de rotación con mallas seleccionadoras de agregados: lava con agua a presión y separa arena gruesa y grava en un mismo proceso.
- Tambor tipo batea (*mixer*) con paletas de arrastre: lava y entrega un agregado integral (mezcla) al final del proceso. Es posible adicionarle un sistema seleccionador de agregados (harnero vibratorio).
- Tornillo sinfín: lava y entrega un agregado integral (mezcla) al final del proceso. Es posible adicionarle un sistema seleccionador de agregados (harnero vibratorio).
- Prensado de lodos: consiste en el tratamiento de los lodos cementosos luego de haberlos separado de los agregados. A la salida del tambor del reclaimer, cuando los agregados han sido separados, se mantienen en suspensión en un tanque los lodos cementosos, donde son secados con aire caliente. Luego, por medio de un sistema hidráulico son prensados y convertidos en tortas, el agua residual pasa a otros tanques para ser tratada o es vertida a las alcantarillas.
- Tanques aclaradores de agua: deben ser instalados a la salida del equipo de reciclaje, en este dispositivo los lodos se tienen sedimentando en un tanque cilíndrico y de gran altura, permitiendo que por la acción de la gravedad se dé la separación de agua aclarada y los sólidos. Estos son recogidos por un cargador para luego depositarlos en un botadero.

Figura 28. Equipos mecánicos de reciclamiento concreto premezclado



Fuente: Desarrollo de metodología para calificar el desempeño de las plantas de hormigón premezclado desde el punto de vista ambiental. p. 29.

- Reutilización directa: son equipos que luego del procedimiento de reciclaje en el reclaimer, los agregados son reutilizados y los lodos son mantenidos en suspensión y movimiento para homogeneizarlos impidiendo la sedimentación de los sólidos en el fondo y luego mediante el bombeo, los lodos son adicionados a una nueva mezcla de concreto.

Tabla XVII. **Ventajas y desventajas de las diferentes metodologías utilizadas para procesar los residuos de concreto premezclado**

Metodología	Ventajas	Desventajas
Piletas de decantación	Sistema existente en la mayoría de las plantas. Fácil de operar. Tecnología barata y de poco mantenimiento.	Produce lodos cementosos cada vez más difíciles de disponer. Produce agua residual alcalina. Requiere espacio considerable.
Reclaimer	Permite recuperar el 100% de los agregados Requiere poco espacio. Sistema eficiente cuando es bien manejado.	Altos costos de inversión. Altos costos de mantenimiento. Requiere de una producción consistente para trabajar eficientemente.
Prensado de lodos		Requiere la utilización de un reclaimer. Produce residuos sólidos que se deben disponer.
Tanques aclaradores de agua	Permite recuperar el 100% del agua.	Requiere la utilización de un reclaimer. Produce lodos cementosos que son difíciles de disponer.
Estabilización química	Permite la reutilización del 100% de los residuos. Muy poco espacio requerido. Bajo mantenimiento.	Altos costos de inversión. Requiere control de la hidratación de los aditivos.
Reutilización directa	Permite la reutilización del 100% de los residuos. Sistema simple y eficiente. Requiere poco espacio.	Altos costos de inversión. Requiere un control continuo de aportación de finos.

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/58071566/54/PRODUCTOS-Y-DESECHOS-DEL-CONCRETO-PREMEZCLADO>. Consulta: septiembre de 2012.

5.2.2.5. Disposición final

De acuerdo a la jerarquía de gestión se considera como última opción el vertido de los desechos en los sitios autorizados para el efecto.

Tabla XVIII. **Resumen de actividades, disposición final de desechos**

Tipo desecho	Tipo actividad	Responsable	Fecha implementación
Desechos sólidos comunes (DSC)	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir la cantidad generada. • Velar porque se dispongan en los sitios autorizados. • Velar porque se realicen los procedimientos establecidos. • Capacitación del personal en aspecto ambiental. 	<ul style="list-style-type: none"> • Gerencia • Jefes de departamento 	Durante la operación de la planta
Desechos sólidos especiales (DSE)	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir la cantidad generada. • Velar porque se dispongan en los sitios autorizados. • Velar porque se realicen los procedimientos establecidos. • Capacitación del personal en aspecto ambiental. 		
Desechos sólidos peligrosos (DSP)	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir la cantidad generada. • Contactar a proveedores para coordinar disposición final. • Capacitación del personal en aspecto ambiental. 		

Fuente: elaboración propia.

5.2.3. Evaluación de Impacto Ambiental

El desarrollo económico se ha incrementado vertiginosamente, generando progreso y mayor bienestar para el ser humano, pero también creando la necesidad de tener presente el impacto sobre el medio ambiente.

En esta sección se presenta una visión de carácter introductorio, de la evaluación de impacto ambiental en proyectos de manejo de desechos sólidos, que sirva como punto de partida a la elaboración de estudios de impacto ambiental y a la participación en el proceso administrativo que los determina.

La evaluación de impacto ambiental (EIA) es una herramienta para obtener información y para el manejo de externalidades, se utiliza para analizar aspectos biológico-físicos, socioeconómicos o culturales del ambiente en el que se desarrollará una acción o un proyecto, para que quienes toman decisiones cuenten con elementos científico – técnicos que les apoyen para determinar la mejor opción. A través de normas, restricciones y sanciones, las empresas han reducido en la medida de lo posible, sus emisiones contaminantes.

El impacto ambiental producido por la ejecución, operación o cese de un proyecto de desarrollo determinado, el que debe ser evaluado *a priori*, con el fin de establecer medidas correctivas necesarias para eliminar o mitigar los efectos (impactos) adversos, proponer opciones, un programa de control y fiscalización (seguimiento) y un programa de recuperación ambiental.

A continuación se presentan los principales aspectos ambientales asociados a las plantas de concreto premezclado identificados durante el trabajo realizado:

- Desechos sólidos
- Desechos líquidos
- Contaminación al aire
- Contaminación acústica
- Desechos químicos

Gracias a las evaluaciones de impacto, se estudian y predicen algunas de las consecuencias ambientales, esto es, los impactos que ocasiona una determinada acción, permitiendo evitarlas o minimizarlas. Al final, la justificación ambiental de la solución escogida parte de la visión conjunta de todas las alteraciones (impactos) que produciría una opción dada, eligiendo la que produzca una alteración de menor gravedad en su conjunto.

5.2.3.1. Proceso productivo

El objetivo de la planta es la producción de concreto premezclado, las materias primas (agregados, cemento, agua y aditivo), son entregadas en la planta por la dosificadora a los camiones, al interior de los cuales se realizará la mezcla y el transporte del concreto a su destino.

Los agregados son producidos en la planta de Agregados de Centroamérica (AGRECA), que se encuentra cercana a FORCOGUA y transportados hasta la planta de manera adecuada y descargados en la zona de acopio, especialmente acondicionada en la planta según sus características.

El cemento se transporta a la Planta mediante camiones especiales (camiones pipa) y vaciado hacia los silos, mediante un sistema neumático, lo que permite minimizar las emisiones de material particulado, además, estos silos cuentan con filtros en su parte superior, que permiten controlar las fugas que pueden producirse en la etapa de llenado.

Se utilizan aditivos con el objetivo de mejorar y/o modificar algunas de las propiedades de los concretos (resistencia, trabajabilidad, etc.), son transportados y almacenados en contenedores herméticos. Otra materia prima

corresponde al agua, la cual es utilizada en la preparación del concreto y labores de limpieza, la que se almacena en depósitos adecuados.

Tabla XIX. **Impacto del manejo de materiales de producción concreto**

Tipo de material	Comentarios
Agregados	<ul style="list-style-type: none"> • Mejorar las condiciones de manejo interno que permita reducir el desperdicio. • Mejorar las condiciones de dosificación de los equipos a través de su mantenimiento y calibración.
Cemento	<ul style="list-style-type: none"> • Mejorar las condiciones de dosificación de los equipos a través de su mantenimiento y calibración. • Utilizar el cemento adecuado de acuerdo al tipo de concreto elaborado.
Aditivos	<ul style="list-style-type: none"> • Mejorar las condiciones de dosificación de los equipos a través de su mantenimiento y calibración.
Agua	<ul style="list-style-type: none"> • Mejorar las condiciones de manejo interno que permita reducir el desperdicio. • Mejorar las condiciones de dosificación de los equipos a través de su mantenimiento y calibración.

Fuente: elaboración propia.

5.2.3.2. Aspecto técnico y legal

El término impacto ambiental se utiliza en dos campos diferenciados, aunque relacionados entre sí: el ámbito científico-técnico y el jurídico-administrativo.

El primero ha dado lugar al desarrollo de metodologías para la identificación y la valoración de los impactos ambientales, incluidas en el proceso que se conoce como evaluación de impacto ambiental (EIA); el segundo ha producido toda una serie de normas y leyes que obligan a la declaración de Impacto ambiental y ofrecen la oportunidad, no siempre aprovechada, de que un determinado proyecto pueda ser modificado o rechazado debido a sus consecuencias ambientales. De acuerdo a lo establecido, los proyectos de saneamiento necesitan una evaluación de impacto ambiental EIA para poder ser desarrollados.

A continuación se presentan los aspectos legales que sirven de base para la evaluación de impacto ambiental de acuerdo a las características de cada proyecto:

- Constitución Política de la República de Guatemala, artículos 2, 3, 64, 82, 97, 118, 119, 121, 125, 126, 127 y 128, respectivamente.
- Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente. Decreto No. 68-86 del Congreso de la República y sus reformas; artículos 1, 4, 8, 9, 12, 13, 16, 22, 23, 25 y 27, respectivamente.
- Ley de Áreas Protegidas. Decreto No. 4-89 del Congreso de la República y sus reformas. Decreto No. 110-96 del Congreso de la

República, artículos 20 y 21.

- Ley de Minería. Decreto No. 48-97 del Congreso de la República, artículo. 20.
- Reglamento sobre estudios de evaluación de impacto ambiental vigente, según resolución administrativa del coordinador del medio ambiente. CONAMA, julio de 1998.
- Ley de Fomento a la Difusión de la Conciencia Ambiental. Decreto 116-96.

5.2.3.3. Aspectos ambientales

Los aspectos ambientales (A/A) son los elementos de las actividades, productos y/o servicios de la entidad que pueden interactuar con el medio ambiente. Los A/A que tienen un efecto o impacto ambiental significativo, fueron identificados por medio de una matriz.

A continuación se presentan los principales aspectos ambientales asociados a las plantas de concreto premezclado, identificados durante el trabajo realizado.

5.2.3.3.1. Producción de concreto premezclado

El producto final se realiza en los camiones mezcladores y corresponde al concreto premezclado, el cual es entregado en las obras, y no se almacena. El proceso de manera general es el siguiente:

- Los agregados acopiados en Planta son descargados sobre una tolva utilizando un cargador frontal, el pesaje de los materiales se realiza en forma mecánica y automática, según las cantidades determinadas en las dosificaciones ingresadas en el computador.
- Luego del pesaje, los agregados son descargados por gravedad a una cinta transportadora, la que a su vez, vacía los materiales en una tolva, cuyo objetivo es permitir el ingreso de los materiales al camión de forma rápida, segura y con un mínimo de pérdidas.
- El cemento se descarga desde los silos hasta la báscula correspondiente.
- El agua y los aditivos son medidos y descargados a través de cañerías independientes, directamente a la tolva de ingreso al camión.
- Luego, se inicia el proceso de mezclado, utilizando para ello el mezclador del camión a su máxima revolución durante unos minutos.
- El producto terminado es despachado hasta la obra en la cual se ocupará. Una vez que el camión descarga el concreto en la obra, retorna a la planta para realizar un nuevo ciclo de carga.

Eventualmente, los camiones vuelven de las obras con restos de concreto no utilizado, se considera un residuo industrial no peligroso, y por lo tanto debe ser dispuesto adecuadamente. Una alternativa para los procesos actuales de distribución del concreto devuelto a la Planta y del agua de lavado involucra el empleo de aditivos estabilizadores de hidratación del cemento (AEH).

5.2.3.3.2. Flujo vehicular

El funcionamiento de la Planta genera flujos de camiones mezcladores, camiones graneleros y camiones de agregados, el flujo estará determinado por la capacidad de producción, distancia a las obras y el volumen de concreto que se requiera.

5.2.3.3.3. Gestión de emisiones

Las actividades de transporte y manejo de agregados, de los camiones mezcladores, llenado de los silos de cemento y circulación de vehículos en la planta, pueden generar emisiones de material particulado, las cuales serán controladas.

5.2.3.3.4. Gestión de ruidos

En la planta operan una serie de equipos que son considerados fuentes emisoras de ruido, entre estos, se pueden mencionar: camiones mezcladores, camiones graneleros y sus equipos compresores, cargador frontal, entre otros.

Debido a que la planta se ubica en una zona retirada de zonas habitacionales, la gestión de ruido se enfocará a proteger al personal de que trabaje dentro de ella y que se encuentre expuesto a niveles arriba de lo establecido

Tabla XX. Resumen evaluación de impactos planta FORCOGUA

Fase del proyecto	Sistema afectado		Aspecto ambiental evaluado	Impactos generados (tipo, caracterización)
Operación	Medio abiótico	Atmósfera	<ul style="list-style-type: none"> Manejo y almacenamiento materiales Elaboración de concreto Mantenimiento Circulación de vehículos 	<ul style="list-style-type: none"> Emisiones de polvos y partículas (-). Emisiones de ruido (-).
		Suelo	<ul style="list-style-type: none"> Manejo y almacenamiento materiales Elaboración de concreto Mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> Generación y descarga de aguas residuales especiales (-). Generación de residuos peligrosos mantenimiento de equipo y planta (-). Descarga de aguas residuales domésticas (-).
	Sistema agua	Aguas superficiales y subterráneas	<ul style="list-style-type: none"> Actividades de administrativas y de producción. 	<ul style="list-style-type: none"> Uso de agua (-). Contaminación cuerpos de agua superficial (-).
	Aspectos socioeconómicos		<ul style="list-style-type: none"> Suministro de insumos Elaboración y distribución de concreto Mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> Generación de empleo de forma directa e indirecta (+). Aumento en la economía en la zona (+).
	Seguridad e higiene industrial		<ul style="list-style-type: none"> Actividades de operación planta. 	<ul style="list-style-type: none"> Accidentes laborales (-). Capacitación personal planta (+).
	Sistema paisajístico		<ul style="list-style-type: none"> Infraestructura existente 	<ul style="list-style-type: none"> Cambios en el paisaje (-).
Abandono	Medio abiótico		<ul style="list-style-type: none"> Movimiento de tierras Demolición 	<ul style="list-style-type: none"> Restauración condiciones iniciales terreno. Recuperación de suelo.
	Sistema paisajístico		<ul style="list-style-type: none"> Realización de trabajos abandono área. 	<ul style="list-style-type: none"> Restauración condiciones paisaje inicial. Programa de restauración cobertura vegetal suelo.
+ Impacto positivo - impacto negativo				

Fuente: elaboración propia.

5.2.3.4. Propuesta de impacto ambiental

La gestión ambiental de la Planta de FORCOGUA se centra en los siguientes aspectos:

- Gestión de residuos
- Gestión de agua de proceso y aguas residuales
- Gestión de emisiones
- Gestión de ruido

Tabla XXI. Resumen Plan de manejo ambiental de la planta FORCOGUA

Fase del proyecto	Componente ambiental	Impacto	Medida de mitigación o correctiva	Duración
Operación	Medio abiótico, atmósfera	Emisiones de polvos y partículas (manejo materiales, producción de concreto, mantenimiento planta).	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de riego manual en descarga y carga de insumos y materiales. • Sistema de filtros en silos. • Tolvas de materiales y bandas transportadoras con protección para emisiones de polvos y partículas. • Programa de monitoreo partículas solidas (PS), material particulado menor a 10 micras (PM10), mediciones aire ambiente planta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Durante la operación planta. • Monitoreo anual o cuando sea necesario.
		Cambio en los niveles de sonido	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño y ubicación planta. • Cerca perimetral en la planta. • Ubicación de barreras naturales. • Construcción de instalaciones antiruidos. • Programa de monitoreo niveles de sonido área planta. 	
	Gestión adecuada residuos especiales y peligrosos (lodos, aceites, etc).	<ul style="list-style-type: none"> • Almacén temporal adecuado para residuos peligrosos. • Gestión adecuada de los residuos peligrosos, producto del mantenimiento de maquinaria y equipo (aceites, lubricantes, botes, filtros y materiales contaminados) de acuerdo a regulación aplicable. • Dentro de la planta se instalarán contenedores adecuados para el almacenamiento temporal de los DP. • El retiro de los DP será con la mayor frecuencia posible. De preferencia será realizado por empresa especializada en esta actividad. 		
	Medio abiótico, agua	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de aguas residuales (uso servicio sanitarios y limpieza, lavado tambor camión mezclador). • Uso del recurso agua. 	<ul style="list-style-type: none"> • Las aguas residuales domesticas se descargan en red municipal. • Uso del agua de lavado en el Programa de recuperación de terrenos. • Tratamiento adecuado cuando sea necesario. • Implementar acciones que optimicen el uso de agua en los procesos de producción y mantenimiento. 	
	Medio social	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de fuentes de trabajo. • Plan de seguridad e higiene industrial. 	<ul style="list-style-type: none"> • Para el reclutamiento y selección del personal, se dará preferencia a las personas que vivan cerca de la planta. • Brindar un ambiente laboral mejor que permita reducir los accidentes de trabajo. 	

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. La elección entre el concreto premezclado en Planta y el elaborado *in situ*, se basa en las circunstancias particulares de la obra en cuestión, en los aspectos técnicos y en los costos beneficios asociados con cada uno de ellos.
2. A través del trabajo de campo realizado, se caracterizaron y cuantificaron los desechos sólidos generados en la Planta de FORCOGUA.
3. Los impactos ambientales en una planta de producción de concreto premezclado se relacionan, principalmente con la contaminación atmosférica, generación y manejo de los desechos sólidos, manejo de materiales y la seguridad e higiene industrial.
4. Las plantas de concreto premezclado no deben ser tratadas como una unidad común, debido a que no todas presentan los mismos problemas, ni las mismas características.
5. Con la implementación de la propuesta del Plan de manejo de los desechos sólidos, se pueden reducir y prevenir los impactos ambientales que se generan por esta causa.

6. Con la implementación o recuperación de áreas verdes, la empresa puede obtener notables beneficios como el atrapamiento de partículas y gases contaminantes, amortiguamiento de las ondas sonoras, mejora paisajística y sobre todo, un ambiente más saludable para sus trabajadores y la comunidad.

7. La industria del concreto premezclado, en particular, genera un importante flujo de camiones, y su respectivo impacto vial y ambiental.

RECOMENDACIONES

1. Concientizar al personal sobre la importancia de un manejo adecuado de los desechos sólidos, realizando campañas de motivación.
2. El presente estudio puede ser utilizado por la empresa si decide implementar un sistema de gestión ambiental.
3. Realizar investigación en nuevas técnicas que utilicen residuos y desechos provenientes de las actividades de la elaboración de concreto premezclado.
4. Implementar las acciones de monitoreo sugeridas, lo que implica una mejora continua de la propuesta.
5. Implementar acciones que permitan aprovechar el concreto residual generado durante las actividades de producción.
6. Generar los registros históricos sobre la cantidad de energía y agua utilizada en los procesos de producción de la Planta FORCOGUA, que permitan evaluar la propuesta.
7. Implementar un programa de señalización adecuado dentro de las instalaciones de la Planta FORCOGUA.

8. 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.
9. Para un mejor manejo de la recuperación del cauce de la quebrada que corre por la Planta de producción de FORCOGUA, se debe considerar que el concreto se utiliza para crear superficies duras que contribuyen a la escorrentía superficial, lo que puede provocar una fuerte erosión del suelo y la contaminación del agua.
10. En las plantas de producción de concreto premezclado, algunas de las aguas residuales pueden presentar una elevada cantidad de sólidos disueltos (hidróxido de sodio y potasio) y suspendidos (carbonato de calcio), alta alcalinidad, posibilidad de auto fraguado y calor residual.

BIBLIOGRAFÍA

1. ARIAS ULLOA, Cristian; VARGAS ZÚÑIGA, Ángel. *Diseño de un programa de mantenimiento para una industria productora de hormigón premezclado*. Escuela Superior Politécnica de Litoral, Guayaquil, Ecuador. 2004. 9 p.
2. Book of Standards, Normas C-33, C-39, C-78, C-91, C-109, C-131, C-150, C-251, C-494, C-595, C-1157. *Cement, concrete and concrete aggregates committees*. USA: ASTM, 2009. 13 000 p. ISBN: 9781622042715
3. CERDA SEPÚLVEDA, Romina María. *Desarrollo de metodología para calificar el desempeño de las plantas de hormigón premezclado desde el punto de vista ambiental*. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Civil. Santiago de Chile: 2007. 132. p.
4. CERVANTES HERNÁNDEZ, Lidia Jeaneth. *Diseño de procedimientos de control interno administrativo aplicables a la utilización de repuestos y reparaciones de vehículos en el departamento de taller de una empresa productora de concreto*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2009. 130 p.

5. Consultoria Ambiental Gestión en Recursos Naturales. *Estudios Ambientales y Forestales* [en línea] <http://www.grn.cl/impacto-ambiental.html>. [Consulta: septiembre de 2012].
6. DÍAZ L F., SAVAGE, G. M., ORTELLADO, J. M. *El manejo de construcción y demolición*. Perú: Centro panamericano de Ingeniería Sanitaria, 2000. 66. p.
7. FLORES ROMERO, Ángel Eduardo. *La variable ambiental en la trayectoria tecnológica de la industria cementera*. Trabajo de graduación de Maestría en Economía y Gestión del cambio tecnológico. México: 2003. 136. p.
8. FRANKLIN, Enrique Benjamín. *Organización de empresas análisis, diseño y estructura*. México: McGraw-Hill Interamericana. 2000. 341 p.
9. FORCOGUA, concreto premezclado [en línea] <http://www.forcogua.com.gt> [Consulta: agosto de 2012].
10. Guatemala. Acuerdo Municipal 4 de enero de 1982. *Reglamento de limpieza y saneamiento ambiental para el municipio de Guatemala*. Municipalidad de Guatemala. 21 p.
11. *Insumos para la formulación del reglamento interno del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Situación y evaluación de la calidad ambiental en Guatemala diagnóstico y propuesta de solución*. Guatemala: MARN, 2001. 24 p.

12. IRUNGARAY SIERRA, Sergio Armando. *Evaluación del volumen y calidad del concreto premezclado entregado en obra por camiones mezcladores en el departamento de Guatemala, según la norma ASTM C-94*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2007. 116 p.
13. Organización Panamericana de la Salud. *Análisis sectorial de residuos sólidos de Guatemala*. OPS/OMS, 1995. 172 p.
14. *Reglamento para la administración del servicio de recolección de basura, del municipio de Guatemala*. Municipalidad de Guatemala. 2002. 19. p.
15. SANDOVAL ALVARADO, Leandro. *Manual de tecnologías limpias en Pymes del sector de residuos sólidos*. Organización de Estados Americanos. Lima, Perú: Programa Horizontal de Tecnologías Limpias y Energías Renovables. 2006. 72 p.
16. Taiwan Turkey Project Association [en línea] <http://turkey.taiwantrade.com.tw/showpage.asp?subid=029&fdname=nonmetallic+mineral+products&pagename=planta+de+produccion+de+concreto+premezclado>. [Consulta: septiembre de 2012].
17. Universidad de Costa Rica. *Estructuras de concreto II: concreto verde*. [en línea] <http://es.scribd.com/dco/58071566/54/productos-y-desechos-del-concreto-premezclado>. [Consulta: septiembre de 2012].

18. VELÁSQUEZ, Jofre Martin. *Evolución de la industria del concreto en Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2011. 193 p.