Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

DISEÑO DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE BLOCKS ECOLÓGICOS CON BASE A POLIETILENO TEREFTALATO

Edgar Alfredo Salguero Ucelo
Asesorado por el Ing. Oswin Antonio Melgar Hernández

Guatemala, marzo de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE BLOCKS ECOLÓGICOS CON BASE A POLIETILENO TEREFTALATO

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

EDGAR ALFREDO SALGUERO UCELO
ASESORADO POR EL ING. OSWIN ANTONIO MELGAR HERNÁNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, MARZO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Mayra Saadeth Arreaza Martínez
EXAMINADORA	Inga. Rossana Margarita Castillo Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. Aldo Ozaeta Santiago
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:

DISEÑO DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE BLOCKS ECOLÓGICOS CON BASE A POLIETILENO TEREFTALATO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha agosto de 2012.

Edgar Alfredo Salguero Ucelo

Guatemala 2 de octubre de 2013.

Ing. Cesar Urquizu
Director de Escuela
Escuela de Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Por este medio me permito dar aprobación al Trabajo de Graduación titulado: **"DISEÑO DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE BLOCKS ECOLÓGICOS CON BASE A POLIETILENO TEREFTALATO"**, desarrollado por el estudiante **Edgar Alfredo Salguero Ucelo con carné No. 2009-15110,** ya que considero que cumple con los requisitos establecidos, por lo que el autor y mi persona somos responsables del contenido y conclusiones del mismo.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarlo.

Atentamente,

Oswin Antonio Melgar H.
INGENIERO INDUSTRIAL
Col. 9443

Ing. Oswin Antonio Melgar Hernández,

ASESOR

Colegiado 9443

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

REF.REV.EMI.162.014

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE BLOCKS ECOLÓGICOS CON BASE A POLIETILENO TEREFTALATO,** presentado por el estudiante universitario **Edgar Alfredo Salguero Ucelo,** apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Cesar Aku Castillo MSc.
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO No. 4,073

Ing. Cesar Augusto Aku Castillo
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, octubre de 2014.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

REF.DIR.EMI.032.015

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE BLOCKS ECOLÓGICOS CON BASE A POLIETILENO TEREFTALATO,** presentado por el estudiante universitario **Edgar Alfredo Salguero Ucelo**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DIRECCION
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, marzo de 2015.

/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala

Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 111.2015

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 Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE BLOCKS ECOLÓGICOS CON BASE A POLIETILENO TEREFTALATO,** presentado por el estudiante universitario: **Edgar Alfredo Salguero Ucelo,** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DECANO
FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 13 de marzo de 2015

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme la sabiduría, salud y fuerza para estudiar esta carrera.
Mis padres	Adela Ucelo y Edgar Salguero, por todo el apoyo y paciencia que han tenido a lo largo de mi carrera.
Mis hermanos	Ana Lucía Salguero, por apoyarme y aconsejarme a lo largo de la carrera. Abel Salguero, esperando que este logro le sirva como ejemplo.
Mis abuelas	Especialmente a Lucía de Ucelo.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por permitir mi formación como profesional.
Facultad de Ingeniería	Por darme la oportunidad de adquirir todo el conocimiento técnico y científico y darme la oportunidad de trabajar en el Departamento de Matemática.
Ingeniero Oswin Melgar	Por ser mi asesor y apoyo en el desarrollo de mi trabajo de graduación.
Centro de Investigaciones de Ingeniería	Por darme las oportunidades de realizar los ensayos y parte de la investigación de este estudio.
Mis amigos de la Facultad y del Departamento de Matemática	Por su amistad y todo su apoyo en la carrera.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

TABLAS

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
HP	Caballos de fuerza
cm	Centímetro
Kg/m^3	Densidad en kilogramo por metro cúbico
CO_2	Dióxido de carbono
Kg/cm^2	Esfuerzo en kilogramo por centímetro cuadrado
Kg	Kilogramo
m	Metro
m^3	Metros cúbicos
mm	Milímetro
O_2	Oxígeno
%	Porcentaje

GLOSARIO

Agregado grueso Es uno de los principales componentes del concreto, está formado por roca o grava.

Atomizador Utensilio que se emplea para producir una fina pulverización de un líquido.

Báscula Instrumento para determinar el peso.

Cimentación Conjunto de elementos estructurales cuya misión es transmitir las cargas de la edificación o elementos apoyados al suelo, distribuyéndolas de forma que no superen su presión admisible ni produzcan cargas zonales.

Conglomerante Material capaz de unir fragmentos de uno o varios materiales.

Contención Estructura rígida destinada a contener algún material

Convección forzada Es cuando se aplican medios mecánicos para hacer circular el fluido.

Cristalización Es un proceso por el cual a partir de un gas, un líquido o una disolución de iones, átomos o

moléculas establecen enlaces hasta formar una red cristalina.

Curado Mantenimiento de un adecuado contenido de humedad y temperatura del concreto a edades tempranas.

Edificabilidad Máxima cantidad de metros cuadrados edificables.

Embalaje Recipiente o envoltura que contiene un producto.

Extrusión Es un proceso utilizado para crear objetos con sección transversal definida y fija.

Fraguado Es el proceso de endurecimiento y pérdida de plasticidad del hormigón.

Friso Parte ancha de la sección central de un entablamento.

Geotextil Lámina permeable y flexible de fibras sintéticas

Maleable Es la propiedad de un material blando de adquirir una deformación acuosa mediante descompresión, sin romperse.

Mampostería Sistema tradicional de construcción que consiste en erigir muros y parámetros.

Monofásico	Sistema de producción distribución y consumo de energía formado por una única corriente alterna o fase.
Peletizado	Preparación de cápsulas cubiertas con una capa de alguna sustancia o producto que tiene efectos secundarios.
Permeabilidad	Capacidad que tiene un material de permitirle a un flujo que atraviese sin alterar su estructura interna.
PET	Polietileno tereftalato.
Pétreos	Material proveniente de la roca o piedra.
Polietileno	Químicamente es el polímero más simple; se obtiene de la polimerización del etileno.
Polímero	Macromoléculas formadas por la unión de moléculas más pequeñas llamadas monómeros.
Polipropileno	Polímero termoplástico parcialmente cristalino.
Soplado	Proceso utilizado para fabricar piezas de plástico huecas, gracias a la expansión del material.
Tabique	Pared delgada que sirve para separar estancias dentro de un edificio.

Termoplástico	Plástico que a temperaturas relativamente altas, se vuelve deformable o flexible.
Trifásico	Sistema de producción, distribución y consumo de energía eléctrica, formado por tres corrientes alternas monofásicas de igual frecuencia y amplitud.

RESUMEN

En el desarrollo de la investigación se diseñó el block ecológico con base a polietileno tereftalato, en tres mezclas de diferentes proporciones de cemento arena y PET triturado. Con la finalidad de determinar sus propiedades mediante el ensayo según la norma Coguanor NGO 41054, y se realizó en el centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería.

Se propone el diseño de las instalaciones de una planta piloto que desarrollará el proceso de producción del block ecológico. Asimismo, se realizó la planeación del proceso y se determinó el equipo y herramientas necesarias para la fabricación del block ecológico.

El proceso de fabricación de blocks con base en este producto, presenta una oportunidad para reutilizar el plástico PET de envases de bebidas en un proceso de producción no tan complejo. En el que se integra el material granular de polietileno tereftalato triturado como materia prima. Se realizó una estimación con base en los costos reales de materiales de construcción, para determinar el costo unitario del block ecológico.

Finalmente se determinó el monto final de la inversión para implementar la propuesta y el costo total de operación, mediante un presupuesto de gastos administrativos, de producción y de venta.

OBJETIVOS

General

Diseñar un sistema de producción de un block con base a polietileno tereftalato, que presente una alternativa ecológica para los materiales de construcción.

Específicos

1. Diseñar y caracterizar un block ecológico con base a polietileno tereftalato, en donde se determinen las propiedades y características mecánicas y fisicoquímicas del mismo en el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

2. Analizar y comparar las propiedades y características mecánicas y fisicoquímicas del block ecológico con base en polietileno tereftalato, con otros materiales utilizados en la industria de la construcción.

3. Proponer el diseño del block ecológico como una alternativa para reducir los costos de materiales de construcción y coadyuvar al cuidado del medio ambiente.

4. Diseñar las instalaciones en función del proceso de producción del block ecológico con base a polietileno tereftalato.

5. Estimar los costos necesarios para la posterior implementación de la propuesta de un diseño de producción para la elaboración de blocks ecológicos con base en polietileno tereftalato.

INTRODUCCIÓN

El polietileno tereftalato, comúnmente conocido como PET, es un plástico favorito de la industria debido que se puede modificar en varias formas y tiene muchos usos. Es por esta razón que la contaminación de polietileno tereftalato tiene un aumento a gran escala debido a la cantidad de productos que se elaboran con este plástico. Este tipo de contaminación presenta un grave impacto ambiental debido a que no es biodegradable, ya que tarda muchos años en degradarse. En los ecosistemas terrestres afecta la productividad agrícola de los suelos al ser enterrado, y en los ecosistemas marinos resulta perjudicial para los organismos que habitan en el mar debido a que los plásticos tienen una increíble capacidad para transportar, absorber y liberar productos químicos.

El plástico reciclado es un producto que también se lo puede reutilizar como fibra de poliéster, madera plástica, aditivos para pavimentos, fabricación de botellas nuevas multicapa, combustible para la generación de energía, etc. En los procesos de reciclaje antes mencionados se utiliza un proceso muy complejo y costoso.

Para la elaboración de blocks con base a polietileno tereftalato se utiliza un proceso simple en donde se sustituye el material granular del block por PET triturado. Este proceso propone nuevas alternativas de productos reciclados y ayuda a mitigar la contaminación de envases de PET que existe en Guatemala.

El desarrollo del diseño de un sistema de producción para la elaboración de blocks ecológicos con base a polietileno tereftalato reciclado presenta una alternativa para los materiales de construcción más ecológicos. Diseñando un block que cumpla con las requisitos actuales de construcción y realizando comparaciones con otros materiales de construcción se puede proponer un sistema de producción de los mismos y diseñar las instalaciones en función del proceso de producción.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Polietileno tereftalato

El polietileno tereftalato es un material muy ligero y resistente formado por un polímero termoplástico lineal, con un alto grado de cristalinidad. El PET se desarrolló inicialmente en la década de 1940, para ser utilizado como fibra para la industria textil. Su uso se extendió para la fabricación de cintas de empaque y posteriormente a la fabricación de envases.

Siendo un polímero, las moléculas de tereftalato del polietileno consisten en cadenas largas de unidades repetidas que contienen carbono, oxígeno, e hidrógeno. "Un kilogramo de PET está compuesto por 64 % de petróleo, 23 % de derivados líquidos de gas natural y 13 % de aire."[1]

Gracias a sus propiedades físicas puede ser procesado mediante extrusión, inyección, y soplado, de preforma y termoconformado. El PET utilizado en la industria de bebidas tiene una participación de alrededor de 65 % de todos los envases. También es utilizado para la fabricación de preformas de cosméticos, medicinas, aceites y frascos de todo tipo. Este insumo se importa como resina, siendo los mayores productores Estados Unidos y Taiwán.

[1] MANSILLA, Laura; RUIZ, Marcos. *Reciclaje de botellas de PET para obtener fibra de poliéster* p. 125.

1.1.1. Propiedades

Las propiedades físicas y químicas del polietileno tereftalato presentan varias razones por las cuales se usa en la producción de una gran diversidad de productos, especialmente en bebidas y textiles. Entre las principales destacan:

- Alta resistencia al desgaste
- Alta resistencia química
- Propiedades térmicas
- Reciclable
- Alta rigidez y dureza
- Resistente a los agentes químicos
- Buen comportamiento frente a esfuerzos permanentes
- Estabilidad a la intemperie
- Liviano e inerte

1.1.2. Uso del polietileno tereftalato

Entre los usos más generalizados del polietileno tereftalato destaca la fabricación de envases para gaseosas, aceites, agua mineral, cosméticos, frascos varios, películas transparentes, fibras textiles, laminados de barrera, envases al vacío, bolsas para hornos, bandejas para microondas, cintas de video y de audio, geotextiles y películas radiográficas.

Con la evolución del sector industrial de bebidas gaseosas, el uso de las botellas de PET ha desplazado en el tiempo a las botellas de vidrio y representa la mayor parte del uso de PET a nivel mundial.

“Existen 3 métodos para reciclarlo; el mecánico, que hace productos diferentes a los envases; el químico, que da lugar a nuevos envases, y el de incineración, donde se aprovecha la energía de su combustión”.[2]

1.2. Block de cemento

Los blocks de cemento son elementos modulares diseñados para tener gran libertad en cuanto a diseño y proceso de construcción, son hechos a partir de cemento y agregados. En Guatemala la dosificación más común en las fábricas de block es de cemento y arena blanca. La calidad depende de la selección de agregados, una dosificación correcta, agua limpia y un proceso de curado adecuado. El block de cemento se ha venido utilizando en la construcción por un largo periodo de tiempo; esto se debe en gran parte a la aceptación que tiene y que viene también ligado a la resistencia estructural que éste presenta

1.2.1. Clasificación según coguanor NTG-41054[3]

La clasificación de los blocks se realiza por la resistencia a compresión y por el porcentaje máxima de humedad.

- Clase A. Uso estructural con baja absorción de humedad. Para uso en muros exteriores o interiores que soportan carga por debajo o sobre el nivel del suelo. Muros de contención, de cimentación y de división que soportan carga. Para edificaciones con áreas mayores de 100 metros cuadrados de construcción, de uno o dos niveles.

[2] www.wikipedia.com. Consulta: 7 de junio de 2012.

[3] Coguanor. Norma Técnica Guatemalteca NTG 41054 p.4.

- Clase B. Uso general con mediana absorción de humedad. Muros exteriores o interiores que soportan carga sobre el nivel del suelo, para edificaciones con un área máxima de 100 m^2 de construcción y distribución simétrica, de uno o dos niveles.

- Clase C. Uso no estructural con alta absorción de humedad. Muros exteriores o interiores sobre el nivel del suelo, que no soportan carga, o que la soportan en muros de edificaciones de un nivel, menores de 50 m^2 de construcción con distribución simétrica.

Resistencia a la compresión. Los bloques huecos de concreto, deben cumplir con la resistencia especificada en la tabla 1.

Tabla I. **Resistencia mínima a compresión sobre área neta**

Clase	Resistencia mínima a compresión, calculada sobre el área neta del bloque kg/cm^2 (Mpa)	
	Promedio de 5 bloques o mas	Mínimo de bloque individual
A	133,0 (13.0)	113,0 (11,1)
B	100,0 (9.8)	85,0 (8,3)
C	66,0 (6.5)	56,0 (5,5)

Fuente: Coguanor. Norma Técnica Guatemalteca NTG 41054 p.4.

Máxima absorción de agua. La máxima absorción de agua de los bloques huecos de concreto en 24 horas se indica en la siguiente tabla.

Tabla II. **Máxima absorción de agua**

Clase	Absorción (en % de masa)	
	Promedio de 3 bloques como mínimo	Valor máximo bloque individual
A	≤ 10	11,0
B	≤ 15	16,5
C	≤ 20	22,0

Fuente: Coguanor. Norma Técnica Guatemalteca NTG 41054 .p.5.

Clasificación por densidad (masa unitaria): los bloques huecos de concreto completamente secos al horno y de acuerdo con la masa de concreto. Se clasifican de la siguiente manera:

Tabla III. **Clasificación por densidad**

Clase	Bloques	Densidad
A	Pesado	> 2000 kg/m^3 (125 lb/pie^3)
B	Medio	Igual o mayor a 1680 kg/m^3, pero menor de 2000 kg/m^3 (125 lb/pie^3)
C	Liviano	< 1680 kg/m^3 (105 lb/pie^3)

Fuente: Coguanor. Norma Técnica Guatemalteca NTG 41054 .p.6.

1.2.2. Dimensiones

Los bloques trabajan en conjunto y debe procurarse que las características y dimensiones de todos los bloques sean similares, ya que estas diferencias pueden afectar notablemente el resultado final.

Tabla IV. **Medidas principales normales de los bloques huecos de concreto**

USO	Medidas principales nominales o modulares (centímetros)			Medidas principales reales (centímetros)		
	Ancho	Alto	Largo	Ancho	Alto	Largo
Bloque de muro	20 15	20 20	40 40	19 14	19 19	39 39
Medio bloque de muro	20 15	20 20	20 20	19 14	19 19	19 19
Bloque de tabique	10	20	40	9	19	39
Medio bloque de tabique	10	20	20	9	19	19

Fuente: Coguanor. Norma Técnica Guatemalteca NTG 41054 .p.6.

Tabla V. **Espesores mínimos de las paredes frontales y de los tabiques**

Ancho nominal del bloque en centímetros	Espesor mínimo de las paredes frontales, promedio de 3 bloques en mm	Espesor mínimo de los tabiques promedio de 3 bloques en mm	Espesor mínimo equivalente de tabique, en mm/m lineal
10	19	19	136
15	25	25	188
20	32	25	188
25	32	29	209
30	32	29	209

Fuente: Coguanor. Norma Técnica Guatemalteca NTG 41054 .p.7.

1.2.3. Apariencia

Esta característica es muy amplia y puede abarcar muchos puntos, pero entre los principales se pueden considerar:

- El bloque no debe presentar grietas paralelas a la carga.
- La superficie del bloque debe ser uniforme y asegurar la adherencia del friso.
- La textura debe ser firme y no presentar desboronamiento del material.
- Los bordes no deben presentar irregularidades y deshacerse con facilidad.
- El color debe ser gris claro y no blanquecino.

1.3. Reseña histórica del Centro de Investigaciones de Ingeniería

El Centro de Investigaciones de Ingeniería fue creado por Acuerdo del Consejo Superior Universitario de fecha 27 de julio de 1963 y está integrado por todos los laboratorios de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

La base para constituir el centro fue la unificación de los laboratorios de materiales de construcción de la Facultad de Ingeniería y de la Dirección General de Obras Públicas en 1959, y la subsiguiente adición a los mismos del laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria en 1962, en unión de otros laboratorios docentes de la Facultad de Ingeniería. En 1965 se agregó al CII, el laboratorio de análisis de aguas de la Municipalidad de Guatemala. En 1967 se incorporaron los laboratorios del Departamento de Ingeniería Química, que pasaron a formar parte de la Facultad de Ingeniería como Escuela de Ingeniería Química, y posteriormente los laboratorios de Mecánica e Ingeniería Eléctrica, al formarse las respectivas escuelas.

En 1977 se establecieron las unidades de investigación en fuentes no convencionales de energía y tecnología de construcción de la vivienda. En 1978 fue creado el Centro de Información para la Construcción (CICON), el cual se encuentra adscrito al CII. En 1980 aunaron esfuerzos la Facultad de Arquitectura y la Unidad de Tecnología de la Construcción de Vivienda, para organizar el programa de tecnología para los asentamientos humanos, del cual se generaron múltiples relaciones nacionales e internacionales.

En 1997 se adhirió al CII la planta piloto de extracción-destilación, cuyo funcionamiento es de vital apoyo tanto a la investigación como a la prestación de servicios, e inició actividades en la década de los 90. En esta misma década

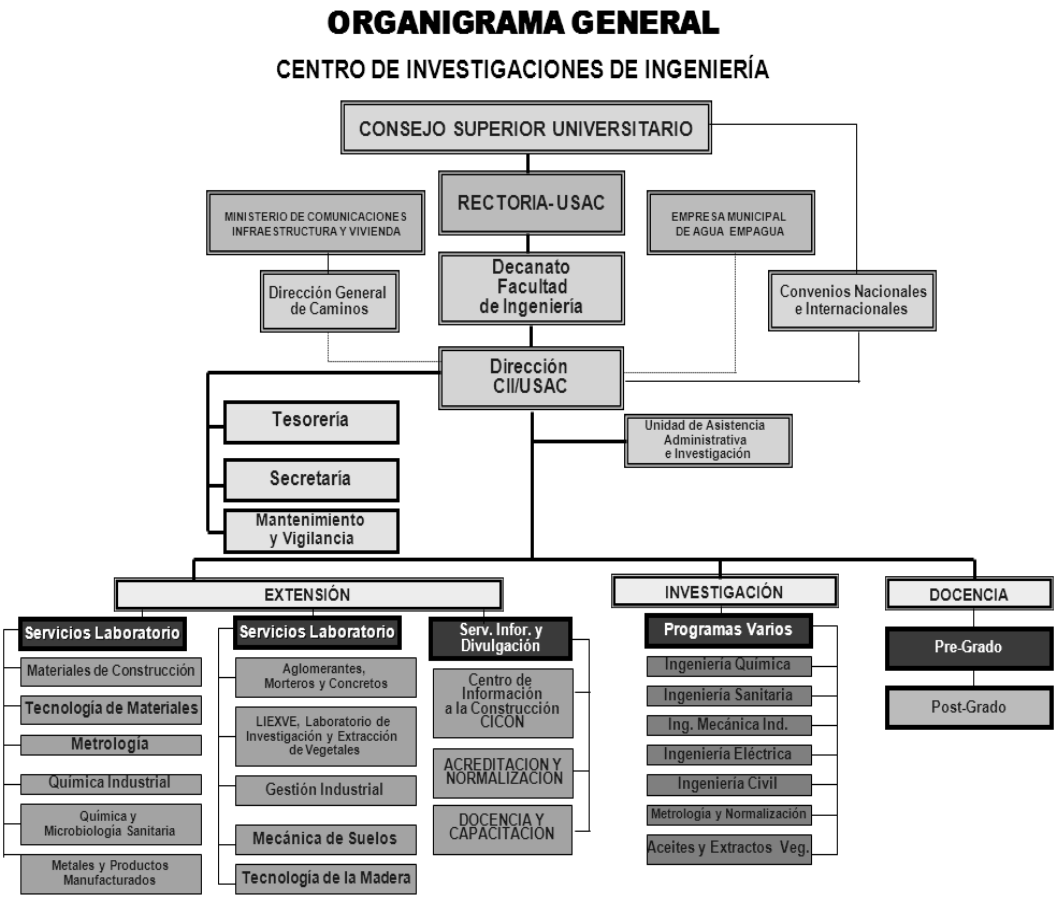
se dio impulso al laboratorio de Metrología Eléctrica, cuya formación data de muchos años y se consideró la ampliación del laboratorio de Metrología Industrial. En 1999 se incrementó notablemente la participación del CII en los programas de investigación que se encuentran vigentes en el país, así como la vinculación internacional.

Actualmente el CII cuenta con cinco nuevas secciones debido a la necesidades del mercado en el campo de la Ingeniería: la sección de ecomateriales creada en el 2006, la gestión de la calidad fundada en el 2009, la planta piloto de extracción de biodiésel adherida al laboratorio de investigación de extractos vegetales LIEXVE y la sección de tecnología de la madera y sección de topografía y catastro, adheridas al CII en el 2010 y 2011 consecuentemente.

1.4. Organización del Centro de Investigaciones de Ingeniería

La organización del Centro de Investigaciones de Ingeniería se muestra en la representación vertical de la figura 1.

Figura 1. **Organigrama del centro de Investigaciones de Ingeniería**



Fuente: http://cii.ingenieria.usac.edu.gt/ Consulta: noviembre de 2013.

1.5. Misión y visión del Centro de Investigaciones de Ingeniería

El Centro de Investigaciones de Ingeniería, desarrolla y promueve la investigación científica y tecnología para la resolución de problemas de las diferentes áreas de ingeniería. Su misión y visión se muestran a continuación.

1.5.1. Visión

"Desarrollar investigación científica como el instrumento para la resolución de problemas de diferentes campos de la ingeniería, orientada a la optimización de los recursos del país y a dar respuesta a los problemas nacionales; contribuir al desarrollo de la prestación de servicios de ingeniería de alta calidad científico-tecnológica para todos los sectores de la sociedad guatemalteca; colaborar en la formación profesional de ingenieros y técnicos; propiciar la comunicación con otras entidades que realizan actividades afines, dentro y fuera de la República de Guatemala, dentro del marco definido por la Universidad de San Carlos de Guatemala. Mantener un liderazgo en todas las áreas de ingeniería a nivel nacional y regional centroamericano, en materia de investigación, análisis y ensayos de control de calidad, expertaje, asesoría técnica y consultoría, formación de recurso humano, procesamiento y divulgación de información técnica y documental, análisis, elaboración y aplicación de normas". (CII, 2014).

1.5.2. Misión

"Investigar alternativas de solución científica y tecnológica para la resolución de la problemática científico-tecnológica del país en las áreas de ingeniería, que estén orientadas a dar respuesta a los problemas nacionales; realizar análisis y ensayos de caracterización y control de calidad de materiales, estructuras y productos terminados de diversa índole; desarrollar programas docentes orientados a la formación de profesionales, técnicos de laboratorio y operarios calificados; realizar inspecciones, evaluaciones, expertajes y prestar servicios de asesoría técnica y consultoría en áreas de la ingeniería; actualizar, procesar y divulgar información técnica y documental en las materias relacionadas con la ingeniería" (CII, 2014).

1.6. Fundamento teórico

Para diseñar un sistema de producción de cualquier producto o servicio es necesario aplicar los conocimientos sobre planeación de procesos industriales, métodos de distribución y análisis de operaciones.

1.6.1. Ingeniería de plantas

Es el segmento de ingeniería industrial en donde se diseña o rediseña la estructura física de los edificios industriales con base en la planeación de los procesos y factores industriales necesarios para obtener un producto terminado.

1.6.1.1. Planeación de procesos

Un proceso es un conjunto de operaciones relacionadas y estructuradas, que al interactuar por medio de actos, acciones o sucesos, completan un fin específico. En la manufactura e industria, un proceso de fabricación trasforma los elementos de entrada y le agrega valor a este para producir una salida. La planeación de procesos describe lo que se fabrica y dónde se fabricará, analiza las actividades fundamentales y determina una secuencia óptima de fabricación.

Para estudiar el diseño de un proceso se debe seguir una serie de pasos que son: determinar los medios y recursos necesarios, analizar la información disponible, analizar los productos que se quieren producir, definir las actividades fundamentales, determinar la importancia de la relación entre las actividades, definir el orden de las operaciones de proceso, analizar los flujos y calcular los balances de materia y energía, analizar las ventajas y desventajas

de las posibles opciones, determinar la influencia de cada opción sobre la inversión y los consumos, ordenación de las opciones según prioridades decrecientes y seleccionar el proceso.

1.6.1.2. Distribución de planta

La distribución de planta implica el arreglo de los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, equipos industriales y servicios, con el fin de integrar todos los factores que afecten la distribución. Luego de realizar la planeación del proceso se obtiene la secuencia de fabricación para determinar el tipo de distribución para dicho proceso.

1.6.1.2.1. Distribución para flujo intermitente o por proceso

Este tipo de distribución se utiliza cuando se producen productos similares por varios departamentos, de los cuales cada uno está dedicado a una o a muy pocas tareas. Por eso es que cada producto a procesar fluye a través de algunos departamentos y evita otros. Una de las mejores ventajas es la capacidad de adaptarse a gran variedad de productos fabricados con máquinas del tipo general o uso múltiple Los criterios para tomar decisiones acerca de la distribución se basan en el hecho de minimizar costos en el manejo de materiales, disminuir las distancias entre clientes del proceso y reducir tiempos de transporte.

Entre las restricciones más frecuentes para la distribución se encuentran el espacio físico, la ubicación fija de determinados departamentos (centros de trabajo), restricciones de seguridad o algunas otras. Para la distribución de este tipo se utilizan técnicas de distribuciones parciales, por medio de diagramas de

circulación para establecer una orientación en la distribución más adecuada, tablas triangulares y listas de comprobación de movimientos de fabricación.

1.6.1.2.2. Distribución para flujo lineal o por producto

Este tipo de distribución es comúnmente conocido como fabricación continua. Son considerados ideales para una producción de costo unitario bajo, debido a los grandes volúmenes de producción. Está totalmente en línea y el flujo va hacia adelante, por lo que hay menos material en transporte y pocos inconvenientes. El centro de producción es muy simplificado. Cada línea de producción debe alcanzar un delicado equilibrio entre las operaciones. Las tareas para los obreros son simples y muy repetitivas. Una de las desventajas de este tipo de distribución es el sistema de producción, ya que no es flexible y el costo de las máquinas y equipo es elevado.

1.6.1.2.3. Distribución para proyectos o de posición fija

Esta distribución se da cuando el equipo, herramientas y materiales se llevan al lugar donde se ensambla el producto. Es generalmente mucho menos eficiente debido a que los obreros pierden mucho tiempo en localizar las herramientas. El trasporte de materiales es difícil de controlar.

1.6.2. Ingeniería de métodos

Es la parte de ingeniería de la producción que se dedica al estudio del trabajo con el fin de aumentar la productividad del sistema productivo de un bien o servicio por unidad de tiempo, por medio del diseño, formulación y

selección de los mejores métodos, procesos, herramientas, equipos diversos y especialidades necesarias para manufacturar un producto.

Uno de los objetivos de la ingeniería de métodos es reducir el costo por unidad del bien o servicio objeto de estudio, pero para esto deberá hacerse un análisis en dos etapas de la historia de un producto. Inicialmente se deberán idear y preparar los centros de trabajo donde se fabricará el producto.

Durante cualquier proceso en donde intervenga el hombre, se trata de ser lo más eficiente. Es por eso que este estudio del trabajo presenta varias técnicas para aumentar la productividad.

Se entiende por estudio del trabajo, ciertas técnicas, y en particular el estudio de métodos y la medición del trabajo. Llevan sistemáticamente a investigar todos los factores que influyen en la eficiencia y economía de la situación estudiada, con el fin de efectuar mejoras.

El estudio de trabajo se divide en dos ramas:

- Estudio de tiempos: se define como un análisis científico y minucioso de los métodos y aparatos utilizados para realizar un trabajo. El desarrollo de los detalles prácticos de la mejor manera de hacerlo y la determinación del tiempo necesario.

- Estudio de movimientos: consiste en dividir el trabajo en los elementos más fundamentales posibles estudiar estos independientemente y en sus relaciones mutuas. Una vez conocidos los tiempos que absorben, se debe crear métodos que disminuyan al mínimo el desperdicio de mano de obra.

El diseño del lugar de trabajo, las herramientas, el equipo y entorno de manera que se ajusten al operario se llama ergonomía. En lugar de dedicar un gran espacio a los fundamentos teóricos de fisiología, capacidades y limitaciones del ser humano. También se dice que es la investigación de las capacidades físicas y mentales del ser humano y aplicación de los conocimientos obtenidos en productos, equipos y entornos artificiales.

La aplicación de la ergonomía puede llevar a productos más seguros o fáciles de usar, como vehículos o electrodomésticos. Las condiciones de trabajo juegan un papel primordial en el desempeño de las actividades que realiza el trabajador. Debido a que estas influyen tanto psicológica como físicamente, pueden poner en peligro su integridad.

Las operaciones sumamente mecanizadas, la aceleración del ritmo de las máquinas, la densidad de la maquinaria en el lugar de trabajo, y hasta hace poco tiempo, la falta de conocimiento detallado sobre las molestias y riesgos debidos al ruido, han sido causa de que en muchas fábricas los trabajadores hayan estado expuestos a niveles de ruido que actualmente se consideran excesivos.

La deficiencia en el alumbrado es responsable del 10 al 15 % de la energía nerviosa total gastada en el trabajo. Además, se calcula que el 80 % de la información requerida para ejecutar un trabajo se adquiere por la vista.

Los músculos del ojo se cansan fácilmente si se les obliga a dilatarse y contraerse con demasiada frecuencia, como sucede cuando hay que realizar la labor con el alumbrado producido por las luces locales muy potentes. El alumbrado general es conveniente porque disminuye la fatiga visual, la irritación

mental y la inseguridad en los movimientos. Por otra parte, contribuye a hacer más agradable el medio en que se trabaja.

Deben instalarse cubiertas regulables en todas las ventanas en las que dé el sol, con el fin de evitar el calor excesivo y deslumbramiento. Se han establecido estándares de la intensidad de la iluminación artificial para todas las clases de trabajo y a estos habrá que atenerse si se desea obtener la producción máxima.

1.6.2.1. Análisis de la operación

El análisis de la operación es un segmento de la ingeniería de métodos que involucra el análisis de todos los elementos productivos y no productivos de una operación, con el fin de su mejoramiento. El análisis de la operación tiene aplicación tanto en la creación de nuevos centros de trabajo, como en la mejora de los ya existentes.

Como un primer paso para este análisis está la formulación de preguntas acerca de todos los aspectos operacionales en una cierta estación de trabajo, en otras estaciones dependientes de esta y del diseño del producto, para proyectar un centro de trabajo más eficiente.

Un segundo paso consiste en la presentación de los hechos del método actual en forma de diagrama de operaciones, en los cuales deberán investigarse los enfoques del análisis de la operación, los cuales son: la finalidad de la operación, el diseño de la pieza, las tolerancias y especificaciones, los materiales, el proceso de manufactura, la preparación, las condiciones de trabajo, el manejo de materiales, distribución del equipo en planta y el principio de la economía de movimientos.

El tercer paso y final consiste en revisar secuencialmente cada elemento y analizarlo de manera individual o en conjunto, para lo cual se ha de tener en mente un enfoque claro y específico hacia el mejoramiento, para determinar si existen posibilidades de hacer más eficientes esos elementos.

1.6.2.2. Diagrama de operaciones

Es una representación gráfica de los pasos que se siguen en toda una secuencia de actividades, dentro de un proceso o un procedimiento, identificándolos mediante símbolos de acuerdo con su naturaleza. Incluye además toda la información que se considera necesaria para el análisis, tal como distancias recorridas, cantidad considerada y tiempo requerido.

1.6.2.2.1. Diagrama de operaciones del proceso

Es una representación gráfica de los puntos en los que se introducen materiales en el proceso y del orden de las inspecciones y de todas las operaciones, excepto las incluidas en la manipulación de los materiales. Ademas, puede comprender cualquier otra información que se considere necesaria para el análisis, por ejemplo: el tiempo requerido, la situación de cada paso o si sirven los ciclos de fabricación.

Los objetivos del diagrama de las operaciones del proceso son dar una imagen clara de toda la secuencia de los acontecimientos del proceso y estudiar las fases del proceso en forma sistemática, con el fin de disminuir las demoras, comparar dos métodos y estudiar las operaciones, para eliminar el tiempo improductivo. Finalmente, estudiar las operaciones y las inspecciones en relación unas con otras, dentro de un mismo proceso.

1.6.2.2.2. Diagrama de flujo del proceso

Se aplica sobre todo al componente de un ensamble o sistema para lograr la mayor economía en la fabricación, o en los procedimientos aplicables a un componente o a una sucesión de trabajos en particular. Este diagrama de flujo es especialmente útil para poner de manifiesto costos ocultos como distancias recorridas, retrasos y almacenamientos temporales. Una vez expuestos estos periodos no productivos, el analista puede proceder a su mejoramiento.

En él se utilizan otros símbolos, además de los de operación e inspección empleados en el diagrama de operaciones. Además, de registrar las operaciones y las inspecciones, el diagrama de flujo de proceso muestra todos los traslados y retrasos de almacenamiento con los que tropieza un artículo en su recorrido por la planta.

1.6.2.2.3. Diagrama de recorrido

El diagrama de recorrido de actividades se efectúa sobre un plano donde se sitúan las máquinas a escala. En él se traza una línea que indique la secuencia que seguirá el producto. Este diagrama se complementa con el anterior y permite lograr una mejor distribución en planta, al ahorrar distancias y por tanto, tiempo.

El diagrama de recorrido del proceso permite visualizar una mejor distribución de planta, agilizando las operaciones en donde exista congestionamiento de tránsito o falta de espacio físico.

Las principales operaciones de este diagrama son:

- Operación: se dice que hay una operación cuando se modifica de forma intencionada cualquiera de las características físicas o químicas de un objeto, como taladrar, cortar, esmerilar, etc. También hay actividades que no modifican las características físicas o químicas de un objeto, como escribir, colocar, sujetar, leer, etc.

- Inspección: se dice que hay una inspección cuando un objeto es examinado para fines de identificación o para comprobar la cantidad o calidad de cualquiera de sus propiedades.

- Operación–inspección: se dice que hay una operación–inspección cuando a un objeto se le hace una operación y se inspecciona al mismo tiempo, para verificar sus dimensiones o comprobar algo como: pesar, medir, etc., utilizando una herramienta de ajuste o comprobación.

- Traslado o transporte: ocurre cuando un objeto es llevado de un lugar a otro, salvo cuando el traslado es parte de la operación, o sea efectuado por los operarios en su lugar de trabajo, en el curso de una operación o inspección.

- Demora: hay espera o demora en relación con un objeto cuando las condiciones, (salvo las que modifiquen intencionalmente las características físicas o químicas del objeto), no permitan o requieran de la ejecución de la acción siguiente prevista. A la demora también se le denomina almacenamiento temporal.

- Almacenamiento: existe almacenamiento cuando un objeto es guardado y protegido contra el traslado no autorizado del mismo.

2. SITUACIÓN ACTUAL

2.1. La industria de reciclado de plásticos en Guatemala

En Guatemala, la demanda del plástico tipo PET ha crecido en los últimos años debido a la generación de plantas industriales de reciclaje y a la rentabilidad que se puede obtener de la compra-venta de plásticos, siendo el PET el más codiciado para la producción de poliéster y resinas para nuevas botellas.

2.1.1. Situación actual de reciclado

En Guatemala, el reciclado de materiales es una manera formal e informal de negocio. El guatemalteco no tiene una responsabilidad ambientalista, ya que la compra-venta de desechos sólidos reciclables le genera utilidades por sus propios medios.

Grandes industrias dedicadas al reciclaje de acero, plástico y papel han invertido en plantas que utilizan alta tecnología para la regeneración de materiales utilizados en el mercado guatemalteco y en la exportación hacia otros países como materias primas. La compra de productos reciclables de plástico en las plantas industriales son: PET polietileno tereftalato, HDPE polietileno de alta densidad, LDPE polietileno de baja densidad, PP polipropileno y PC policarbonato. La compra venta de plástico tipo PET ha generado trabajo en los últimos años, para muchas personas dedicadas a recolectar, quienes luego llevan lo recolectado centros de acopio o plantas industriales.

Actualmente el sistema de recolección de PET se produce por los desperdicios en las fábricas y en mayor parte en sistemas informales en centros de acopio.

2.1.2. Sistema de recolección PET

Las etapas de recolección de PET se dividen en: la recuperación de residuos, el procesamiento intermedio, almacenamiento, trasporte y procesamiento final. La primera etapa consiste básicamente en las personas que llevan a cabo la recuperación de materiales aprovechables de los residuos, para venderlos a centros de acopio o plantas industriales de reciclado, con esto las personas dedicadas a este tipo de negocios obtienen una determinada utilidad por unidad.

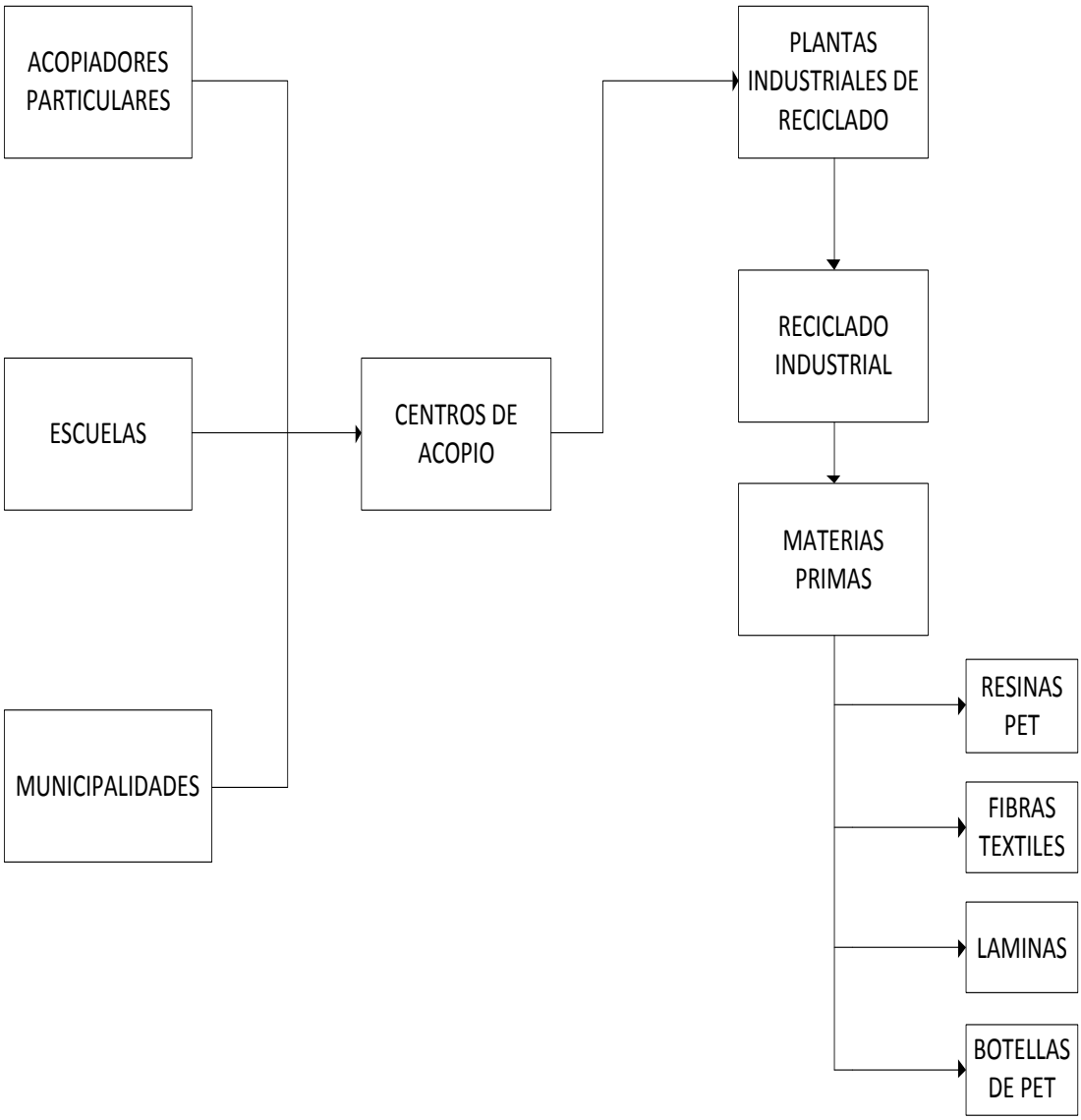
El procesamiento intermedio consiste en la separación por cada tipo de plástico, de los cuales vienen revueltos, la limpieza, la compactación para que ocupe menos espacio y finalmente la trituración para el tipo de plástico PET.

El almacenamiento se realiza en los mismos centros de acopio, dependiendo su capacidad. En Guatemala, uno de los centros de acopio más grandes es el de Reciclados de Centroamérica, dedicado a la compra-venta de materiales reciclados.

Finalmente, en el procesamiento final se preparan los materiales reciclados los cuales deben cumplir con ciertas especificaciones que se requieren para el proceso, para convertirlos en diversos tipos de materias primas como fibras textiles, resinas, láminas y botellas. Con la situación actual del país muchas personas se ven obligadas a trabajar en la recuperación de

plásticos para su compra-venta y así poder obtener una utilidad por sus propios medios.

Figura 2. **Recolección y distribución del reciclaje de PET en Guatemala**



Fuente: elaboración propia.

2.1.3. Situación actual de leyes sobre reciclado

Actualmente en Guatemala no existen iniciativas de instituciones gubernamentales que incentiven la industrial del reciclaje, ni existen impuestos a las empresas que producen envases plásticos. Solamente se dan los incentivos para el que recicla, ya que el reciclaje se ha convertido en un negocio de compra-venta .

En Guatemala existe una política nacional para el manejo integral de los residuos y desechos sólidos, establecido en el Acuerdo Gubernativo 111-2005; en el cual el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, apoyado por comisiones nacionales para el manejo de desechos sólidos. Tiene el objetivo de involucrar a todos los entes de la sociedad guatemalteca, haciendo conciencia del manejo integrado de los desechos y residuos sólidos urbanos.

"En la industria del reciclaje existen actualmente 150 operadoras, de las cuales solo 20 tienen autorización del MARN para operar"[4]. Debido al aumento de las industrias del reciclaje y los principios de conservación del medio ambiente, el MARN tiene el principal reto de la promulgación de una ley que tenga como fin establecer normas básicas para la industrialización de desechos

.

2.2. Proceso de fabricación de blocks convencionales

- Selección y almacenamiento de materiales: debe buscarse fuentes o proveedores que aseguren un suministro constante en volumen y procedencia de los materiales, para garantizar la uniformidad de la mezcla y como consecuencia la de los bloques.

[4] www.cerigua.org Consulta: 8 de junio de 2013.

- Dosificación de la mezcla: en el proceso debe contarse con una báscula para pesar adecuadamente los materiales. La medida debe hacerse correcta y uniformemente.

- Elaboración de la mezcla: se utiliza una mezcladora especial para concreto con la siguiente secuencia, colocar el agregado grueso y las tres cuartas partes del agua a utilizar en la mezcladora y mezclarlo por treinta segundos. Luego adicionar el cemento, para finalmente agregar el resto de agua y arena para completar la mezcla.

- Elaboración de bloques: primero se revisa que el molde esté en buen estado y limpio. Luego se coloca la tolva alimentadora y se llena. Se aplica la vibración al molde por un promedio de tres segundos para acomodar la mezcla. Si se deja mucho tiempo puede producirse segregación de los agregados. Se vuelve a llenar el molde hasta el ras y se quitan los excesos con la tabla o bandeja, se puede recubrir con aceite quemado o polvillo selecto para evitar que los bloques se peguen a ella. Se voltea el molde, de modo que la tabla o bandeja quede debajo, y se bajan los martillos compactadores antes de aplicar la vibración para que la mezcla se compacte suficiente.

- Fraguado de los bloques: los bloques recién fabricados deben permanecer quietos en un lugar que les garantice protección del sol y del viento, con la finalidad de que puedan fraguar sin secarse. Las tablas deben colocarse en el piso o estanterías y dejarse fraguar hasta que lleguen a una resistencia suficiente para ser manipulados

- Curado de los bloques: el curado consiste en mantener los bloques, durante los primeros siete días por lo menos, en condiciones de

humedad y temperatura de 17 grados centígrados, necesarios para que se desarrolle la resistencia y otras propiedades deseadas. Una manera de curarlos es rociarlos con manguera, de manera que no se sequen en ningún momento. Otra forma de curarlos es recubrirlos con brines o mantas de algodón mojadas permanentemente, o con láminas de plástico que formen un ambiente hermético que evite la pérdida de humedad por evaporación. La cobertura con plásticos negros y exposición al sol, acelera el desarrollo de resistencia siempre que los bloques se mantengan húmedos.

2.2.1. Materiales utilizados

- Cemento: es un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecer al contacto con el agua. Mezclado con agregados pétreos y agua, crea una mezcla uniforme, maleable y plástica que fragua y se endurece, adquiriendo consistencia pétrea, denominada hormigón o concreto.

- Piedra pómez: es una roca ígnea volcánica vítrea, con baja densidad y muy porosa, de color blanco o gris. Se usa como un abrasivo, especialmente en limpiacristales, gomas de borrar, cosméticos exfoliantes, y la producción de *jeans* gastados. Se utiliza a menudo en los salones de belleza durante el proceso de pedicura para quitar el exceso de piel de la parte inferior del pie, así también como las durezas. Molida, se añade a algunos dentífricos y para la limpieza de manos, como un leve abrasivo.

La piedra pómez triturada, se puede utilizar para la fabricación de morteros u hormigones de áridos ligeros, destinados a mejorar las condiciones térmicas y acústicas. Debido a su alta dureza se utiliza frecuentemente como abrasivo en los tratamientos superficiales de las rocas.

- Caliza: tipo común de roca sedimentaria, ampliamente difundida, compuesta en su totalidad o en su mayor parte por calcita. Se caracteriza por la efervescencia, en frío, al contacto con un ácido. Se distinguen las calizas propiamente dichas y las rocas dolomíticas, que contienen una cantidad notable de carbonato doble de calcio y de magnesio.

- Las calizas detítricas: constituidas por derrubios de calizas destruidas por la erosión, son coherentes cuando los elementos que las constituyen se hallan cementados. La caliza cristalina metamórfica se conoce como mármol, y es inicio de metamorfismo que origina una cristalización completa.

- Dolomita: mineral común que se suele encontrar en masas rocosas, como calizas dolomíticas, y a veces en vetas. Cristaliza en el sistema hexagonal. En general es incolora, blanca o rosa, pero puede ser de color castaño, negra o verde, en función de las impurezas presentes. Cuando se trata con ácido sulfúrico, se obtiene sulfato de calcio y sulfato de magnesio. Entre sus variedades están los feldespatos amargo y de perla. Se suele usar el término dolomita para cualquier roca característica, cuyo componente principal sea dolomita masiva o por alguna combinación de carbonatos de magnesio y de calcio.

2.2.2. Proceso de fabricación

Los bloques se fabrican vertiendo una mezcla de cemento, arena y agregados pétreos en moldes metálicos, donde sufren un proceso de vibrado para compactar el material. Después de que la mezcla de concreto está hecha se traslada a la máquina productora de los bloques, popularmente conocida como bloquera, donde se vacía en moldes consistentes en un marco/chasís con forros, placas de separación o divisorias.

Algunos moldes pueden ser costosos. Es habitual el uso de aditivos en la mezcla para modificar sus propiedades de resistencia, textura o color.

Algunas máquinas bloqueras usan moldes capaces de producir hasta seis bloques tamaño estándar 20 x 20 x 40 cm por ciclo. Según la medida y el tipo de equipo pueden elaborarse más de 3,240 bloques de 20 x 20 x 40 cm cada hora.

2.3. Industria de la construcción en Guatemala

En Guatemala, la industria de la construcción y manufactura conforman un quinto del producto interno bruto, por lo que la industria de la construcción tiene demanda en crecimiento.

2.3.1. Empresas guatemaltecas dedicadas a la fabricación de blocks

En Guatemala existen varias clases de block, la mayoría de ellos de concreto y piedra pómez. Estas mezclas son realizadas con cemento, agregados y agua para la construcción de paredes o muros en sistemas

mampostería y albañilería. La mayoría de empresas bloqueras que existen en Guatemala no están industrializadas, ya que no cuentan con procesos automatizados. La mezcla es realizada a mano por un operario utilizando una pala.

Este tipo de empresa bloquera utiliza máquinas de volteo que funcionan por medio de un motor eléctrico que hace vibrar el molde para producir el block. Para el proceso de curado es manipulado manualmente por los trabajadores, siendo un trabajo bastante pesado. Existen otras empresas bloqueras industrializadas que producen block de concreto, piedra pómez, losas y paredes prefabricadas con procesos semiautomáticos, en los que incluyen bandas transportadoras para la manipulación de la mezcla y mezcladoras horizontales.

2.4. Blocks convencionales en Guatemala

Los blocks convencionales en Guatemala son fabricados en la mayoría de fábricas con la dosificación de arena blanca y cemento, en una proporción de 10 % de cemento y 90 % de arena blanca. La producción de este tipo de block es muy común en la ciudad capital, esto se debe a la demanda de vivienda que existe en el país, por lo que la demanda de materiales de construcción aumenta proporcionalmente.

2.4.1. Características

El block de concreto es utilizado en diferentes situaciones y del mismo modo para diferentes funciones como construcción de residencias, edificios comerciales e industrias, en edificaciones agrícolas, escuelas, hospitales, y de diversas maneras más.

El block de concreto es un material de construcción excelente para cualquier condición climática. Se puede utilizar para todo tipo de pared exterior o interior, de fundición, paredes interiores y paredes contra incendios, etc.

2.4.2. Precios

Se realizó una investigación de campo para determinar el precio promedio del block de 15 y de 10. Se obtuvo la información que se presenta en la siguiente tabla. Precios en quetzales.

Tabla VI. **Precio promedio de block de 15 y de 10 en quetzales**

	Precio (15x20x40)	Precio (10x20x40)	Precio (U)
Bloquera 1	2,65	2,65	2,70
Bloquera 2	2,80	2,80	2,95
Bloquera 3	3,00	2,50	2,50
Precio Promedio	2,82	2,65	2,72

Fuente: elaboración propia.

3. PROPUESTA DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN

3.1. Diseño de blocks con base a polietileno tereftalato

Para diseñar el block ecológico se elaboraron varias proporciones de materiales para determinar la mejor mezcla en cuanto a resistencia a compresión y acabado. El block ecológico debe ser similar al block de cemento estándar para que pueda ser vendido en el mercado de la construcción.

3.1.1. Materias primas

En el diseño de los blocks ecológicos se utilizaron varias proporciones de materiales de cemento, arena blanca y PET triturado.

Tabla VII. **Dosificación de mezclas para el diseño de blocks**

Materiales	Mezcla 1	Mezcla 2	Mezcla 3
Cemento	10 %	10 %	10 %
Arena blanca	80 %	85 %	70 %
PET triturado	10 %	5 %	20 %

Fuente: elaboración propia.

Figura 3. **Arena blanca**

Fuente: bloquera San José las Rosas.

Figura 4. **Tamaño de PET triturado**

Fuente: bloquera San José las Rosas.

Figura 5. **Mezcla de arena blanca, cemento y PET triturado**

Fuente: bloquera San José las Rosas.

Figura 6. **Cemento utilizado en la mezcla**

Fuente: bloquera San José las Rosas.

3.1.2. Procedimiento para la elaboración del block ecológico

Se seleccionan y preparan los plásticos a base de polietileno tereftalato y se trasladan al área de triturado. Se tritura el plástico hasta alcanzar la medida deseada, luego es trasladado para la dosificación y elaboración de la mezcla.

Para la dosificación de mezcla se pesan los materiales de cemento arena y plástico triturado en la báscula, para alcanzar las propiedades deseadas en el block.

Se trasladan los materiales al área de mezclado. Mediante una mezcladora horizontal se agrega arena, una tercera parte de la capacidad de la mezcladora, luego se añade cemento y agua durante 30 segundos. En este tiempo se adicionan los aditivos como el polietileno tereftalato triturado. Este proceso se mantiene constante hasta que la mezcla sea homogénea. Por último se agrega agua para obtener la humedad deseada.

Para la elaboración del bloque se traslada la mezcla al área de prensado, se revisa que el molde esté totalmente limpio. Se llena la tolva de la máquina bloquera. Esta por medio de vibración acomoda la mezcla en el molde. Se llena el molde y se remueven los excesos. Se compacta el molde y se retiran los bloques por medio de una bandeja o tabla.

Los blocks ecológicos son trasladados con una carretilla al área de fraguado y curado, donde se mantienen en constante humedad para alcanzar su resistencia deseada durante al menos 10 días.

3.1.3. Resultados de ensayos

Los blocks a ensayar se elaboraron el 29 de agosto de 2013, para poder realizar los ensayos se necesita esperar 28 días mínimos.

3.1.3.1. Caracterización mecánica del block ecológico

Esta caracterización mecánica consiste en realizar ensayos de compresión para determinar el esfuerzo neto y bruto.

Figura 7. **Elaboración de la mezcla 1 a**

Fuente: bloquera San José las Rosas.

Figura 8. **Mezcla 1**

Fuente: bloquera San José las Rosas.

Figura 9. **Elaboración de block con mezcla 1**

Fuente: bloquera San José las Rosas.

Figura 10. **Block con mezcla 1**

Fuente: bloquera San José las Rosas.

Figura 11. **Elaboración de la mezcla 2**

Fuente: bloquera San José las Rosas.

Figura 12. **Elaboración de block con mezcla 2**

Fuente: bloquera San José las Rosas.

Figura 13. **Prensado de block con mezcla 2**

Fuente: bloquera San José las Rosas.

Figura 14. **Block con mezcla 2 a**

Fuente: bloquera San José las Rosas.

Figura 15. **Block con mezcla 2 b**

Fuente: bloquera San José las Rosas.

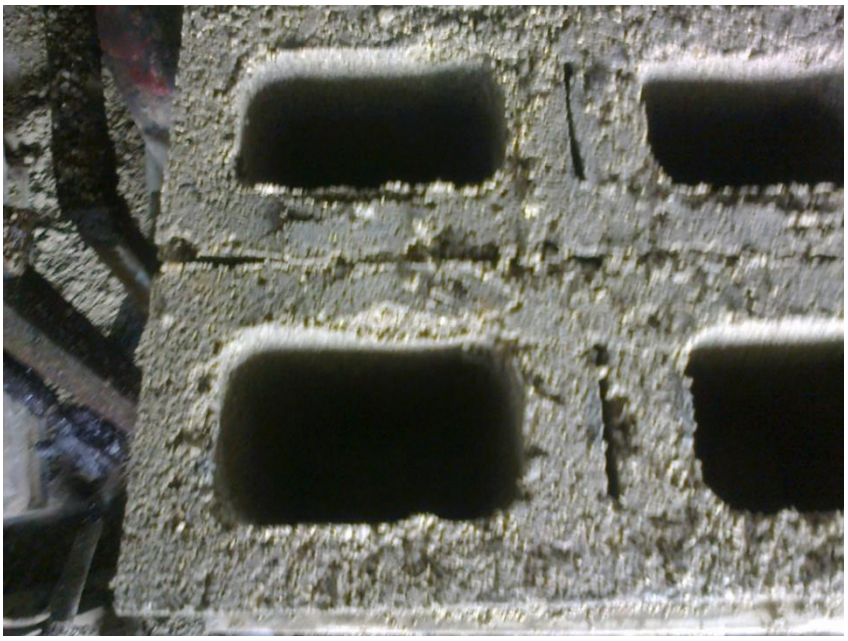
Figura 16. **Elaboración de mezcla 3**

Fuente: bloquera San José las Rosas.

Figura 17. **Block con mezcla 3**

Fuente: bloquera San José las Rosas.

Figura 18. **Block con mezcla 3 desportillado**



Fuente: bloquera San José las Rosas.

El ensayo con los blocks ecológicos se realizò en la sección de metales en el Centro de Investigaciones de Ingeniería –CII-USAC, según la norma COGUANOR NGO-41054. Se realizaron 8 ensayos:

- 2 ensayos con la mezcla 1
- 2 ensayos con la mezcla 2
- 2 ensayos con la mezcla 3
- 2 ensayos de block estándar

Los blocks antes de ensayar fueron enumerados de 1 a 8 para identificar cada una de las mezclas y los blocks estándares

Tabla VIII. **Blocks identificados para el ensayo**

No	Mezcla	% PET
1	Estándar	0 %
2	Estándar	0 %
3	Mezcla 2	5 %
4	Mezcla 2	5 %
5	Mezcla 1	10 %
6	Mezcla 1	10 %
7	Mezcla 3	20 %
8	Mezcla 3	20 %

Fuente: elaboración propia.

Figura 19. **Blocks identificados para el ensayo**

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Al block Núm. 7, debido a que estaba desportillado y presentaba varias fisuras no se le realizó el ensayo a compresión ni peso sumergido.

Figura 20. **Block Núm. 7 desportillado**

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

El ensayo de compresión se realizó el 26 de septiembre de 2013 a los 29 días de elaborados los blocks. Se utilizó la máquina para compresión de block del CII de la USAC. De carga máxima 800,000 lb; escalas 75,000 lb y 300,000 lb; precisión 250 lb y 2000 lb.

El ensayo de compresión de los blocks se realizó después de sacar el peso seco de cada uno, luego de pasar 24 horas en el horno de convección forzada.

Figura 21. **Máquina para compresión**

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Figura 22. **Unidades de medida de la máquina para compresión**

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Figura 23. **Ensayo de compresión de block Núm. 1**

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Figura 24. **Ensayo de compresión block Núm. 8**

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Tabla IX. **Resultados de ensayo a compresión**

No	Mezcla	% PET	Esfuerzo neto Kg/cm^2	Esfuerzo bruto Kg/cm^2
1	Estándar	0 %	29,72	20,03
2	Estándar	0 %	26,88	17,70
3	Mezcla 2	5 %	36,04	24,20
4	Mezcla 2	5 %	29,31	19,41
5	Mezcla 1	10 %	10,00	5,99
6	Mezcla 1	10 %	13,56	8,35
7	Mezcla 3	20 %	********	********
8	Mezcla 3	20 %	5,87	3,59

Fuente: ensayo número 483 CII-USAC.

*El block ecológico Núm. 7 no se ensayó debido a que se encontraba desportillado.

3.1.3.2. Caracterización fisicoquímica del block ecológico

Se realizaron las mediciones de largo ancho y alto; el peso natural, peso húmedo y peso sumergido de cada block, con el fin de determinar el porcentaje de humedad.

Se determinó el peso natural en kilogramo de cada block en la balanza electrónica.

Figura 25. **Balanza electrónica CII-USAC**

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Figura 26. **Peso natural de cada block ecológico**

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Se determinó con el metro el largo, ancho y alto en centímetros de cada block.

Figura 27. **Inspección de cada block ecológico**

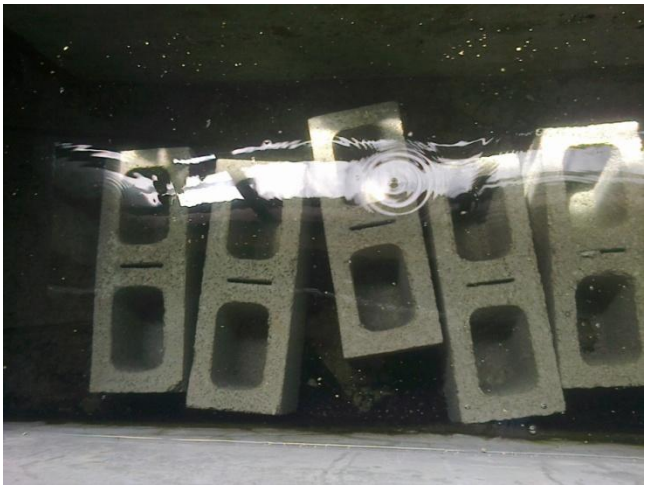
Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Figura 28. **Medición de las dimensiones de cada block ecológico**

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

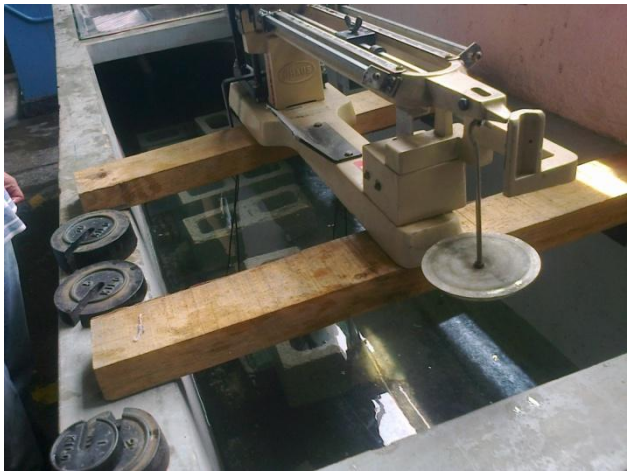
Los blocks se dejaron sumergidos 24 horas y luego mediante una balanza analítica se determinó el peso sumergido sin sacar los blocks de la pila.

Figura 29. **Blocks ecológicos sumergidos en la pila**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Figura 30. **Balanza analítica para determinar el peso sumergido**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Figura 31. **Peso sumergido en la pila**

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Para determinar el peso húmedo, después de sacar los blocks de la pila se pesan en la balanza analítica.

Figura 32. **Blocks ecológicos húmedos**

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Figura 33. **Peso húmedo en la balanza analítica**

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Para determinar el peso seco, los blocks se dejaron en el horno de convección forzada por 24 horas y luego se pesaron en la balanza electrónica.

Figura 34. **Horno de convección forzada a 109 grados centígrados**

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Figura 35. **Horno de convección forzada**

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Figura 36. **Blocks ecológicos en horno de convección forzada**

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Figura 37. **Peso seco mediante la balanza electrónica**

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Tabla X. **Dimensiones de los block ecológicos**

No	Mezcla	% PET	Largo cm	Ancho cm	Altura cm
1	Estándar	0 %	39,50	15,00	19,83
2	Estándar	0 %	39,47	15,00	20,60
3	Mezcla 2	5 %	39,60	14,80	20,20
4	Mezcla 2	5 %	39,70	14,80	20,10
5	Mezcla 1	10 %	39,80	14,80	19,90
6	Mezcla 1	10 %	39,80	14,80	19,80
7	Mezcla 3	20 %	******	*****	*****
8	Mezcla 3	20 %	39,80	15,00	20,40

Fuente: elaboración propia.

*El block ecológico Núm. 7 no se ensayo debido a que se encontraba desportillado.

Tabla XI. **Resultados de peso, densidad y absorción de agua**

No	Mezcla	% PET	Peso kg	Densidad Kg/m^3	Abs %
1	Estándar	0 %	9,445	1011	27,45
2	Estándar	0 %	9,450	1008	26,83
3	Mezcla 2	5 %	8,800	954	30,09
4	Mezcla 2	5 %	8,490	933	31,64
5	Mezcla 1	10 %	7,215	929	30,94
6	Mezcla 1	10 %	7,800	917	36,07
7	Mezcla 3	20 %	******	******	******
8	Mezcla 3	20 %	7,835	879	39,02

Fuente: ensayo número 483 CII-USAC.

*El block ecológico Núm. 7 no se ensayó debido a que se encontraba desportillado.

El diseño del block ecológico final debe tener 5 % de PET triturado, debido a que aumenta su resistencia a compresión y es 0,7 kilogramos más liviano en comparación con los blocks normales. Si se aumenta la cantidad de PET disminuye el peso y su resistencia a compresión. El block Núm. 3 con 5 % de PET resultó ser el más resistente con un esfuerzo neto de 36,04 Kg/cm^2 y esfuerzo bruto de 24,20 Kg/cm^2. La densidad de los blocks disminuye a medida que aumenta la cantidad de plástico triturado. Todos los blocks que fueron ensayados son clasificados por densidad según la norma coguanor NTG 41054 clase C block liviano < 1680 kg/m^3. La absorción de agua en porcentaje

de masa aumenta directamente proporcional a la cantidad de PET triturado, no tiene ninguna clasificación debido a que el valor máximo puede ser 22 % en clase C.

3.2. Disponibilidad de materia prima

La materia prima para la fabricación de blocks ecológicos se pueden encontrar en plantas industriales de reciclaje para el plástico PET, y en ferreterías para los materiales de la mezcla como, cemento, arena y agregados.

3.2.1. Plantas de recolección de residuos de PET en la ciudad capital

- Reciclados de Centro América: es una de las plantas industriales de reciclaje más grandes de la ciudad de Guatemala, dedicada a la compra venta de reciclables, así como los procesos de reciclaje de molienda, peletizado y pulverizado. El kilo de plástico triturado es de $0,25.

- Recipa: empresa dedicada a la compra-venta y exportación de materiales reciclables de cualquier tipo, plásticos, cartón, vidrio y chatarra.

- Reciclemos: empresa dedicada a la compra de chatarra, papel, reciclaje de plásticos, baterías y metales.

- Clapsa de Guatemala: empresa dedicada a la recolección de material a domicilio, papel, cartón, plásticos y periódicos con servicio de embalaje.

3.2.2. Residuos de fábricas embotelladoras

En Guatemala existe una gran variedad de industrias dedicadas a los productos de alimentos y bebidas que utilizan el plástico PET como envase principal para sus productos. La industria de bebidas en Guatemala es una de las más importantes a nivel centroamericano, por ser productor de azúcar, este sector se desarrolla fuertemente. Los residuos de las industrias embotelladoras son utilizados para elaborar la resina de PET para fabricación de envases de bebidas.

3.3. Diseño del proceso de producción

El producto propuesto para ser fabricado dentro de las instalaciones de la planta piloto es el block ecológico que tenga buenas propiedades mecánicas y fisicoquímicas, y que puede ser utilizado como una alternativa para los materiales de construcción. Asimismo, con la fabricación de este tipo de block por medio de un proceso de producción limpia y sostenible, se puede disminuir la contaminación de plásticos y presenta un desarrollo de subproductos elaborados con envases reciclados PET.

Las materias primas, a utilizarse en las distintas etapas de elaboración de los blocks ecológicos son las siguientes

- Arena: es el componente principal de agregados para la fabricación de blocks ecológicos, el tipo de arena a utilizar es arena natural de río o también llamada mina. La arena utilizada en el proceso debe estar limpia y libre de otros materiales, para que así por medio del cemento se obtenga un block sólido.

- Cemento: el cemento a utilizar para la fabricación de blocks debe ser de una alta resistencia inicial, y tener un aumento de resistencias a edades tempranas. Debe ser tipo portland de alta resistencia inicial CFB de cementos progreso ya que cumple con la normativa coguanor NTG-41095.

- Plástico triturado: este tipo de plástico triturado de polietileno tereftalato se utilizará como aditivo en la mezcla para aumentar la resistencia del bloque. El tamaño del polietileno tereftalato triturado debe ser menor de 3 mm. Para llegar a este tamaño es necesario triturar varias veces en la máquina o utilizar la materia prima de molido de PET de plantas recicladoras de la ciudad de Guatemala.

- Agua: utilizada para el proceso de mezcla y rociado de los bloques. Debe ser limpia, libre de materia orgánica, aceites u otras sustancias que afecten la resistencia del bloque.

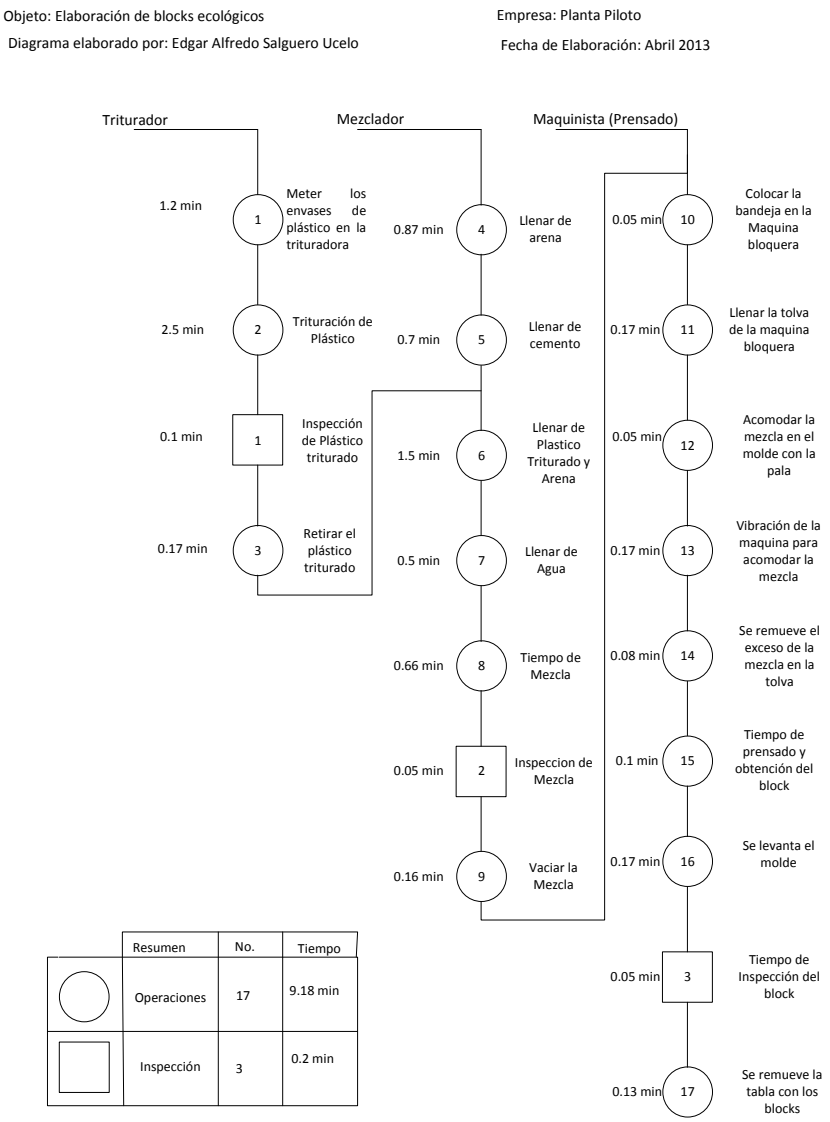
3.3.1. Planeación de los procesos

Las herramientas utilizadas para establecer las secuencia de operaciones necesarias para la elaboración de blocks ecológicos fueron los diagramas de operaciones y de flujo del proceso, ya que estos representan una secuencia lógica y expresa de forma gráfica las operaciones necesarias para la realización de la mezcla y el prensado de los blocks ecológicos. La unidad de medida de las operaciones es el tiempo expresado en minutos. Se describen a continuación los diagramas de proceso.

3.3.2. Diagramas de operaciones

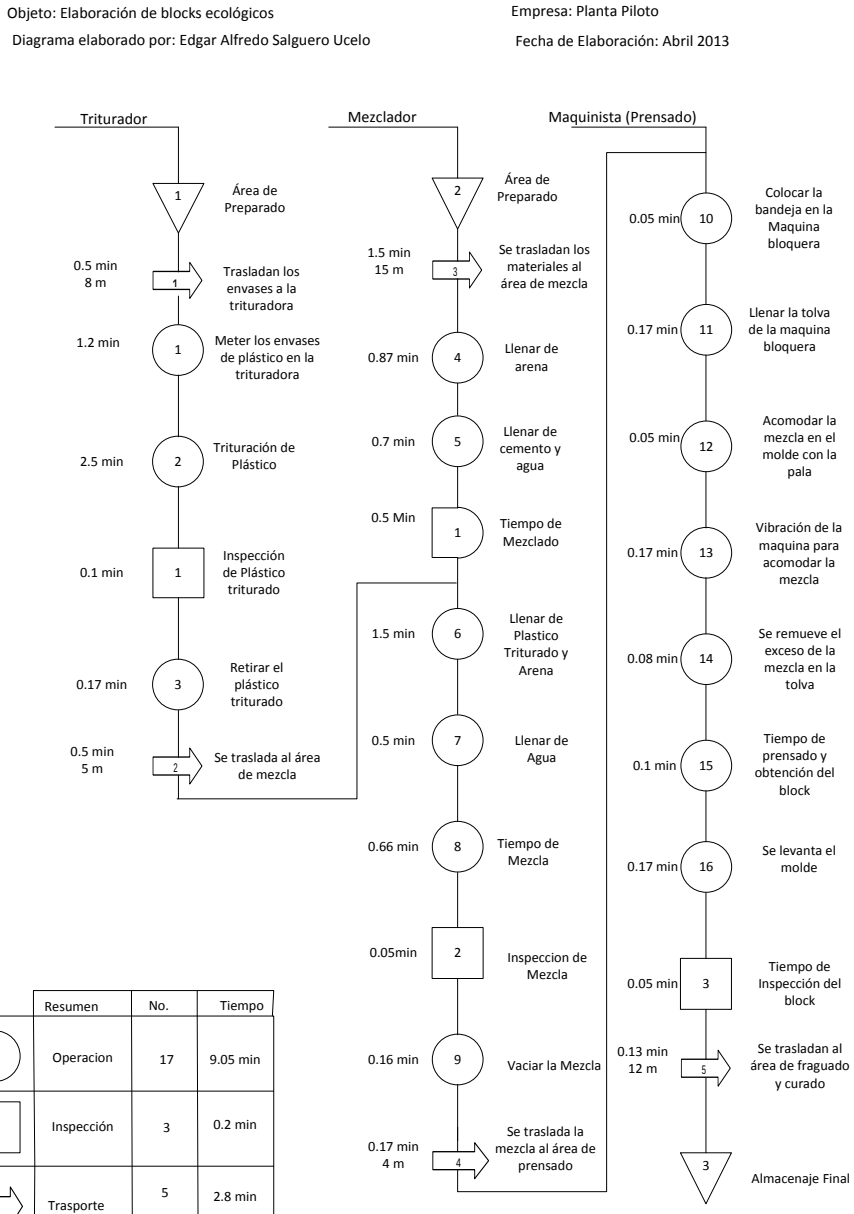
Se muestran en forma gráfica las operaciones de transformación y de flujo de proceso necesarias para la fabricación de blocks ecológicos

Figura 38. **Diagrama de operaciones de proceso**



Fuente: elaboración propia.

Figura 39. **Diagramas de flujo de procesos**



	Resumen	No.	Tiempo
	Operacion	17	9.05 min
	Inspección	3	0.2 min
	Trasporte	5	2.8 min
	Demora	1	0.5 min
	Almacenaje	3	

Fuente: elaboración propia.

3.4. Análisis del flujo del proceso

Para analizar el proceso de producción es necesario evaluar la forma como fluyen las operaciones para tener el producto final terminado; en este caso los blocks ecológicos a base de polietileno tereftalato. En el proceso de producción se lleva a cabo a través de seis espacios diferentes: preparado, triturado, mezclado, prensado, fraguado y curado y por último el almacenado. La materia prima: cemento, arena y plásticos de polietileno tereftalato va directamente al área de preparado. Cada block ecológico es llevado al área de almacenado al final del proceso, esto después de un tiempo de al menos 10 días.

3.4.1. Características del flujo del proceso

El proceso de producción de blocks ecológicos es un proceso lineal ya que tiene un alto nivel de producción. Todo es definido con base a un solo tipo de producto, en este caso, el block ecológico. El tipo de maquinaria utilizado y la cantidad de materia prima están definidos con base en un producto. El proceso tiene una secuencia establecida que inicia en el área de recepción de materias primas en la estación de preparado y termina en el área de almacenamiento.

3.4.2. Equipo de taller: selección de equipo y utensilios

Para llevar a cabo el proceso de producción de blocks ecológicos es necesario que dentro de la planta piloto se disponga de máquinas y utensilios que faciliten la producción continua que se especifica para cada estación de trabajo.

Tabla XII. **Equipo de taller**

Estación	Equipo/utensilio	Unidades	Área requerida
Preparado	Báscula Carretilla de transporte Pala de aluminio	1 2 2	0,5 m^2
Triturado	Máquina trituradora Carretilla de trasporte	1 1	1 m^2
Mezclado	Mezcladora horizontal u hormigonera Carretilla de trasporte Pala de aluminio	1 1 1	1 m^2
Prensado	Máquina bloquera manual de tipo Industrial	1	2,5 m^2
Fraguado/curado	Bomba de agua Sistema de mangueras Atomizador	1	
Almacenamiento	Carretilla de trasporte	1	

Fuente: elaboración propia.

3.4.2.1. Máquina trituradora

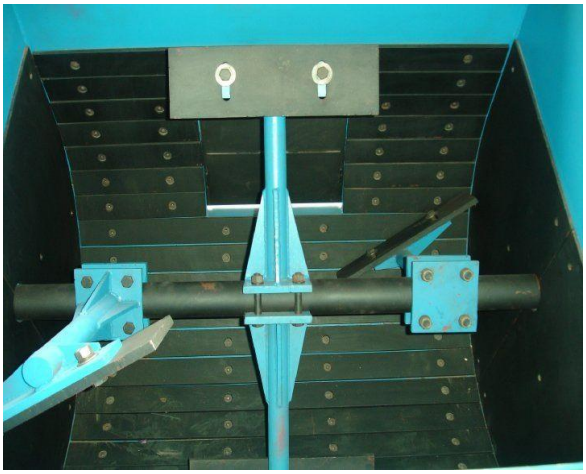
La máquina trituradora es accionada por un motor eléctrico trifásico de 7.5 HP de potencia que permite triturar plásticos hechos de polietileno tereftalato, generalmente envases de gaseosas.

3.4.2.2. Hormigonera o mezcladora horizontal

La mezcladora horizontal o hormigonera es un tipo de máquina manual accionada por un motor eléctrico monofásico de 10 HP que permite rotar el eje central de la mezcladora para trabajar la mezcla hasta llegar al punto adecuado. Para realizar la mezcla, primero se agrega arena, una tercera parte de su capacidad para que la mezcladora no se esfuerce, luego se agrega cemento y agua durante 30 segundos, en este tiempo se agregan los aditivos, en el presente caso el polietileno tereftalato triturado. Este proceso se mantiene constante hasta que la mezcla sea homogénea. Por último se agrega agua para obtener la humedad deseada.

- Mezcladora para 1qq. de cemento y sus agregados
- Motor de 10 HP trifásico
- Cajón largo

Figura 40. **Interior de mezcladora horizontal**



Fuente: http://industriasmolser.blogspot.com/p/productos_22.html. Consulta: noviembre de 2014.

Figura 41. **Mezcladora horizontal**

Fuente: http://industriasmolser.blogspot.com/p/productos_22.html. Consulta: noviembre de 2014.

3.4.2.3. Máquina bloquera

La máquina de bloquera o de volteo, es un tipo de maquinaria manuales que utiliza un sistema de vibración y compresión para la formación del bloque por medio de moldes estándares. Esta máquina es accionada por un motor eléctrico de 2 HP monofásico. El funcionamiento de esta máquina es manual, iniciando con el llenado de la tolva, que a través de vibración, ayuda a llenar homogéneamente y rápido el molde.

- Vibrador ajustable con eje 1 3/8, contrapesos de 3”
- Cojinetes de banco de 1 3/8”

- Motor de 2HP, con polea de 8” al vibrador
- Mesa vibradora de 0,60 x 0,55 con 4 amortiguadores

Figura 42. **Máquina bloquera MBH300 1**

Fuente: http://industriasmolser.blogspot.com/p/productos_22.html. Consulta: noviembre de 2014.

Figura 43. **Máquina bloquera MBH300 2**

Fuente: http://industriasmolser.blogspot.com/p/productos_22.html. Consulta: noviembre de 2014.

Figura 44. **Producción por tabla de máquina bloquera MBH300**

Fuente: http://industriasmolser.blogspot.com/p/productos_22.html. Consulta: noviembre de 2014.

Figura 45. **Máquina bloquera MBH300 3**

Fuente: http://industriasmolser.blogspot.com/p/productos_22.html. Consulta: noviembre de 2014.

3.4.2.4. Utensilios de trabajo

Para el desarrollo y beneficio del proceso productivo en las diferentes estaciones de trabajo se necesitan los siguientes utensilios: una báscula en el área de preparado para pesar adecuadamente los materiales, una pala de aluminio en la estación de mezclado que se utilizará para llenar la tolva de la mezcladora, una pala de aluminio en el área de prensado para el manejo de la mezcla, carretilla para transportar los bloques, tablas que deben colocarse en el piso o estanterías para el fraguado de los bloques.

3.4.3. Distribución de estaciones de trabajo

Con esta información es posible hacer una distribución de las mismas dentro de la superficie disponible encontrada en la localización industrial de la planta piloto. Las áreas requeridas para cada estación de trabajo es de 2 m^2 por persona; además del área que ocupa el equipo y la necesaria para el proceso de producción.

- Estación de preparado: área dedicada al almacenamiento de materias primas de cemento, arena, botellas de plástico con base en polietileno tereftalato; en esta estación se deben pesar los materiales para trasladar al área de mezclado. Las botellas de plástico se deben trasladar al área de triturado.

- Estación de triturado: en esta área se trituran las botellas de plástico con base en polietileno tereftalato, mediante una trituradora de motor eléctrico trifásico, el plástico triturado es trasladado al área de mezclado para agregarlo como aditivo en la mezcla.

- Estación de mezclado: área en donde se reciben las materias primas seleccionadas para realizar la mezcla en una màquina hormigonera o mezcladora de concreto. En esta área se debe contar con agua potable libre de residuos para mantener la humedad deseada en la mezcla. La mezcla terminada es trasladada mediante una carretilla a la estación de prensado.

- Estación de prensado: área dedicada al proceso de obtención del bloque ecológico mediante una maquina bloquera. Iniciando con el llenado de la tolva, que a través de vibración de un motor eléctrico se vacía la mezcla en la máquina y se realiza el prensado para la obtención del bloque. Los bloques permanecen en una tabla de madera para ser trasladados a la estación de fraguado/curado.

- Estación de fraguado/curado: esta área debe tener el tamaño suficiente para mantener los bloques por al menos 8 días. Los bloques recién fabricados deben permanecer en el área de fraguado con protección del sol y del viento, para que puedan fraguarse sin secarse. Cuando obtienen la resistencia suficiente pueden ser llevados al área de almacenamiento. En esta estación se deben instalar sistemas de rociado con atomizador, para mantener en condiciones de humedad los bloques.

- Estación de almacenamiento: esta área debe ser suficientemente grande para mantener un nivel de inventario adecuado de blocks. Luego que los bloques alcanzaron la resistencia deseada, pueden mantenerse en almacenamiento hasta su venta.

Tabla XIII. **Estaciones de trabajo propuestas**

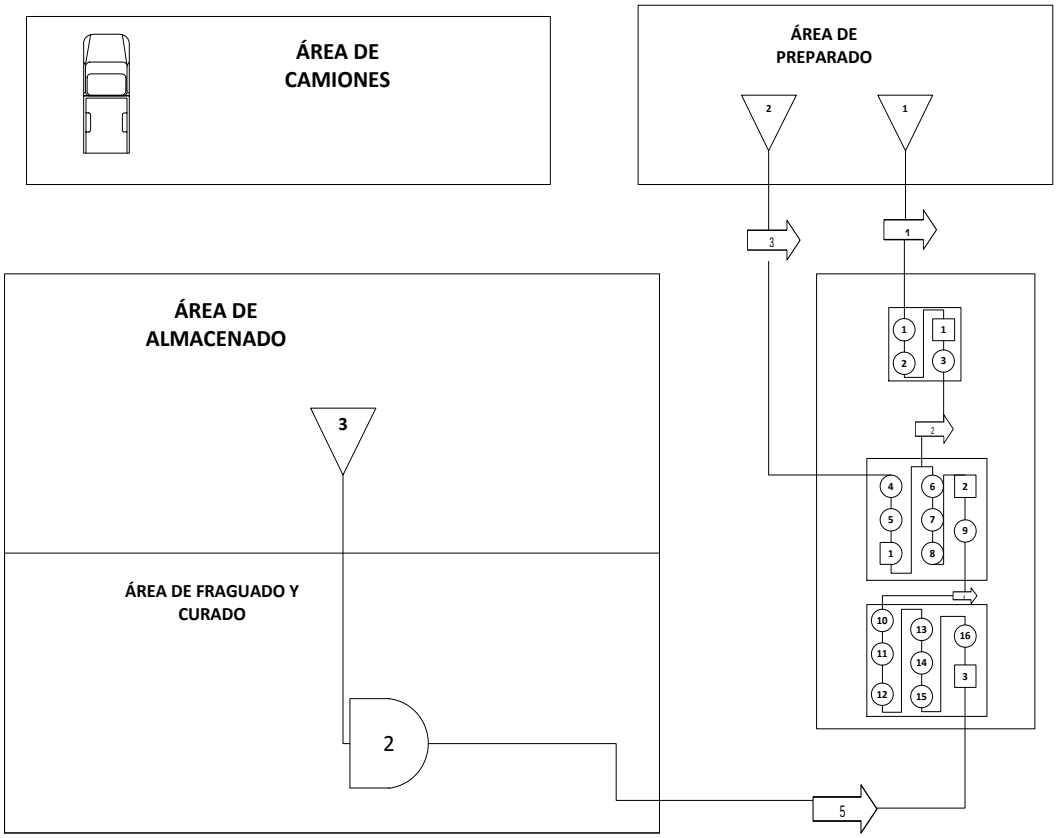
No. De Estación	Nombre de la estación	Área en m^2
1	Preparado	152
2	Triturado	9
3	Mezclado	25
4	Prensado	25
5	Fraguado/Curado	375
6	Almacenado	375

Fuente: elaboración propia.

3.4.4. Diagrama de recorrido del proceso

Se muestra la secuencia de operaciones necesarias para la fabricación de blocks ecológicos por medio del diagrama de flujo del proceso en cada estación de la planta piloto.

Figura 46. **Diagrama de recorrido del proceso**



Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Visio 2007.

3.5. Diseño de instalaciones en función del proceso de producción

Diseñar las instalaciones en función del proceso consiste en resolver todo lo referente a la instalación y funcionamiento de la planta piloto. Desde la localización, hasta las condiciones de seguridad del edificio

3.5.1. Localización industrial

La localización del proyecto se determinó en creciente número en la construcción del sector zona norte de la cuidad capital, impulsado por las inversiones de centro comerciales y proyectos de urbanización, que se está ejecutando por parte de la Municipalidad de Guatemala. Por otra parte, el lugar es apto para los transportistas provenientes de nororiente del país.

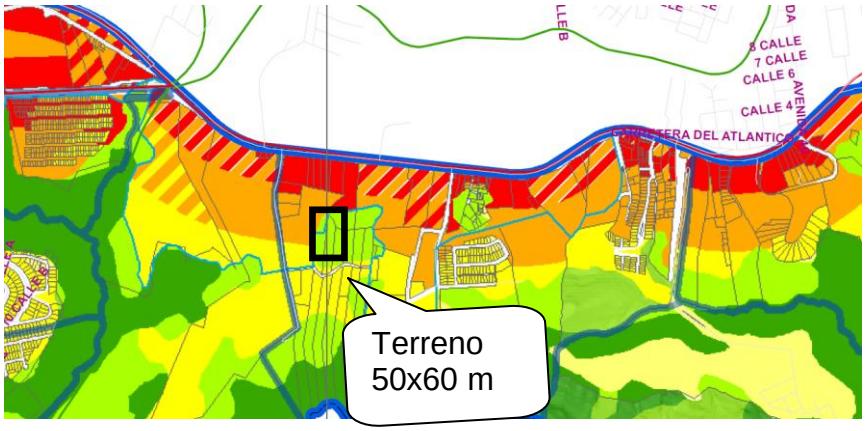
Siendo dicho predio ubicado en el kilómetro 8.7, carretera del Atlántico, zona 17, con una dimensión 50 x 60 metros.

Figura 47. **Localizacion del predio**

Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Word 2007.

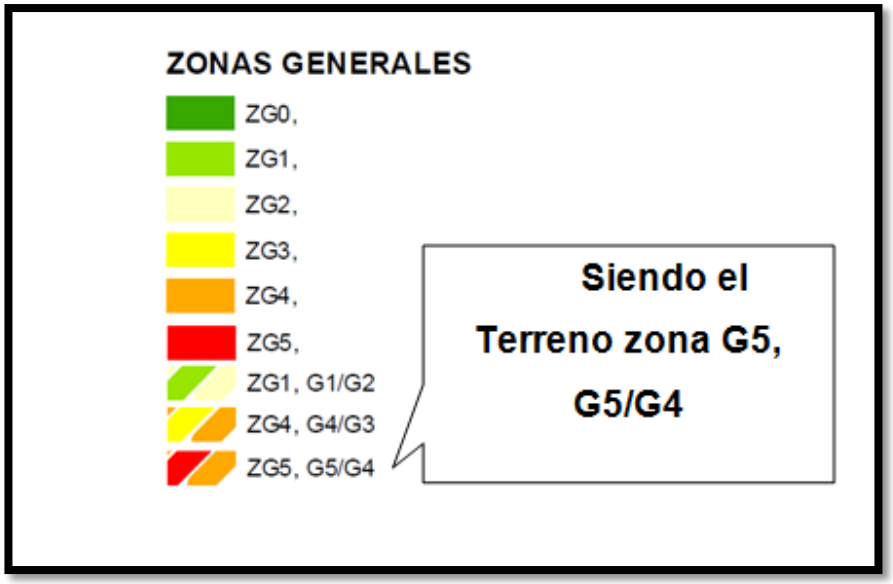
- Localización POT. ingresando al portal de la ventanilla única del POT, con la dirección del inmueble, podrá conocer la zona general asignada al predio. En este caso el sistema le indica que el mismo tiene asignada una zona general G5 y le despliega la tabla de parámetros normativos correspondiente.

Figura 48. **Localización POT**



Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Word 2007.

Figura 49. **Zonas generales POT**



Fuente: http://pot.muniguate.com/. Consulta: septiembre de 2014.

Tomando los parámetro normativos de la zona G5, comparando los datos que dicta dicho normativo con los datos del proyecto.

Tabla XIV. **Fraccionamiento**

G5	**Normativo**	**Proyecto**	**Conclusión**
Frente de predio	21 m>	50 m	Cumple
Superficie efectiva de predios	600 m^2 >	800 m^2	Cumple

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Obras localización POT.**

G5	**Normativo**	**Proyecto**	**Conclusión**
Índice de edificabilidad	> 6	1	Cumple
Altura	> 64 m	8 m	Cumple
Porcentaje de permeabilidad	10 % 80 m^2	1200 m^2	Cumple
Separación a colindantes	0 >	0	Cumple
Lado mínimo de patios y pozos de luz	¼ h 12,5 m	20 m	Cumple

Fuente: elaboración propia.

Es evidente que el proyecto cumple con los normativos POT (Plan de Ordenamiento Territorial), se concluye que el proyecto puede llevarse a cabo en predio ubicado en el kilómetro 8.7, carretera del Atlántico, zona 17, ya que cumple con los requerimientos de la Municipalidad de Guatemala.

3.5.2. Servicios generales requeridos

La planta piloto debe contar un abastecimiento constante de agua para el curado de los blocks ecológicos. Además, debe contar con las instalaciones eléctricas para la mezcladora, la máquina bloquera o de volteo, la bomba de agua y la trituradora. A continuación se detalla cómo estos servicios funcionarán para la elaboración de blocks ecológicos y las recomendaciones necesarias para el beneficio de la producción en la planta piloto.

3.5.3. Agua potable

El agua potable utilizada para el proceso de mezcla y rociado de los bloques debe ser limpia, libre de materia orgánica, aceites u otras sustancias que afecten la resistencia del bloque.

Si la planta no cuenta con servicio de agua potable, es necesario utilizar dos depósitos de agua de 6 metros cúbicos cada uno, para mantener un abastecimiento de agua constante en todo el proceso de producción. Para el proceso de curado de los bloques es necesario utilizar mangueras con atomizadores para que mantengan en condiciones de humedad los blocks hasta que se desarrolle la resistencia deseada.

3.5.4. Energía eléctrica

Para el análisis del consumo de energía eléctrica en la planta piloto el tipo de tarifa es comercial, ya que es una industria de bajo consumo. Se deben realizar las instalaciones de un sistema trifásico para conectar la máquina trituradora.

Tabla XVI. **Potencia de la maquinaria**

Máquina	Potencia
Mezcladora horizontal o hormigonera, motor eléctrico trifásico.	10 HP
Màquina bloquera o maquina de volteo, motor eléctrico monofásico	2 HP
Máquina trituradora, motor trifásico	7.5HP
Bomba de agua	1HP

Fuente: elaboración propia.

3.5.5. Otros

Otro servicio que será requerido por la planta piloto debe ser la dotación de un sistema de riego de mangueras y atomizadores para rociar los bloques cada cierto tiempo para obtener la dureza y resistencia adecuada. Es necesario tener los recursos esenciales como el tanque de agua y la bomba de agua.

3.5.6. Requerimientos del edificio

El tipo de edificio para la planta piloto debe ser de una planta en donde se busca tener un área grande para la fabricación y almacenamiento de bloques. El tipo de edificación puede ser de tercera categoría. La estructura principal está formada por columnas de madera, las cuales soportan el tipo de techo que puede ser lámina de zinc, asbesto u otro tipo de lámina.

El área de almacenamiento y fraguado/curado de bloques debe ser lo suficientemente grande para almacenar los bloques, durante al menos ocho días.

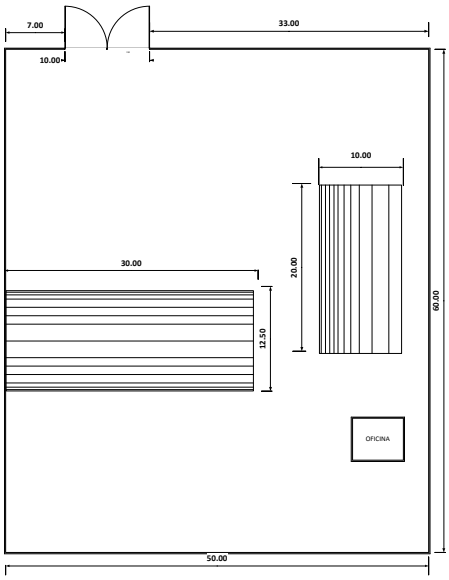
3.5.7. Techo

La cubierta en la zona de vaciado y producción abarca 875 metros cuadrados de la planta piloto vaciado y producción de bloques. El techo de la planta piloto puede ser de un agua del lado derecho.

En la zona de fraguado/curado es necesario tener un área cubierta para los bloques recién fabricados, ya que tienen que estar en protección del sol y el viento, hasta que alcancen una resistencia adecuada para que puedan ser manipulados. La cubierta de la zona de fraguado debe ser de 375 metros cuadrados.

El tipo de cubierta para la planta piloto es con pendiente de lámina de zinc, aluzinc o la de asbesto cemento.

Figura 50. **Techo planta piloto**



Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Visio 2007.

3.5.8. Piso y paredes

Las paredes de la planta piloto pueden ser construidas de block estándar de 15x20x40 cm el grosor mínimo es de 0,025 metros y una resistencia a compresión de 25 kg/cm^2, no es necesario el cernido para las paredes. El piso de la planta piloto debe ser una superficie de cemento rústico en el área de prensado, triturado, mezclado y almacenado. Este tipo de superficie permite mantener una mejor limpieza para el proceso de producción sobre todo en el área de mezcla y prensado, ya que con una superficie rústica de tierra puede haber adherencia de otros materiales. No es necesario tener una superficie de cemento para las demás áreas de la planta.

3.5.9. Ventilación e iluminación

Se considera que para la planta piloto se tiene una circulación de aire aceptable para el proceso de producción. Sin embargo, en el proceso de curado y fraguado se deben proteger los blocks recién fabricados del viento y del sol, por lo que es necesario la cobertura con plásticos negros para que proteja los blocks y además acelere el desarrollo de la resistencia deseada.

Para el desarrollo del proceso en jornada de trabajo diurna la iluminación natural en la planta diseñada es lo suficientemente clara para desarrollar el proceso sin ninguna complicación. El proceso de fabricación de blocks no requiere de mucha precisión, por lo que la iluminación artificial que se requiera puede ser de lámparas normales.

3.5.10. Seguridad e higiene industrial

Los operarios que realizan el proceso productivo de la elaboración de los blocks ecológicos tienen derecho a una protección en materia de seguridad y salud. La seguridad se entiende como un estado libre de riesgo. Los elementos y áreas del proceso productivo de la planta piloto deben estar libre de riesgos, por lo que es necesario detectar todos aquellos factores internos que podría favorecer la aparición de un accidente en la planta piloto.

Se deben identificar todas aquellas condiciones ambientales que provoquen la aparición de un riesgo, en este caso se revisa el proceso productivo por cada área de la planta piloto, para detectar los factores y proponer las acciones que los mitiguen.

Tabla XVII. **Condiciones de seguridad del edificio**

Factor de Riesgo	Descripción	Acción correctiva
Área de proceso	Áreas de trabajo peligrosas	Señalización e identificar en cada área de trabajo
Entrada de camiones de Volteo	Entrada inminente de camiones a la planta	Señalizar las vías de circulación del área de camiones
Área de triturado de plásticos	Plásticos triturados pueden penetrar en los ojos y dañar la visión del operario	Colocar gafas de protección
Área de triturado	Ruido excesivo para el operario	Colocar protección
Área de prensado	Incorrecta forma de uso de la máquina	Indicar la forma de operación de la maquina en un lugar visible

Fuente: elaboración propia.

3.5.10.1. Condiciones de seguridad en las operaciones

La principal condición de riesgo en las operaciones para elaborar los blocks ecológicos, se presenta en las operaciones en donde interviene la trituradora que utiliza motor eléctrico. Puede provocar heridas por los plásticos en el aire o hasta la amputación de un miembro por formas incorrectas de uso. La interacción de trabajadores con poca o ninguna experiencia puede provocar accidentes, se sugiere las siguientes actividades:

- Indicar todos los elementos que accionen la maquinaria de una forma visible e identificables para el operario.

- Información y formación adecuada de los procesos a realizar en cada área.

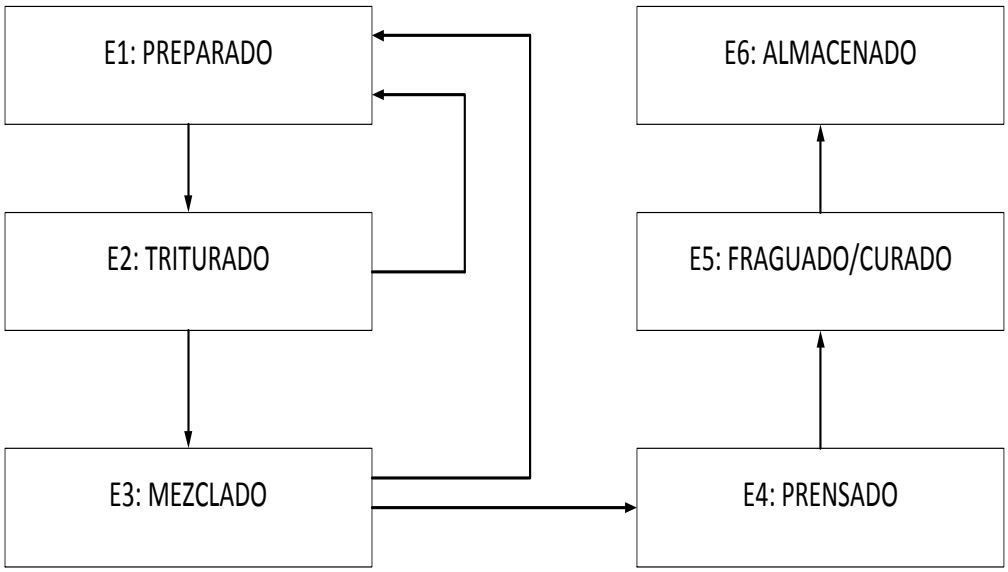
- Los utensilios para la manipulación de materias primas o producto terminado deben estar construidos de materiales resistentes para evitar consecuencias que generen algún tipo de riesgo.

- Deben prevenir que las máquinas sufran movimientos fuera de control.

3.5.11. Presentación de la distribución de planta piloto

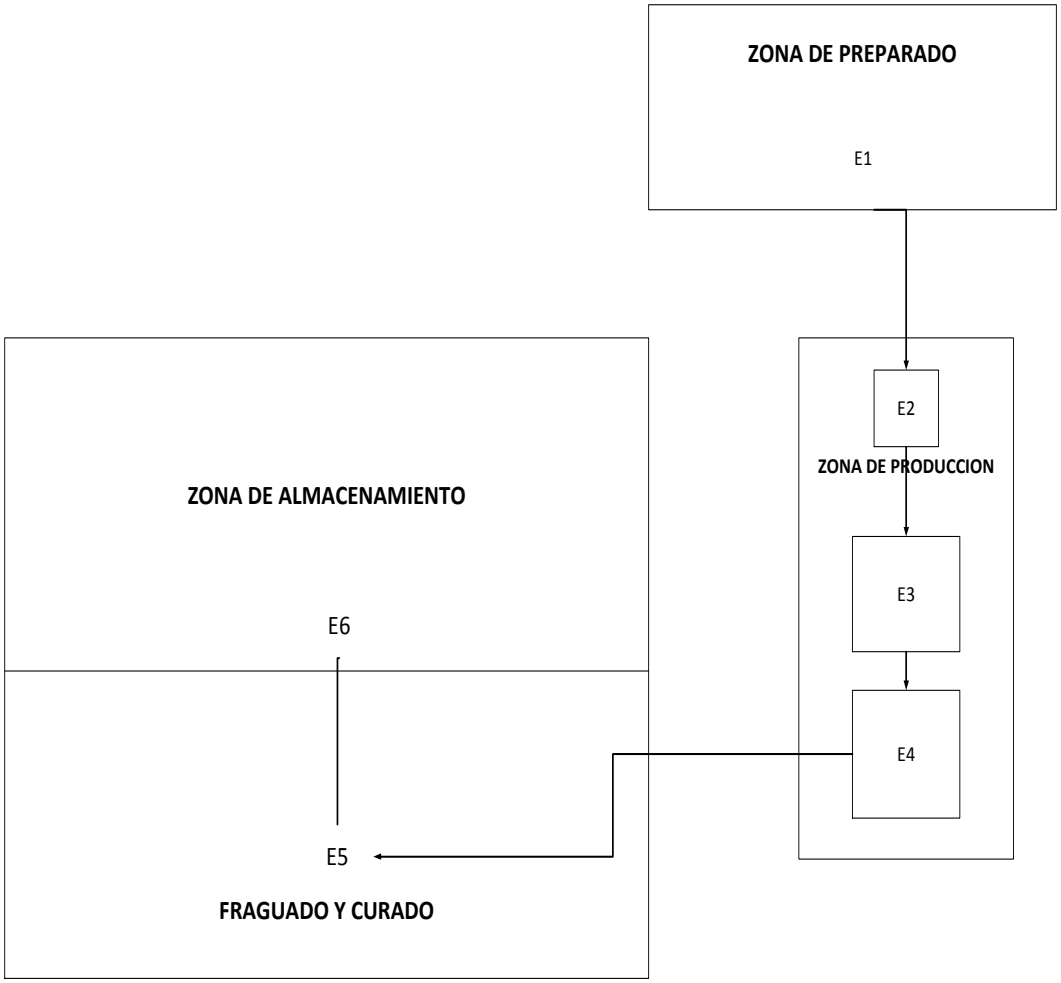
La distribución de la planta piloto implica la ordenación de espacios necesarios para movimiento de material, almacenamiento, equipos y máquinas. Mediante el diagrama de relaciones entre estaciones de trabajo se visualiza la proximidad entre actividades para que la distancia a recorrer por el material sea la menor posible.

Figura 51. **Diagrama de relaciones entre estaciones de trabajo**



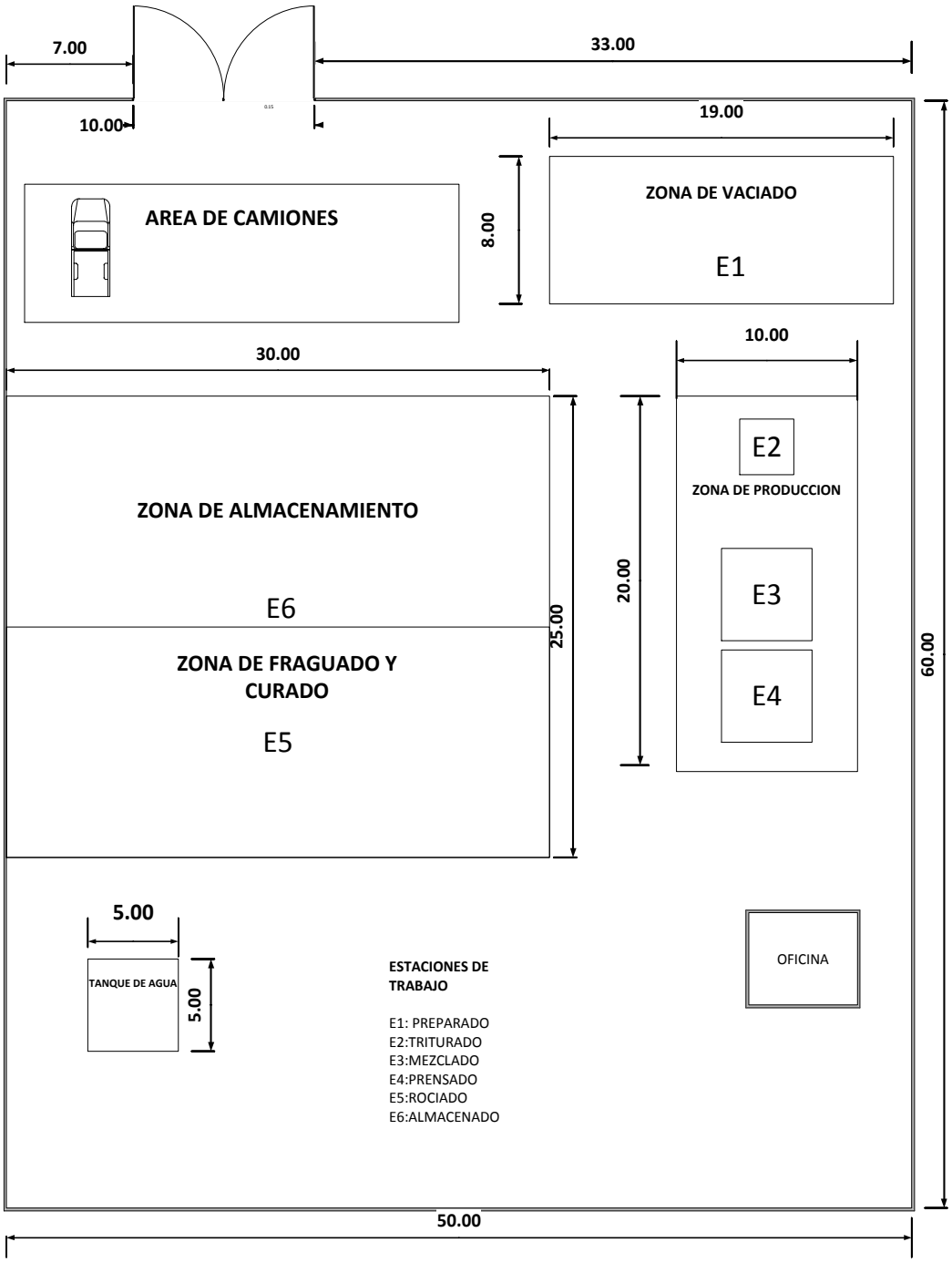
Fuente: elaboración propia.

Figura 52. **Distribución final propuesta**



Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Visio 2007.

Figura 53. **Distribución de planta piloto**



Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Visio 2007.

3.6. Diseño de estaciones de trabajo

En todas las estaciones de trabajo las operaciones se deberán realizar de pie, incluyendo las actividades que involucren la trituradora, bloquera y mezcladora. Todas las áreas de trabajo están visibles.

3.6.1. Manejo de materiales

La puesta en funcionamiento del sistema de producción de blocks requiere un manejo adecuado de los materiales de construcción. El manejo y transporte de los materiales desde el área de preparado hasta el área de prensado y obtención del block se realiza por medio de una carretilla manual y un operario. En el diagrama de flujo de operaciones se muestra que el proceso tiene en total 5 transportes de materiales, por lo que se determinó que se necesitan 5 carretillas para realizar el proceso de producción de una forma óptima.

3.6.2. Materias primas

Las materias primas desde el momento de su recepción se almacenarán en el área de preparado, los agregados de arena, cemento y plástico de polietileno tereftalato se trasladan del área de camiones al área de preparado para su posterior utilización en el proceso. Los sacos de cemento de 42,5 kg son estibados uno sobre el otro a modo de optimizar el espacio, el área de agregados será de 40 metros cuadrados. Es importante mantener esta área limpia para evitar que otras sustancias afecten en la elaboración de la mezcla y así poder afectar la resistencia o durabilidad del block. El área de aditivos, que en este caso será el polietileno tereftalato, será almacenado en bolsas plásticas.

El polietileno que ya esté triturado será almacenado en costales para mantener limpio y libre de otra materia, ya sea orgánica o inorgánica. El manejo de materias primas será trasladado por carretillas entre cada estación de trabajo, comenzando en la estación de preparado, donde se realiza el traslado de agregados al área de mezcla y plástico al área de triturado.

3.6.3. Producto en proceso

Las operaciones de transformación se completarán en las estaciones de trabajo respectivas y solo cuando ya se hayan terminado estas se trasladan a la siguiente área de trabajo. El producto en proceso inicia en la estación de preparado y elaboración de la mezcla, la capacidad de la mezcladora está diseñada para trabajar con varias máquinas bloqueras, por lo que la capacidad de la mezcladora rinde para alrededor de 50-55 blocks. La producción se mide por tablas que es la capacidad de blocks que tiene la máquina bloquera por cada prensado.

La máquina MBH300 tiene la capacidad de fabricar 3 blocks por cada prensado. El manejo de los blocks entre la estación de prensado y el área de rociado es de forma manual por medio de tablas de madera y carretilla. Los blocks deben de ser colocados de manera organizada sin afectar su forma final. El manejo debe realizarse de manera agrupada.

Los blocks ecológicos recién fabricados son llevados a la estación de rociado en donde se mantienen en protección del sol y del viento. Las tablas se colocan en el piso hasta que alcanzan la resistencia suficiente para ser manipulados, se mantienen en condiciones de humedad en el área de rociado y luego de 10 días son llevados a la estación de almacenado cuando ya ha alcanzado la resistencia deseada.

Figura 54. **Producto en proceso, producción por tabla**

Fuente: bloquera San José las Rosas.

3.6.4. Producto terminado

El producto final se obtiene luego de haber terminado el proceso de curado de los blocks. Cuando alcanzan la resistencia deseada, los blocks son transportados a la estación de almacenamiento en donde son estibados hasta su venta. No es recomendable vender los blocks ecológicos antes de diez días de haber sido fabricados Los blocks ecológicos a base de polietileno tereftalato se tardan en secar más tiempo que los blocks convencionales.

Figura 55. **Producto terminado**

Fuente: bloquera San José las Rosas.

3.7. Costo de producción

Para determinar el costo de producción de los blocks ecológicos se estima el costo de materias primas, mano de obra y gastos de fabricación.

3.7.1. Materias primas

Las materias primas para la elaboración de los blocks ecológicos consisten en cemento como elemento principal, arena blanca y plástico tipo PET triturado.

Tabla XVIII. **Costo unitario de materias primas**

Materia prima	Rendimiento	Costo unitario
Cemento	50 blocks por 1 qq de cemento	Q1,40
Arena blanca	95 blocks por 1 m^3 de arena blanca	Q0,26
PET triturado	4.25 kg por cada 50 blocks	Q0,17
Agua		Q0,01
	Total materias primas	Q1,84

Fuente: elaboración propia.

3.7.2. Mano de obra

Para el beneficio y desarrollo del proceso productivo de la elaboración de blocks ecológicos se necesitan 3 operarios para manejar la trituradora y área de preparado, el mezclador y el maquinista. A continuación se detalla el costo de la mano de obra por cada operario, utilizando el salario mínimo de actividades no agrícolas de Q71,40 por día. El costo unitario de la mano de obra será calculado con base en la producción mensual de 26 400 blocks, según la capacidad de la planta piloto.

Tabla XIX. **Costo unitario mano de obra**

Operario	**Q71,40 * 30 días + bonificación**	**Costo total mensual**
Triturador	Q2 142,00 + Q250,00	Q2 392,00
Mezclador	Q2 142,00 + Q250,00	Q2 392,00
Maquinista	Q2 142,00 + Q250,00	Q2 392,00
	Total mano de obra mensual	Q7 176,00
Costo unitario mano de obra	Q7 176,00/26 400	Q0,27

Fuente: elaboración propia.

3.7.3. Gastos de fabricación

Los gastos de fabricación incurridos en el costo de producción de la fabricación de blocks ecológicos se presentan en la tabla siguiente:

Tabla XX. **Gastos de fabricación**

Rubro	Costo mensual	Costo unitario (en base a la producción mensual)
Luz	Q1 590,00	Q0,06
Agua	Q500,00	Q0,01
	Gasto unitario	Q0,07

Fuente: elaboración propia.

3.7.4. Precio

Materiales/mano de obra	Costos
Materia prima	Q1,84
Mano de obra	Q0,27
Gastos de fabricación	Q0,07
C.U	Q2,18
Precio	Q3,15

Fuente: elaboración propia.

4. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN

4.1. Inversión inicial

La puesta en funcionamiento de un sistema de producción de blocks ecológicos con base a polietileno tereftalato requiere de una serie de inversiones en maquinas y herramientas, así como, en el reacondicionamiento del edificio para que tenga las condiciones adecuadas. El monto total de inversión asciende a la cantidad de Q(208 207,00), la estimación está basada en precios de mercado a la fecha de realizar el estudio.

Tabla XXI. **Resumen de inversiones por renglones de inversión.**

Renglón	Total
Reacondicionamiento del edificio	Q 63 527,00
Equipo y herramienta	Q122 575,00
Áreas básicas	Q11 350,00
Estaciones de trabajo	Q 9 945,00
Otras inversiones relacionadas	Q810,00
	Q208 207,00

Fuente: elaboración propia.

4.1.1. Reacondicionamiento del edificio

Según el diseño de las instalaciones para el desarrollo de los proceso de fabricación de blocks ecológicos indicados anteriormente, se hace necesario

realizar una serie de acciones que transformen las instalaciones del terreno ya especificado.

El reacondicionamiento del edificio son actividades de construcción, las cuales se resumen en la siguiente tabla. El total de inversión es de Q(63 527,00)

Tabla XXII. **Inversión reacondicionamiento del edificio**

Renglón	Unidad de medida	Cantidad	Precio	Total	Observaciones
Construcción muro perimetral	m^2	420 m^2	Q103,75	Q43 575,00	Incluye levantamiento por m^2 y materiales.
Instalación de techo	lámina	194 laminas	Q63,00	Q12 222,00	Láminas de 12 pies, precio incluye instalación
Instalación eléctrica			Q2 000,00	Q2 000,00	Incluye instalación de sistema trifásico
Instalación sistema de agua			Q750,00	Q750,00	Instalación bomba de agua y sistema de mangueras
Construcción oficina		48 m^2	Q103,75	Q4 980,00	Incluye levantamiento por m^2 y materiales.
			Total	Q63 527,00	

Fuente: elaboración propia.

4.1.2. Equipo y herramienta

En la siguiente tabla se indica la inversión necesaria para adquirir el equipo y herramienta para cada estación de trabajo. El total de inversión es de Q(122 575,00)

Tabla XXIII. **Inversión equipo y herramienta**

Renglón	Estación de trabajo	Cantidad	Precio Unitario	Total
Bascula	Preparado	1	Q2 700,00	Q2 700,00
Máquina trituradora	Triturado	1	Q18 000,00	Q18 000,00
Mezcladora horizontal	Mezclado	1	Q50 000,00	Q50 000,00
Maquina bloquera manual tipo industrial	Prensado	1	Q50 000,00	Q50 000,00
Bomba de agua	Fraguado/ curado	1	Q1 875,00	Q1 875,00
			Total	Q122 575,00

Fuente: elaboración propia.

4.1.3. Áreas básicas

En la siguiente tabla se indica la inversión requerida para la instalación de alumbrado, puertas y mobiliario y equipo. El total de inversión es de Q(11 350,00).

Tabla XXIV. **Inversión areas básicas**

Renglón	Unidad de medida	Cantidad	Precio	Total	Observaciones
Alumbrado	Luminaria	18	Q 50,00	Q900,00	
Instalación de puerta de entrada			Q1 200,00	Q1 200,00	
Instalación de puerta de oficina			Q250,00	Q250,00	
Mobiliario y equipo oficina	Cisternas	3	Q3 000,00	Q9 000,00	Capacidad de 4 100 lts cada uno
			Total	Q11 350,00	

Fuente: elaboración propia.

4.1.4. Estaciones de trabajo

En la siguiente tabla se hace un resumen de la inversión necesaria para el funcionamiento de cada estación de trabajo.

Tabla XXV. **Inversión estaciones de trabajo**

Estación de trabajo	Equipo	Cantidad	Precio unitario	Total
Preparado	Carretilla pala	2 2	Q290,00 Q75,00	Q580,00 Q150,00
Triturado	Carretilla	1	Q75,00	Q75,00
Mezclado	Carretilla pala	1 1	Q290,00 Q75,00	Q290,00 Q75,00
Prensado	Tabla	1 200	Q7,00	Q8 400,00
Fraguado/curado	Manguera Atomizador	5	Q75,00	Q375,00
			Total	Q9 945,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. **Otras inversiones relacionadas**

Renglón	Estación de trabajo	Cantidad	Precio unitario	Total	Observaciones
Pintura de seguridad	Global	1	Q250,00	Q250,00	Franja de seguridad
Rótulos de señalización		8	Q70,00	Q560,00	Dimensiones de 0.30x0.45 m para cada área de trabajo
			Total	Q810,00	

Fuente: elaboración propia.

4.2. Presupuesto de gastos administrativos

Los gastos administrativos de la planta piloto son aquellos que generan la dirección y manejo de las operaciones realizadas en la planta, se realizan en beneficio de la producción y sirven para controlar el negocio. Los gastos administrativos de la planta consisten en la supervisión de los operarios, arrendamiento o alquiler del terreno y gastos generales de oficina.

- Sueldo de supervisor: Q4 000,00
- Arrendamiento del terreno: Q 6 500,00
- Papelería y útiles de oficina: Q 150,00

Los gastos administrativos para el beneficio de la producción de blocks ecológicos se estiman en Q10 650,00 mensuales.

4.3. Presupuesto gastos de venta

Los gastos de venta de la planta piloto son aquellos que aseguran la distribución de los blocks ecológicos y la disponibilidad hacia los consumidores. Estos son los gastos de publicidad, que consisten en vallas publicitarias de 3x3 metros, promocionando el concepto de block ecológico, y el salario de reparto que serán dos trabajadores encargados de la manipulación de blocks hacia el consumidor.

- Publicidad: Q720,00
- Salarios de reparto: Q 4 784,00
- Combustible: Q1 000,00

Los gastos de venta totales se estiman en Q 6 504,00, siendo mensuales los costos de reparto y de combustible Q5 784,00. En el caso de los gastos por publicidad serán realizados cada 6 meses.

4.4. Costo total de operación

Presupuesto de costo de producción mensual	Q57 552,00
Presupuesto de gastos administrativos	Q10 650,00
Presupuesto de gastos de venta	Q6 504,00

5. MEJORA CONTINUA

5.1. Investigación y desarrollo de nuevos productos a base de PET

Hoy en día existen numerosas empresas en el mundo dedicadas al reciclaje de plásticos de polietileno tereftalato, polietileno de alta y baja densidad, reciclando este tipo de plástico por métodos químicos y mecánicos. Desde el punto de vista empresarial, a estas empresas les resulta rentable la compra y venta de reciclables para convertirlos en materias primas. Desde el punto de vista ambiental, en cuanto menos residuo se genere, más eficiente será el aprovechamiento de la materia y energía.

5.1.1. Productos que se fabrican a partir de los desechos de PET

La hojuela de PET es la materia prima obtenida a través de los procesos de transformación, utilizada en la industria textil y de embalaje. Este material tiene excelentes propiedades de cristalización y fundido. La hojuela es procesable por soplado, inyección y extrusión para producir botellas, películas y piezas de inyección. Esta materia prima es manejada en colores cristal, verde y azul, hay pelletizados y con etiqueta.

Para la obtención de hojuela de PET se aplica el siguiente proceso:

- El proceso se inicia con la selección y clasificación de la materia prima
- Se realiza un lavado para remover la etiqueta de los envases
- Se reduce el PET a través de un molino según el tamaño especificado

- Se eliminan las impurezas
- Se seca a base de calor y se empaca

- Los productos a base de hojuela PET son:

  - Envases fabricados por inyección o soplado, por extrusión para la industria de productos alimenticios, laboratorios de cosmética y farmacéuticos.

  - Piezas de inyección: productos para alta resistencia térmica, plásticos de ingeniería.

  - Láminas y películas: fabricados por extrusión plana para películas, cajas, blisters, envasado de alimentos, cosméticos y medicamentos.

  - Fibra corta de poliéster "las hojuelas de PET obtenidas se transforman en fibra corta de poliéster. Este insumo, combinado con otras fibras en proporciones pertinentes, puede usarse para la fabricación de ropa, relleno de cojines, alfombras, cortinas, etcétera. Además, reciclar el PET contribuye a cuidar nuestro medio ambiente."[5]

- Proceso para la obtención de fibra corta de poliéster: el proceso de producción de fibra corta de poliéster depende de la calidad de hojuelas de pet triturado, ya que se debe suministrar un insumo con determinada calidad requerida. En el proceso productivo se debe evitar la presencia

[5] MANSILLA PEREZ, Laura; RUIZ RUÌZ, Marcos *Reciclaje de botellas PET para obtener fibra de poliéster. http://marcosruizruiz.blogspot.com/* Consulta: septiembre 2013.

de residuos no plásticos, suciedad, restos metálicos, compuestos de papel o cartón.

- Se separan las botellas separándolas por color y son trituradas para obtener las hojuelas de PET trasparente.

- Las hojuelas de pet transparentes son lavadas con agua a presión con diferentes proporciones de detergente industrial para que se encuentren libres de contaminantes.

- Luego que los fragmentos están limpios deben de ser secados bajo un constante control de temperatura y después puede ser fundido para el hilado.

- Se prepara una solución viscosa de fibra natural y se pasa la solución por extrusión a través de una tobera para formar la fibra.

- Finalmente, luego de pasar por la extrusión la fibra se solidifica por enfriamiento o evaporación.

- Productos a base de la fibra corta de poliéster: entre los productos fabricados a partir de la fibra corta de poliéster reciclado se puede encontrar todo tipo de tejidos como: lonas, carpas, bolsos, carteles, cinturones de seguridad, cintas de trasmisión, mangueras, suéteres, ropa de cama, alfombras, telas de decoración, etcétera. Los productos que se pueden producir a base de PET reciclado tienen un impacto muy importante en la industria, ya que se puede reintegrar este polímero en un nuevo ciclo productivo y formar una materia prima. Las botellas de gaseosas u otras sustancias a base de PET trasparente tienen mayor

posibilidad de reciclarse para formar materias primas de calidad como la fibra corta de poliéster. Otros tipos de hojuelas de PET de varios colores pueden utilizarse en otros procesos productivos que se generen a través de extrusión para formar plásticos resistentes utilizados en varias industrias de ingeniería.

5.2. Mejora en las operaciones

Las operaciones, como parte de los procesos de elaboración de blocks ecológicos, deben ser mejoradas continuamente por medio de la medición y mejora de los métodos de trabajo. En los programas de capacitación para el personal que trabaje en la maquinaria para aumentar la productividad, esto será una ventaja para aumentar la producción por día, mejorar el orden y limpieza en las instalaciones en donde se realiza la mezcla.

- Programas de mantenimiento
    - Mantenimiento preventivo: en las tareas de mantenimiento se especifica la periodicidad de las tareas necesarias que permitan la verificación del estado del sistema de producción. Los ejes principales de mantenimiento se describen a continuación:
        - Limpieza de las herramientas, equipo y maquinaria después de cada jornada. Remover todos los excesos de mezcla de la pala, la tolva de la maquinaria y la máquina trituradora.
        - Programación de actividades de mantenimiento en la maquinaria; esto, según las especificaciones del fabricante.

- Verificación del edificio y del techo para determinar si existen filtraciones en el área de mezclado, fraguado/curado y almacenado.

- Verificar el sistema de abastecimiento de agua potable y que el servicio de energía eléctrica se encuentre dentro de los parámetros requeridos para el funcionamiento de la maquinaria.

- El mantenimiento se da cuando la falla ya existe, por lo tanto se deberán realizar en las siguientes acciones:

  - Si la falla es reparable en poco tiempo y con seguridad, se necesita hacerlo.

  - Si la falla no es de fácil reparación se debe contactar al proveedor y coordinar la reparación.

- Logística interna y gestión de existencias: la gestión de existencias tiene que garantizar que siempre que un cliente solicite un pedido de blocks, este sea proporcionado. Lo ideal es que el flujo de entrada fuese igual al de salida, pero esto no es materialmente posible, pues en la producción de block el tiempo de fraguado y curado abarca la mayor parte, por lo que siempre existen blocks en existencia en el área de almacenado y el área de fraguado/curado como parte de producto en proceso. Por lo tanto se ha de intentar que el nivel de existencias sea mínimo, sin que se produzcan problemas con los pedidos de los clientes.

5.3. Control de procesos

En el proceso de producción de blocks ecológicos consiste en controlar variables para reducir la variabilidad de tamaño y consistencia del block ecológico; mediante la ocurrencia de tres tareas: medición, comparación y ajuste.

Tabla XXVII. **Índices de producción según la capacidad de la planta piloto.**

Producción mensual	26 400 unidades
Producción diaria	1 200 unidades
Días de secado	7 días
Días de cobertura	3 días

Fuente: elaboración propia.

5.4. Ventajas competitivas

La producción y venta de blocks ecológicos presenta varias ventajas competitivas para el mercado de la construcción en Guatemala, ya que por ser un producto ecológico fomenta la producción más limpia, y busca alternativas de reutilización para reintegrar este polímero a través de tecnologías de reciclaje, para utilizarlo como materia prima.

- Producto hecho con material reciclable: el block ecológico presenta una oportunidad para la fabricación de productos a base de materiales reciclados; esto permite integrar el plástico de polietilento tereftalato triturado procedente de los desechos de envases plásticos de bebidas

carbonatadas, jugos y productos de limpieza, como materia prima para realizar la mezcla que compone el block. Esta mezcla está compuesta por cemento, arena y PET triturado. El block ecológico utiliza parte del plástico triturado para reintegrar el PET como materia prima, siendo una alternativa para el mercado de la construcción.

Figura 56. **Block ecológico**

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

- Empresa ecológica: “las empresas que certifican sus productos y procesos de producción para ser amigables con el medio ambiente obtienen ventajas en los mercados que estén involucrados, ya que

promueven la responsabilidad, económica social y ambiental."[6] Estas certificaciones se dan por el apoyo de programas regionales de medio ambiente de diferentes países a través de procesos de cooperación internacional. El objetivo principal de las eco-empresas es que puedan promover un sentido de conciencia y sensibilización ambiental. Hoy en día en Guatemala y en el mundo existe una megatendecia sobre la importancia de la ecología, la gente está dispuesta a pagar más por productos que son respetuosos al medio ambiente. "Más del 60 % de los consumidores de todo el mundo prefiere comprar productos de compañías responsables con el medio ambiente y que respetan el entorno, aunque salgan más caros"[7]. En los países desarrollados los consumidores están dispuestos a pagar más por un producto ecológico mientras que en los países menos desarrollados los consumidores siempre buscan el producto más barato.

- Beneficios para el medio ambiente: el desarrollo industrial y tecnológico ha traído beneficios sociales y repercusiones negativas para el medio ambiente. La industria de bebidas gaseosas en el cambio de envase de vidrio a plástico de polietileno tereftalato ha generado un auge en la contaminación, ya que una parte de estas no se recicla. Las industrias de gaseosas han desarrollado diferentes tecnologías que recuperan y reutilizan los envases plásticos para luego convertirlos en una resina PET para integrarlo como materia prima.

[6] www.elperiodico.com.gt/es/20101112/economia/182212/ Consulta: 5 de agosto de 2013.

[7] http://www.mundo-geo.es/green-living/cuales-son-las-empresas-mas-ecologicas Consulta: 5 de agosto de 2013.

El uso de un residuo en un producto puesto un mercado presenta un gran beneficio para la disminución de la contaminación generada por dicho residuo. Tal es el caso del polietileno tereftalato existe en abundancia, la existencia de envases de bebidas, productos de limpieza y otros en las calles de la ciudad capital produce obstrucción al paso de agua en las alcantarillas, como resultado de ello las calles se inundan en invierno.

El uso del polímero PET para la industria de la construcción genera una reducción de residuos plásticos que puede formar parte de la materia prima del block ecológico, y propone una forma alternativa de materiales de construcción.

CONCLUSIONES

1. Se diseñó y caracterizó un block ecológico que permite integrar como materia prima, plástico triturado en la mezcla de cemento y arena. Se determinó que con la mezcla de 5 % de PET triturado, aumenta su resistencia y disminuye el peso. Por lo tanto, presenta una alternativa en los materiales de construcción.

2. El block ecológico con 5 % de PET es más resistente a la compresión y más liviano que en un block normal de cemento, es menos permeable ya que tiene una mayor absorción de agua. Este block puede ser utilizado para muros perimetrales con recubrimiento para mitigar la humedad y en tabiques o muros de separación para disminuir la carga en edificios

3. El costo del block ecológico presentó diversas dificultades por integrar el plástico triturado, ya que este tiene un costo de Q 2,00 por kilogramo de PET triturado. La cantidad de PET utilizado es de 5 %, lo que no cambia la proporción de cemento y arena significativamente en costos. El costo unitario de cada block ecológico es de Q2,18 en comparación con los costos unitarios de un block normal que es equivalente a Q 1,70 aproximadamente.

4. Se diseñaron las instalaciones de una planta piloto del proceso de producción limpia por medio la planeación de procesos, expresando en forma gráfica las operaciones necesarias para la realización de la mezcla y prensado de los blocks. Se establecieron 6 estaciones; preparado, triturado, mezclado, prensado, fraguado/curado y almacenamiento.

5. La puesta en funcionamiento de un sistema de producción de blocks ecológicos con base a polietileno tereftalato requiere de una serie de inversiones en máquinas y herramientas. Así como, en el reacondicionamiento del edificio para que tenga las condiciones adecuadas. El monto total de inversión asciende a la cantidad de Q(208 207,00); la estimación está basada en precios de mercado a la fecha de realizar el estudio.

RECOMENDACIONES

1. Diseñar nuevos productos de construcción con base en productos de plásticos triturados en donde se cambien las proporciones de mezclas de concreto y agregados en cilindros, y se varíe el tamaño de trituración de PET para mejorar el porcentaje de absorción de agua para luego determinar sus propiedades mecánicas.

2. Debido a que los blocks normales fabricados en la bloquera en la que se realizaron los blocks ecológicos, no cumplen con la norma Coguanor NTG 41054. Se debe buscar una bloquera que cumpla con la norma y realizar una muestra más representativa sobre cada mezcla: 5 blocks o más para determinar las características físicas y mecánicas según la norma. Se debe cumplir con el promedio de resistencia y absorción de agua que indica la norma.

3. Realizar prototipos con otro tipo de material de desecho para reducir los costos de materias primas utilizadas en mezclas de concreto, que permitan disminuir su peso y aumentar su resistencia a compresión.

4. Proponer varias alternativas de plantas piloto en donde se pueda determinar por factores de ponderación la mejor decisión en función del proceso de producción.

5. Realizar estudios de mercado para determinar la demanda de los blocks ecológicos, establecer un precio de mercado según la demanda

de productos ecológicos. Realizar varias alternativas de costos de operación con diferentes materiales para poder reducir en costo.

BIBLIOGRAFÍA

1. COGUANOR. *Industria de la construcción.* [en línea]. <http://www.coguanor.org/index.php?ID=4613&action=display&ID_BOLETIN=25 > [Consulta: 25 de enero de 2012].

2. DE LA CRUZ, ARNULFO. *Blocks ecológicos.* [en línea]. <http://www.tabascohoy.com/noticia.php?id_nota=184409 [Consulta: 25 de enero de 2012].

3. FUENTES HUETTE, Carlos Eduardo. *Materiales de construcción en Guatemala y su aplicación actual*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006. 53 p.

4. GAMBOA DE LEÓN Regil, Otto Raúl. *Optimización del proceso de fabricación de blocks de concreto del estándar 15/20/40 con grados de resistencia de 28 kg/cm2 caso especial fuerte block máquina 1.2.* Trabajo de graduación de Ing. Industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005.

5. MORALES OCHOA, Rafael Enrique. *Estudio sobre la resistencia a la compresión en albañilería de blocks clase A y su módulo de elasticidad.* Trabajo de graduación de Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1986. 53 p.

6. NIEBEL, Benjamín W. *Ingeniería industrial métodos, tiempos y movimientos.* 3a ed. México: Alfaomega. 1990. 814 p.

7. PULLAGUARI PUENTE, Ángela Susana. *Diseño de blocks en base a polietileno –Tereftalato (plástico reciclado).* Trabajo de graduación de Tecnóloga en Administración de proyectos de construcción, Escuela Politécnica Nacional, Quito Ecuador, 2010. 61 p.

8. RODRÍGUEZ, MODESTO. *Block ecológico.* [en línea]. <http://ecoportaldominicano.com/index.php?option=com_content&view=article&id=153:block-ecologico-un-nuevo-concepto-en-la construccion&catid=50:articulos-interesantes&Itemid=72>. [Consulta: 25 de enero de 2012].

9. ROMANO, Giovanni. *Industria del reciclado de Guatemala* [en línea] <http://www.ingenieriaplastica.com/Entrevistas/entre_Pacifico_07.html> [Consulta: 25 de enero de 2012].

10. SCHROEDER, Roger G. *Administración de operaciones*. 3a ed. México: McGraw-Hill, 1992. 855 p.

APÉNDICE

Apéndice 1. **Resultados de ensayos -CII- USAC**

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

BLOCKS

1. DATOS GENERALES

O.T. No. 32038

INFORME No. 483-M

INTERESADO: EDGAR ALFREDO SALGUERO UCELO, CARNE No. 2009-15110
PROYECTO: TRABAJO DE GRADUACION " DISEÑO DE UN SISTEMA DE PRODUCCION PARA LA ELABORACION DE BLOCK, ECOLOGICOS CON BASE A POLIETILENO TERAFTALATO"
ASUNTO: ENSAYO DE BLOCKS A COMPRESION SEGÚN NORMA COGUANOR 41054
PROVEEDOR: **********
FECHA: GUATEMALA, 27 DE SEPTIEMBRE DE 2013.

2. RESULTADOS ENSAYO

No.	Identificación	Largo cm	Ancho cm	Altura cm	Peso kg	Abs %	Esfuerzo neto kg/cm^2	Esfuerzo Bruto kg/cm^2	Densidad kg/m^3
01	Normal	39.50	15.00	19.83	9.445	27.45	29.72	20.03	1011
02	Normal	39.47	15.00	20.60	9.450	26.83	26.88	17.70	1008
03	5% PET	39.60	14.80	20.20	8.800	30.09	36.04	24.20	954
04	5% PET	39.70	14.80	20.10	8.490	31.64	29.31	19.41	933
05	10% PET	39.80	14.80	19.90	7.215	30.94	10.00	5.99	929
06	10% PET	39.80	14.80	19.80	7.800	36.07	13.56	8.35	917
07*	20% PET	*****	*****	****	***	***	*****	*****	*****
08	20% PET	39.80	15.00	20.40	7.835	39.02	5.87	3.59	879

Nota. * por apariencia en mal estado no se realizo ensayo.

Observaciones. muestras proporcionadas por el interesado.

Atentamente,

Ing. Pablo Christian De León Rodríguez
Usero de Metales y Productos Manufacturados

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA C.I.I.

/cbr

C.C. SECRETARIA CSUSAC
SECCION DE METALES

Centro de Investigaciones de Ingeniería, CII
Ciudad Universitaria, Zona 12, Edificio T5, Nivel 2
Tel. (502) 24189100, Extensión: 1595

Fuente: ensayo número 483 CII-USAC.

ANEXO

Anexo 1**.** **Parámetros de la zona G5 plan de ordenamiento territorial**

G5							
	POT PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL						
	PARÁMETROS				PROCEDIMIENTOS		
Núcleo	descripción			unidad	DCT	JOT + VEC + COM	
						JOT	JOT + VEC
FRACCIONAMIENTO							
	frente de predios			m	21 ~	6 ~ < 21	▫
	superficie efectiva de predios			m^2	600 ~	450 ~ < 600	▫
OBRAS							
	índice de edificabilidad	base		relación	~ 6.0	▫	▫
		ampliado		relación	> 6.0 ~ 9.0*	▫	
	altura (predominan restricciones de aeronáutica)	base		m	~ 64	▫	> 64 ~ 96
		ampliada		m	> 64 ~ 96*	> 96 ~	
	porcentaje de permeabilidad			%	0% ~	▫	
BLOQUE INFERIOR	h ~ 16m	separaciones a colindancias		m	0 ~	▫	
		lado mínimo de patios y pozos de luz		relación (h=altura)	1/4 h ~	▫	
BLOQUE SUPERIOR	h >16m ~	separaciones a colindancias		m	5 ~	▫	< 5
		lado mínimo de patios y pozos de luz		relación (h=altura)	1/8 h ~	▫	
USO DEL SUELO (ver clasificación de usos del suelo)							
	natural			m^2	0 ~	▫	
	rural			m^2	0 ~	▫	
	residencial			m^2	0 ~	▫	
	mixto (al cumplir este % se obvia el parámetro normativo de usos no residenciales con actividades ordinarias)			% residencial	25% ~	▫	
no residencial	con actividades	ordinarias		m^2	0 ~	▫	
		condicionadas I		m^2	▫	0 ~	▫
		condicionadas II		m^2	▫	▫	0 ~
		condicionadas III		m^2	▫	0 ~	

SIMBOLOGIA	~ x : desde "0" hasta "x" | x ~ y : desde "x" hasta "y" | x ~ : desde "x" hasta infinito | > : mayor que | < : menor que	
* : Aplica a través de Incentivos o TEC	Modificable a través de PLOT	▫ No permitido

DCT: dirección de control territorial COM: concejo municipal JOT: junta de ordenamiento territorial VEC: opinión de vecinos TEC: transferencia de edificabilidad por compensación PLOT: plan local de ordenamiento territorial

Fuente: http://vu.muniguate.com/ZG5.html. Consulta: septiembre de 2014.

Anexo 2. **Fraccionamiento POT**

FRACCIONAMIENTO				
frente de predios	m	21 ~	6 ~ < 21	▫
superficie efectiva de predios	m^2	600 ~	450 ~ < 600	▫

Fuente: http://vu.muniguate.com/ZG5.html. Consulta: septiembre de 2014.

Anexo 3. **Parámetros obras POT**

OBRAS							
índice de edificabilidad		base	relación	~ 6.0	▫	▫	
		ampliado	relación	> 6.0 ~ 9.0*	▫		
altura (predominan restricciones de aeronáutica)		base	m	~ 64	▫	> 64 ~ 96	
		ampliada	m	> 64 ~ 96*	> 96 ~		
porcentaje de permeabilidad			%	0% ~	▫		
BLOQUE INFERIOR	h ~ 16m	separaciones a colindancias	m	0 ~	▫		
		lado mínimo de patios y pozos de luz	relación (h=altura)	1/4 h ~	▫		
BLOQUE SUPERIOR	h >16m ~	separaciones a colindancias	m	5 ~	▫	< 5	
		lado mínimo de patios y pozos de luz	relación (h=altura)	1/8 h ~	▫		

Fuente: http://vu.muniguate.com/ZG5.html. Consulta: septiembre de 2014.