



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

**DISEÑO DE PROTOTIPO DE CASA AUTOSOSTENIBLE PARA LA CREACIÓN DE NUEVOS  
SISTEMAS ECOLÓGICOS, EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, USAC**

**Krysthel Bríthenny Beetzhabeth Jiménez Dubón**  
Asesorado por el Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel

Guatemala, enero de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE PROTOTIPO DE CASA AUTOSOSTENIBLE PARA LA CREACIÓN DE NUEVOS  
SISTEMAS ECOLÓGICOS, EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, USAC**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**KRYSTHEL BRÍTHENNY BEETZHABETH JIMÉNEZ DUBÓN**  
ASESORADO POR EL ING. JAIME HUMBERTO BATTEN ESQUIVEL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA INDUSTRIAL**

GUATEMALA, ENERO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
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**

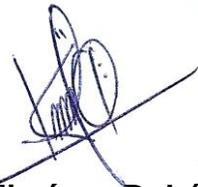
DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADORA	Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
EXAMINADOR	Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **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 PROTOTIPO DE CASA AUTO SOSTENIBLE PARA LA CREACIÓN DE NUEVOS SISTEMAS ECOLÓGICOS, EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, USAC**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 4 de abril de 2013.



**Krysthel Bríthenny Beetzabeth Jiménez Dubón**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 08 de octubre de 2014.  
REF.EPS.DOC.1038.10.2014.

Ingeniero  
Silvio José Rodríguez Serrano  
Director Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ing. Rodríguez Serrano.

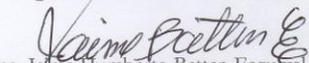
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) de la estudiante universitaria de la Carrera de Ingeniería Industrial, **Krysthel Brithenny Beetzhabeth Jiménez Dubón**, Carné No. **200714723** procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE PROTOTIPO DE CASA AUTO SOSTENIBLE PARA LA CREACIÓN DE NUEVOS SISTEMAS ECOLÓGICOS, EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, USAC.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

  
Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel  
Asesor-Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



JHBE/ra

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 08 de octubre de 2014.  
REF.EPS.D.586.10.2014

Ingeniero  
César Ernesto Urquizú Rodas  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ing. Urquizú Rodas.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE PROTOTIPO DE CASA AUTO SOSTENIBLE PARA LA CREACIÓN DE NUEVOS SISTEMAS ECOLÓGICOS, EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, USAC**, que fue desarrollado por la estudiante universitaria, **Krysthel Brithenny Beetzabeth Jiménez Dubón** quien fue debidamente asesorada y supervisada por el Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor-Supervisor de EPS, en mi calidad de Director, apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
Director Unidad de EPS

SJRS/ra



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA

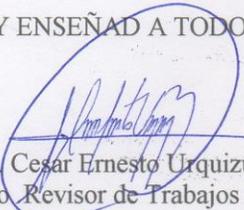


FACULTAD DE INGENIERIA

REF.REV.EMI.163.014

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DE PROTOTIPO DE CASA AUTO SOSTENIBLE PARA LA CREACIÓN DE NUEVOS SISTEMAS ECOLÓGICOS, EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, USAC**, presentado por la estudiante universitaria **Krysthel Brithenny Beetzhabeth Jiménez Dubón**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Ing Cesar Ernesto Urquiza Rodas  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, octubre de 2014.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA

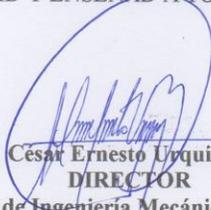


FACULTAD DE INGENIERIA

REF.DIR.EMI.004.015

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 PROTOTIPO DE CASA AUTOSOSTENIBLE PARA LA CREACIÓN DE NUEVOS SISTEMAS ECOLÓGICOS, EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, USAC**, presentado por la estudiante universitaria **Krysthel Brithenny Beetzabeth Jiménez Dubón**, 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



Guatemala, enero de 2015.

/mgp

Universidad de San Carlos  
De Guatemala

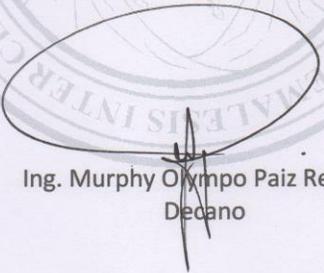


Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 018.2015

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 PROTOTIPO DE CASA AUTOSOSTENIBLE PARA LA CREACIÓN DE NUEVOS SISTEMAS ECOLÓGICOS, EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, USAC**, presentado por la estudiante universitaria **Krysthel Brithenny Beetzhabeth Jiménez Dubón**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, 23 de enero de 2015

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por ser una importante influencia en mi carrera y por darme la sabiduría para tomar mis decisiones.
<b>Mis padres</b>	Julio Alfonzo Jiménez y Belia Dubón. Su amor y apoyo serán siempre mi inspiración.
<b>Mis hermanos</b>	María José, Julio Alfonzo, Brandon Eduardo Jiménez Dubón, por ser el motor que impulsa mi vida.
<b>Mi sobrino</b>	Sebastián Alejandro Navas Jiménez, por ser una luz en mi camino.
<b>Mis padrinos</b>	Ing. Sergio López y Vilma Dubón, por ser como mis segundos padres y apoyarme incondicionalmente.
<b>Mis tíos</b>	Por su amor y apoyo.
<b>Mis primos</b>	Por su amor y apoyo incondicional.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>La Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser mi alma máter.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Porque le debo mi formación y por ser mi segundo hogar.
<b>Mis amigos de la Facultad</b>	Por todo su cariño y apoyo incondicional a lo largo de la carrera y de mi vida.
<b>Mis catedráticos</b>	Por su tan valiosa enseñanza.
<b>Ing. Oswin Melgar</b>	Por su confianza al haberme apoyado para realizar mi trabajo de graduación dentro de la Sección de Gestión de la Calidad.
<b>Centro de Investigaciones de Ingeniería</b>	Por haberme permitido llevar a cabo mi trabajo de graduación.
<b>LAFIQ</b>	A los miembros del laboratorio de Físicoquímica del CII, por su ayuda.
<b>Carpintería del CII</b>	A su personal, por su ayuda incondicional.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XVII
GLOSARIO.....	XIX
RESUMEN.....	XXI
OBJETIVOS.....	XXIII
INTRODUCCIÓN.....	XXV
1. INFORMACIÓN DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, CII.....	1
1.1. Datos generales.....	1
1.1.1. Localización.....	1
1.1.2. Antecedentes.....	2
1.1.3. Objetivos.....	6
1.1.4. Visión.....	6
1.1.5. Misión.....	7
1.1.6. Políticas.....	7
1.1.7. Funciones.....	10
1.1.8. Recursos.....	11
1.1.8.1. Naturales.....	11
1.1.8.2. Físicos.....	11
1.1.8.3. Humanos.....	11
1.2. Estructura organizacional.....	12
1.2.1. Secciones del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería.....	12

1.2.2.	Organigrama del Centro de Investigaciones de Ingeniería .....	13
1.3.	Datos generales de la Sección de Gestión de la Calidad .....	15
1.3.1.	Nombre .....	15
1.3.2.	Localización.....	15
1.3.3.	Antecedentes .....	17
1.3.4.	Objetivos .....	18
1.3.5.	Misión.....	19
1.3.6.	Visión .....	20
1.3.7.	Políticas.....	20
1.3.8.	Estructura organizacional .....	21
1.3.8.1.	Organigrama Sección de Gestión de la Calidad.....	21
2.	DISEÑO DE PROTOTIPO DE CASA AUTOSOSTENIBLE PARA LA CREACIÓN DE NUEVOS SISTEMAS ECOLÓGICOS EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, USAC .....	23
2.1.	Situación actual de la empresa .....	23
2.1.1.	Diagnóstico de la situación .....	23
2.1.1.1.	Recopilación de antecedentes históricos sobre el proyecto .....	24
2.1.1.2.	Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas (DOFA) .....	25
2.1.1.3.	Identificación del problema .....	26
2.1.1.4.	Descripción del problema .....	26
2.1.1.5.	Análisis e identificación del área de trabajo .....	27
2.1.1.6.	Estrategias.....	27
2.2.	Propuesta.....	29

2.2.1.	Diseño de infraestructura de casa ecológica.....	29
2.2.1.1.	Aspectos técnicos .....	29
2.2.1.2.	Ventilación .....	32
2.2.1.3.	Paredes ecológicas.....	39
2.2.1.4.	Techo.....	42
2.2.1.5.	Pisos .....	45
2.2.1.6.	Iluminación.....	45
2.2.2.	Creación de servicios ecológicos .....	46
2.2.2.1.	Celdas Fotovoltaicas con Dióxido de Titanio .....	46
2.2.2.1.1.	Funcionamiento.....	47
2.2.2.1.2.	Planos .....	48
2.2.2.1.3.	Descripción y uso de materiales .....	49
2.2.2.1.4.	Descripción del equipo e instrumentos de laboratorio .....	56
2.2.2.1.5.	Guía de elaboración para la celda fotoquímica.....	67
2.2.2.1.6.	Diseño y creación de prototipo .....	75
2.2.2.1.7.	Tiempo de elaboración de celdas fotoquímicas.....	76
2.2.2.1.8.	Diagramas de flujo del proceso .....	78
2.2.2.1.9.	Pruebas.....	81
2.2.2.1.10.	Resultados .....	86

2.2.2.2.	Creación de celdas fotovoltaicas con placas de cobre .....	88
2.2.2.2.1.	Funcionamiento .....	89
2.2.2.2.2.	Planos.....	89
2.2.2.2.3.	Descripción y uso de materiales .....	91
2.2.2.2.4.	Guía de elaboración para la celda fotovoltaica .....	91
2.2.2.2.5.	Tiempo de elaboración para la celda fotovoltaica .....	99
2.2.2.2.6.	Diagrama de flujo del proceso para celda fotovoltaica .....	100
2.2.2.2.7.	Pruebas .....	103
2.2.2.2.8.	Resultados.....	117
2.2.2.3.	Construcción de canaletas.....	118
2.2.2.3.1.	Funcionamiento .....	118
2.2.2.3.2.	Descripción y uso de materiales .....	119
2.2.2.3.3.	Descripción del proceso de elaboración .....	120
2.2.2.3.4.	Guía de elaboración de canaletas .....	120
2.2.2.3.5.	Pruebas .....	124
2.2.2.3.6.	Resultados.....	125

2.2.2.4.	Pronóstico para la captación de aguas pluviales .....	125
2.2.2.4.1.	Delimitación geográfica .....	126
2.2.2.4.2.	Recopilación de datos históricos en el INSIVUMEH .....	129
2.2.2.4.3.	Predicción de captación de aguas pluviales .....	133
2.2.2.4.4.	Pronóstico de la utilización de agua dentro de la vivienda ...	141
2.2.2.4.5.	Cantidad de agua captada en el techo de la vivienda .....	142
2.2.2.4.6.	Recopilación de datos históricos de uso pluvial en EMPAGUA .....	166
2.2.2.5.	Creación de filtros .....	174
2.2.2.5.1.	Funcionamiento.....	174
2.2.2.5.2.	Descripción y uso de materiales .....	175
2.2.2.5.3.	Descripción del proceso de elaboración.....	183
2.2.2.5.4.	Guía para la elaboración de filtros ...	186

	2.2.2.5.5.	Pruebas .....	188
	2.2.2.5.6.	Resultados.....	188
2.2.3.	Análisis económico.....		189
	2.2.3.1.	Análisis para la programación del proyecto.....	189
	2.2.3.2.	Distribución del costo de producción..	191
	2.2.3.2.1.	Materia prima.....	191
	2.2.3.2.2.	Gasto de fabricación ...	196
3.	MINIMIZACIÓN EN EL CONSUMO DE AGUA DENTRO DE LA VIVIENDA.....		201
3.1.	Consumo.....		201
	3.1.1.	Recolección de datos históricos .....	201
	3.1.2.	Pronósticos para demandas futuras .....	202
3.2.	Concientización.....		202
	3.2.1.	Rotulación .....	203
	3.2.2.	Trifoliar informativo .....	205
3.3.	Tecnología .....		207
	3.3.1.	Descripción de materiales .....	207
	3.3.2.	Diseño del sistema ahorrador de agua .....	209
	3.3.3.	Funcionamiento .....	210
3.4.	Minimización en el uso del sistema pluvial .....		210
	3.4.1.	Comparación del sistema implementado con el actual.....	210
4.	CAPACITACIÓN PARA LAS PERSONAS A QUIENES SE LES IMPLEMENTARÁN LOS SISTEMAS ECOLÓGICOS DENTRO DE LA VIVIENDA.....		213
4.1.	Planificación .....		213

	4.1.1.1.	Costo del evento .....	213
4.2.		Programación .....	214
	4.2.1.	Programación de horarios .....	214
		4.2.1.1. Tiempo de ejecución de las capacitaciones .....	215
	4.2.2.	Calendarización de actividades.....	215
	4.2.3.	Plan de capacitación .....	216
		4.2.3.1. Uso adecuado de los sistemas ecológicos .....	217
	4.2.4.	Determinación de la cantidad de horas necesarias .....	218
4.3.		Metodología.....	218
	4.3.1.	Conferencias.....	219
		4.3.1.1. Trifoliar.....	219
4.4.		Evaluación.....	221
	4.4.1.	Propuesta de encuesta durante la capacitación para el consumidor final .....	222
	4.4.2.	Propuesta de hoja de <i>checklist</i> para la verificación del uso y funcionamiento de los sistemas ecológicos .....	223
4.5.		Resultados.....	224
	4.5.1.	Mejoramiento del uso en los sistemas ecológicos.....	224
	4.5.2.	Detección de mejora continua para las necesidades de las personas dentro de una vivienda.....	225
CONCLUSIONES .....			227
RECOMENDACIONES.....			229
BIBLIOGRAFÍA.....			231



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Bosquejo de ubicación del Centro de Investigaciones de Ingeniería .....	2
2.	Organigrama del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería.....	14
3.	Bosquejo de la ubicación de la Sección de Gestión de la Calidad.....	16
4.	Organigrama Sección de Gestión de la Calidad.....	22
5.	Área de construcción propuesto de casa autosostenible.....	32
6.	Tabla de renovación del aire en número de veces/hora .....	34
7.	Coeficiente de entrada de la ventana .....	35
8.	Diseño de ventanas 0,84* 0,84 metros para pared de 7 metros de largo.....	37
9.	Diseño de ventanas 0,86* 0,86 metros para pared de 5 metros de largo.....	38
10.	Especificaciones envase PET .....	40
11.	Diseño de pared ecológica trasera de 7 metros largo por 3 metros de altura.....	40
12.	Diseño de pared ecológica frontal de 7 metros de largo por 3 metros de altura .....	41
13.	Diseño de pared ecológica lateral izquierda y derecha de 5 metros de largo por 3 de altura .....	41
14.	Representación gráfica de techo a dos aguas.....	42
15.	Diseño de techo de la casa auto sostenible .....	46
16.	Medida de la celda fotoquímica dióxido de estaño .....	48
17.	Lámina de vidrio (portaobjetos) .....	50

18.	Pintura látex blanca al 75 por ciento de dióxido de titanio .....	51
19.	Óxido de estaño en polvo .....	52
20.	Moras para la fabricación del colorante vegetal .....	53
21.	Horno tipo mufla Barnstead Thermolyne Furnace 1 400 .....	54
22.	Lagartos para medición de voltaje .....	55
23.	Multímetro digital .....	56
24.	Instrumentos de laboratorio (horno mufla, portaobjetos, pintura látex, mortero de porcelana, óxido de estaño) .....	58
25.	Horno tipo mufla Barnstead Thermolyne Furnace 1 400 .....	59
26.	Balanza digital de laboratorio VWR .....	60
27.	Crisol de porcelana con estaño (Sn) .....	61
28.	Campana extractora de gases .....	62
29.	Equipo de protección personal (guantes de asbesto, careta protectora, pinzas para crisoles) .....	64
30.	Portaobjetos asegurado en una superficie plana y aplicación de pintura látex blanca al 75 por ciento de titanio (Ti) .....	67
31.	Pesaje de los gramos de óxido de estaño .....	68
32.	Portaobjetos sumergido en una caja de Pretti con ácido clorhídrico ...	69
33.	Extracción del portaobjetos.....	70
34.	Medición del portaobjetos para verificar su polaridad .....	71
35.	Portaobjetos rallado con grafito .....	72
36.	Ensamble de la celda fotoquímica .....	73
37.	Propuesta del procedimiento para la elaboración de la celda .....	74
38.	Hoja Núm. 1 diagrama de flujo del proceso para la creación de una celda fotoquímica.....	79
39.	Hoja Núm. 2 diagrama de flujo de operaciones para la creación de una celda fotoquímica.....	80
40.	Plano de planta de la celda fotovoltaica con lámina de cobre .....	90
41.	Plano vista lateral de la celda fotovoltaica con lámina de cobre.....	90

42.	Corte de la lámina de cobre Núm.1 de medida 10 por 12 centímetros .....	92
43.	Calentamiento de la lámina de cobre Núm. 1 en estufa eléctrica de 110 voltios.....	93
44.	Adhesión de palillos de madera con pegamento para formar un marco en la lámina de cobre Núm. 2.....	94
45.	Aplicación de ácido nítrico al 15 por ciento, sobre la lámina previamente calentada .....	95
46.	Aplicación de gel para el cabello dentro del marco de madera adherido a la lámina de cobre .....	96
47.	Adhesión de la lámina Núm. 2 con la lámina Núm. 1, con pegamento (cemento de contacto).....	97
48.	Inyección de la solución salina a la celda fotovoltaica .....	97
49.	Propuesta del procedimiento para la elaboración de celda fotovoltaica.....	98
50.	Hoja Núm. 1, diagrama de flujo del proceso para la creación de una celda fotovoltaica .....	101
51.	Hoja Núm. 2, diagrama de flujo del proceso para la creación de una celda fotovoltaica .....	102
52.	Vista de frente del panel solar .....	104
53.	Vista lateral del panel solar .....	105
54.	Vista trasera del panel solar .....	106
55.	Panel solar con celdas fotovoltaicas a partir de láminas de cobre .....	107
56.	Capacitor de placas paralelas con carga.....	108
57.	Elaboración de canaletas con bambú y envases de PET de 2,5 litros.....	121
58.	Propuesta del procedimiento para la elaboración de canaletas.....	123
59.	Instalación del sistema de captación pluvial .....	124
60.	Mapa de porcentaje de lluvia acumulada en junio de 2013 .....	127

61.	Mapa de índice de sequía meteorológica en junio de 2013 .....	128
62.	Acumulados mensuales y anuales de lluvia en milímetros (mm.) .....	130
63.	Totales mensuales y anuales de días de lluvia .....	131
64.	Lluvia acumulada del 01 al 23 de mayo de 2013 .....	132
65.	Lluvia diaria del 23 de mayo de 2013 .....	133
66.	Medición de captación de agua pluvial por parte de INSIVUMEH.....	143
67.	Pluviómetro.....	144
68.	Rango y consumo de agua por metro cúbico.....	167
69.	Precio del servicio por rangos de consumo de agua de EMPAGUA ..	168
70.	Rango utilizado por mes dentro de la vivienda.....	169
71.	Recipiente plástico con capacidad de 1,5 litros para filtros .....	176
72.	Tanque almacenador de agua de lluvia con capacidad de 75 litros ...	177
73.	Adaptador macho PVC de ½ pulgada.....	178
74.	Adaptador hembra PVC de ½ pulgada .....	179
75.	Piedra pómez (pumita) .....	180
76.	Piedrín de 1 pulgada.....	181
77.	Carbón activado .....	182
78.	Propuesta del procedimiento para la elaboración de filtros .....	184
79.	Sistema de filtración instalado .....	185
80.	Propuesta del procedimiento para la elaboración de filtros .....	187
81.	Diagrama CPM para la duración del proyecto de la casa autosostenible .....	190
82.	Precio del servicio por rangos de consumo de agua de EMPAGUA ..	201
83.	Propuesta de rótulos para el uso adecuado del agua dentro de la vivienda .....	203
84.	Rotulación del sistema de recolección, filtración y tanques almacenadores .....	204
85.	Trifoliar informativo para la concientización del uso adecuado del agua dentro de la vivienda.....	205

86.	Trifoliar informativo para evitar el desperdicio de agua.....	206
87.	Propuesta para el diseño del sistema ahorrador de agua.....	209
88.	Propuesta para la portada del trifoliar informativo .....	220
89.	Propuesta para la parte informativa del trifoliar .....	221
90.	Propuesta de encuesta durante la capacitación .....	222
91.	Propuesta de <i>checklist</i> para verificar el uso y funcionamiento de los sistemas ecológicos .....	223

## TABLAS

I.	Recurso humano del Centro de Investigaciones de Ingeniería.....	12
II.	Análisis DOFA .....	25
III.	Comparación del análisis DOFA .....	28
IV.	Especificaciones técnicas del equipo de protección personal ....	65
V.	Tiempo estimado para la elaboración de una celda fotoquímica .....	77
VI.	Resumen de las pruebas .....	87
VII.	Tiempo estimado para la elaboración de una celda fotoquímica .....	99
VIII.	Datos en miliamperios (mA). generados en día semisoleado ..	112
IX.	Datos en miliamperios (mA.) generados en día soleado .....	114
X.	Detalle de pago mensual por Kilowatt hora.....	117
XI.	Cantidad de milímetros de lluvia de enero desde 2007 al 2013.....	135
XII.	Cantidad de milímetros de lluvia de febrero .....	135
XIII.	Cantidad de milímetros de lluvia de marzo .....	136
XIV.	Cantidad de milímetros de lluvia de abril .....	136
XV.	Cantidad de milímetros de lluvia de mayo .....	137

XVI.	Cantidad de milímetros de lluvia de junio del 2007 al 2013 .....	137
XVII.	Cantidad de milímetros de lluvia de julio .....	138
XVIII.	Cantidad de milímetros de lluvia de agosto .....	138
XIX.	Cantidad de milímetros de lluvia de septiembre .....	139
XX.	Cantidad de milímetros de lluvia de octubre .....	139
XXI.	Cantidad de milímetros de lluvia de noviembre .....	140
XXII.	Cantidad de milímetros de lluvia de diciembre .....	140
XXIII.	Resumen de los milímetros de lluvia para el 2014 .....	141
XXIV.	Consumo de agua diaria por persona .....	142
XXV.	Resumen del volumen de agua de lluvia para el 2014 .....	166
XXVI.	Resumen del pago y ahorro por mes en EMPAGUA .....	173
XXVII.	Actividades para la construcción de la casa autosostenible ....	190
XXVIII.	Costo de envases PET.....	192
XXIX.	Costo de las libras de cobre .....	193
XXX.	Costo de productos PVC de ½ pulgada, para el sistema de almacenaje.....	193
XXXI.	Costo de productos PVC de ½ pulgada para la creación de filtros orgánicos.....	194
XXXII.	Costo de materiales indirectos .....	195
XXXIII.	Costo total de materia prima .....	195
XXXIV.	Costo total de mano de obra .....	196
XXXV.	Detalle del gasto eléctrico mensual .....	198
XXXVI.	Total de gasto de fabricación de 25 placas de cobre.....	198
XXXVII.	Cuadro resumen de los costos para la fabricación de la casa autosostenible.....	199
XXXVIII.	Consumo de agua diaria por persona .....	202
XXXIX.	Consumo de litros de agua por persona dentro de la vivienda.....	210
XL.	Costo por evento.....	214

XL I.	Horarios de capacitación .....	214
XLII.	Hoja de calendarización de actividades para las capacitaciones.....	216
XLIII.	Horas empleadas para la elaboración de los sistemas ecológicos.....	218



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>m</b>	Metro
<b>mm</b>	Milímetro
<b>mA</b>	Miliamperio



## GLOSARIO

<b>Agua pluvial</b>	Precipitación acuosa en forma de gotas; en especial cuando se produce en forma de gotas muy finas.
<b>Anemómetro</b>	Instrumento para medir la velocidad de circulación de un fluido gaseoso, en especial del viento.
<b>Canaleta</b>	Conducto que se utiliza como desagüe para conducir el agua de la lluvia de los tejados al suelo.
<b>Carbón activado</b>	Es un término genérico que describe una familia de absorbentes carbonáceos altamente cristalinos y una porosidad interna altamente desarrollada.
<b>Celda fotovoltaica</b>	Sistemas fotovoltaicos que convierten directamente parte de la luz solar en electricidad.
<b>Filtro</b>	Materia porosa, a través de la cual se hace pasar un fluido para clarificarlo o depurarlo.
<b>Mufla</b>	Hornillo refractario, soporta altas temperaturas.



## RESUMEN

Para la implementación de nuevos sistemas ecológicos para que una casa sea autosostenible se debe de tomar en cuenta la salud y la ecología del lugar ya que hay lugares que, por su ubicación geográfica podrían ser más soleados que otros, incluso lugares donde la mayoría del tiempo llueve. Según la ubicación, así se tendrán los recursos naturales que se podrían utilizar para la creación de sistemas ecológicos.

El sol es una de las energías renovables más utilizadas en la actualidad en cuanto a ahorro energético se refiere, ya que su costo es mucho más bajo que el de energía eléctrica, generada por caudales en ríos.

En lugares húmedos donde los rayos solares no son tan intensos como en lugares cálidos, se podría aprovechar de una mejor manera la captación de aguas grises (de lluvia) para una mejor utilización en servicios básicos como lo son el servicio sanitario, ducha, riego, lavado de ropa, etc., ya que los servicios se adaptarán a la construcción de una vivienda formal o a una casa de primera necesidad.

Como ya se mencionó, cada recurso se podrá aprovechar de una mejor manera identificando con qué riqueza natural cuenta cada lugar según se encuentre ubicado, ya que para que una casa sea autosostenible se tienen que tomar en cuenta todas las variables que rodean al lugar y hacer un uso correcto y adecuado de los recursos que la naturaleza provee.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar un prototipo para crear nuevos sistemas ecológicos, en el Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC para una casa autosostenible.

### **Específicos**

1. Utilizar materiales reciclables a bajo costo.
2. Captar la mayor cantidad de agua pluvial con la ayuda de canaletas que se instalarán en la vivienda.
3. Crear prototipos ecológicos para el aprovechamiento de los recursos naturales.
4. Minimizar la utilización de agua dentro de la vivienda con la ayuda de un sistema ahorrador.
5. Proponer las herramientas adecuadas para el mejor uso y control de los sistemas ecológicos dentro de la vivienda.



## INTRODUCCIÓN

Un sistema ecológico comprende elementos naturales y humanos vinculados por relaciones de dependencia mutua, entre los cuales están en relieve: el clima, los ríos, los suelos, las plantas. El hombre interviene como un ser vivo especial porque depende de los recursos naturales pero también tiene la capacidad para modificarlos rápidamente, ya sea con un efecto positivo o negativo.

En la actualidad se busca la manera de reutilizar los recursos naturales, entre los que se puede mencionar la captación de los rayos solares y de agua pluvial de la mejor manera posible, ya que en varios sectores la escasez de agua por la contaminación de ríos, lagos, se hace más notoria, se busca crear un nuevo sistema de captación de agua, en el cual se implementará el uso de aguas grises (de lluvia), ya que los servicios se adaptarán a la construcción de una vivienda formal o a una casa de primera necesidad.

Para un mejor aprovechamiento de las aguas grises se pretende colocar un tipo de canaletas en donde el agua que cae al techo se conduzca a un tanque donde se almacenará el líquido para que luego, por gravedad, pase por un filtro elaborado con materiales de bajo costo para ser utilizada en la ducha, en servicio sanitario y ser reutilizada de manera cíclica. Se crearán celdas fotovoltaicas y la creación de un panel solar en donde se almacenará la energía solar y se transformará en energía eléctrica con la ayuda de transformadores. El prototipo de vivienda autosostenible servirá de base para que familias que carezcan de cualquier servicio como energía eléctrica, incluso agua de uso doméstico puedan implementarlos, utilizando materiales de bajo costo.



# **1. INFORMACIÓN DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, CII**

## **1.1. Datos generales**

A continuación se muestra la información detallada del Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII), dónde se expondrá los aspectos más importantes de dicha institución, como lo son: localización, antecedentes, visión, misión, entre otros.

### **1.1.1. Localización**

El Centro de Investigación de Ingeniería se encuentra en Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, USAC Ciudad Universitaria, zona 12, edificio T5, nivel 2, tel. (502) 2418-9115, fax (502) 2418-9121.

Figura 1. **Bosquejo de ubicación del Centro de Investigaciones de Ingeniería**



Fuente: [https://maps.google.com.gt/maps?q=centro+de+investigaciones+de+ingenier % C3 %ADa+usac+&ie=UTF-8&hl=es](https://maps.google.com.gt/maps?q=centro+de+investigaciones+de+ingenier+%C3%A0+usac+&ie=UTF-8&hl=es). Consulta: noviembre de 2012.

### 1.1.2. **Antecedentes**

El Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII) es una institución dedicada al apoyo y fomento del cumplimiento de las políticas de investigación, extensión y docencia de la Universidad de San Carlos de Guatemala en la Facultad 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 el 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 pasó 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.

En el 2007 se inicia la ampliación en estructura del CII, con la construcción del 3er nivel del edificio T-5 y de un edificio en el área de prefabricados; además de la remodelación y modernización de los laboratorios de Química en el edificio T-5, las cuales son inauguradas en el 2008.

En el 2009 se crea el Laboratorio de Investigación en Extractos Vegetales, LIEEXVE, antes Planta Piloto de Extracción-Destilación, como parte de la Sección de Química Industrial. Asimismo se crea la Planta Piloto de Extracción de Biodiesel en dicho laboratorio, en agosto de 2009. También se crean las Sección de Topografía y Catastro, y la Sección de Tecnología de la Madera en ese mismo año. En marzo del 2010 se oficializa la Sección de Gestión de la Calidad, teniendo como objetivo el desarrollo del Sistema de Gestión de la Calidad del Centro de Investigaciones de Ingeniería, para lograr la Acreditación de Ensayos de Laboratorio bajo la Norma ISO/IEC 17025. Al mes de mayo de 2011 se encuentra en proceso la creación de la Sección de Innovación, y se unificó en marzo de este mismo año, la Sección de Agregados y Concretos, con la Sección de Aglomerantes y Morteros, quedando conformada como Sección de Agregados, Concretos y Morteros. Para el segundo semestre del 2011 se proyecta la creación oficial de la Unidad de Seguridad Industrial Ocupacional, como soporte técnico de las actividades de Seguridad Industrial que se llevan a cabo en la Sección de Gestión de la Calidad.

A partir de junio del 2010 se inició la formación del Sistema de Gestión de la Calidad para todo el centro de investigaciones, centrado en el proceso de Acreditación de Ensayos de Laboratorio bajo la Norma ISO 17025, en las secciones de Concretos, Metales, Química Industrial y Suelos; el cual se ha ido fortaleciendo en el transcurso del 2011, por medio de un programa de capacitación continua al personal, así como con la implementación de la Política y de los Objetivos de Calidad, así como herramientas de Planificación Estratégica, formación de Comités de Calidad, elaboración de documentación técnica e implementación de formatos y registros técnicos y de calidad en las cuatro secciones mencionadas.

Además se están formulando actividades tendientes a fortalecer el sistema de calidad en el componente de Seguridad Industrial, con la señalización de seguridad en las áreas de máquinas y puntos de reunión, equipamiento de seguridad industrial, formación de brigadas de emergencia y simulacros de evacuación.

Todas las secciones que forman parte del CII participan en las actividades de investigación, servicio, docencia y extensión que realiza el centro como ejecutor de las políticas de la USAC, asimismo, para atender la demanda cuenta con personal profesional y técnico en los diferentes campos, para realizar expertajes, asesorías, ensayos de comprobación, control de calidad y otros.

### **1.1.3. Objetivos**

“Fomentar y contribuir al desarrollo de la investigación científica como un instrumento para la resolución de problemas de diversos campos de la ingeniería, especialmente los que interesan a la evaluación y mejor utilización de los recursos del país y que están orientados a dar respuestas a los problemas nacionales.

Prestar sus servicios preferentemente a las entidades participantes del CII y ofrecer los mismos a entidades y personas que, mediante convenios específicos, deseen participar en las actividades del centro en forma cooperativa o bien utilizar sus recursos en la resolución de sus problemas técnicos específicos.

Colaborar en la formación profesional de ingenieros y técnicos mediante programas de docencia práctica y adiestramiento y la promoción de realización de trabajos de tesis en sus laboratorios y unidades técnicas”<sup>1</sup>.

### **1.1.4. 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

---

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería. <http://cii.ingenieria.usac.edu.gt>. Consulta: septiembre de 2012.

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”<sup>2</sup>.

#### **1.1.5. 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”<sup>3</sup>.

#### **1.1.6. Políticas**

El Centro de Investigaciones de Ingeniería, básicamente da seguimiento a lo establecido por la Universidad de San Carlos de Guatemala, en cuanto apoyar el cumplimiento de las políticas de investigación, extensión y docencia

---

<sup>2</sup> Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería. <http://cii.ingenieria.usac.edu.gt>. Consulta: septiembre de 2012.

<sup>3</sup> *Ibíd.*

como función primordial para la obtención de resultados positivos para el desarrollo del país, según está indicado en el Punto Segundo del Acta 48-91, de la sesión celebrada por el Consejo Superior Universitario con fecha 25 de octubre de 1991.

Existe vinculación con organismos regionales, instituciones de investigación y normalización y con organizaciones técnico científicas a nivel mundial.

Con propósitos del cumplimiento del Programa de Investigación se ha establecido una relación directa con el Consejo Coordinador e Impulsor de la Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala (CONCIUSAC), cuyo ejecutor es la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala (DIGI) y con el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología (SINCYT), el cual es ejecutado por la Secretaría del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYT). Miembros del equipo de trabajo del Centro de Investigaciones de Ingeniería participan en las actividades de estas dos instituciones.

Los programas de docencia se ejecutan mediante Prácticas de Laboratorio, con apoyo a diferentes Escuelas de la Facultad de Ingeniería y otras facultades y la promoción en la realización de trabajos de tesis, tanto para estudiantes de los niveles de pre-grado como para estudiantes de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria.

Son políticas fundamentales del Centro de Investigaciones de Ingeniería:

- Prestar servicios preferentemente a las entidades participantes del Centro y ofrecer los mismos a entidades y personas que, mediante convenios específicos, deseen participar en sus actividades en forma

cooperativa o bien utilizar los elementos del mismo en relación con sus problemas técnicos específicos.

- Fomentar y contribuir al desarrollo de la investigación científica como instrumento para la resolución de problemas de diferentes campos de la ingeniería, especialmente los que atañen a la evaluación y mejor utilización de los recursos del país y que están orientadas a dar respuesta a los problemas nacionales.
- Colaborar en la formación profesional de ingenieros y técnicos, mediante programas de docencia práctica y el adiestramiento y la promoción en la realización de trabajos de tesis, en sus laboratorios y áreas técnicas.
- Propiciar el acercamiento y colaboración con otras entidades que realizan actividades afines, dentro y fuera de la República de Guatemala.

Para el cumplimiento de esas políticas, el Centro de Investigaciones como parte de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, ha establecido relaciones muy fuertes con el Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda y con la Municipalidad de Guatemala. Estas tres entidades son a las que van dirigidos preferentemente los servicios.

Se tiene una relación de prestación de servicios también con otras instituciones estatales y municipales del país, comités de comunidades de escasos recursos, organizaciones no gubernamentales (ONG's), sector privado de la construcción y otras industrias, así como en el público en general que solicite los servicios del Centro.

Los programas de docencia se ejecutan mediante prácticas de laboratorio, con apoyo a diferentes escuelas de la Facultad de Ingeniería y otras facultades y la promoción en la realización de trabajos de tesis, tanto para estudiantes de

los niveles de pregrado como para estudiantes de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria.<sup>4</sup>

### **1.1.7. Funciones**

- Fomentar y contribuir a la realización de estudios e investigaciones en diferentes áreas de ingeniería, en especial aquellos que interesan a la evaluación y mejor utilización de los recursos del país, y que estén orientados a dar respuestas a los problemas nacionales.
- Realizar programas docentes en áreas de su competencia para colaborar en la formación de profesionales y técnicos y promover la realización de trabajos de tesis en sus laboratorios.
- Colaborar en el adiestramiento de técnicos de laboratorio y en la formación de operarios calificados, especialmente en los campos de la construcción y la ingeniería sanitaria.
- Colaborar con los servicios de extensión universitaria.
- Realizar análisis y ensayos de comprobación de calidad de materiales y productos de diversa índole, en áreas de su competencia.
- Realizar inspecciones, evaluaciones, expertaje y prestar servicios de asesoría y técnica y consultoría en materia de su competencia.
- Actualizar, procesar y divulgar la información técnica y documental en las materias afines, en especial en el campo de la tecnología de los asentamientos humanos.
- Realizar todas aquellas funciones afines propias de su naturaleza y compatibles con sus objetivos.

---

<sup>4</sup> Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería.  
<http://cii.ingenieria.usac.edu.gt>. Consulta: septiembre de 2012.

### **1.1.8. Recursos**

Los recursos para la empresa son todos aquellos bienes, servicios y personal que lo conforma, lo cual es necesario para el funcionamiento de la misma.

#### **1.1.8.1. Naturales**

Dentro de los recursos naturales con que cuenta el centro de investigación de la Facultad de Ingeniería es el uso de la madera como materia prima para la Sección de Tecnología de la Madera. El otro recurso que explota el centro son los análisis de agua potable de la Sección Química y Microbiología Sanitaria que es desarrollado por empleados de la Empresa Municipal de Agua, EMPAGUA y personal del Centro de Investigaciones de Ingeniería, (CII).

#### **1.1.8.2. Físicos**

El Centro de Investigaciones de Ingeniería cuenta con el edificio T5, los edificios de Aglomerados y Prefabricado, ubicados a un costado del edificio de Ejercicio Profesional Supervisado, EPS.

#### **1.1.8.3. Humanos**

El recurso humano con que cuenta el Centro de Investigaciones de Ingeniería se muestra en la siguiente tabla:

Tabla I. **Recurso humano del Centro de Investigaciones de Ingeniería**

<b>CATEGORÍA</b>	<b>USAC</b>	<b>Municipalidad de Guatemala</b>	<b>TOTAL</b>
Profesional	18	2	20
Técnico	20	4	24
Operativo	11	2	13
Administrativo	7	1	8
<b>TOTALES</b>	<b>56</b>	<b>9</b>	<b>65</b>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería.

<http://cii.ingenieria.usac.edu.gt>. Consulta: septiembre de 2012.

## **1.2. Estructura organizacional**

El tipo de estructura del Centro de Investigaciones de Ingeniería es de tipo vertical, ya que son jerárquicas, con niveles de graduación de responsabilidad y poder en una dirección y disminución de niveles de autonomía y autoridad en el orden.

### **1.2.1. Secciones del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería**

Para la ejecución de las actividades del Centro, se cuenta con las siguientes secciones:

- Concretos y agregados
- Metales y productos manufacturados
- Gestión industrial
- Mecánica de suelos
- Química industrial

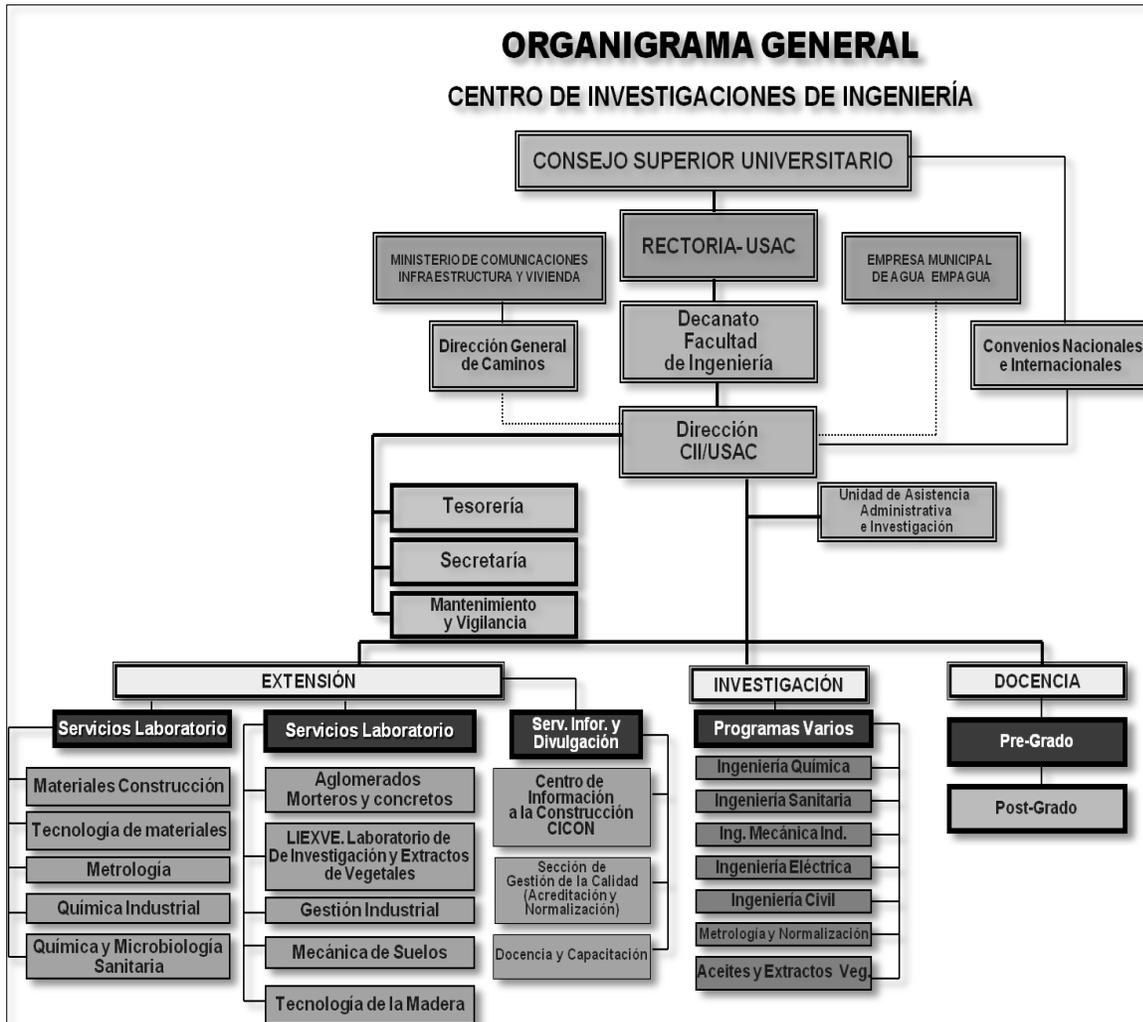
- Planta piloto de extracción de aceites esenciales
- Química y microbiología sanitaria
- Metrología
- Estructuras
- Centro de Información a la Construcción – CICON
- Gestión de la calidad
- Tecnología de la madera
- Planta piloto de extracción de biodiesel
- Laboratorio de investigación y extractos vegetales (– LIEXVE)
- Sección de ecomateriales
- Topografía y catastro

### **1.2.2. Organigrama del Centro de Investigaciones de Ingeniería**

El organigrama del Centro de Investigaciones de Ingeniería es de tipo vertical, ya que es de orden jerárquico, con diferentes tipos de niveles y responsabilidades en una sola dirección y disminución de niveles de autoridad en el orden.

- Ventajas
  - Definición clara de la autoridad y responsabilidad en cada posición
  - Estructura simple y de fácil comprensión
  
- Desventajas
  - Están las diferentes áreas de actividad de la empresa: el área técnica, el área financiera, el área de recursos humanos. etc.

Figura 2. Organigrama del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería.

<http://cii.ingenieria.usac.edu.gt>. Consulta: septiembre de 2012.

### **1.3. Datos generales de la Sección de Gestión de la Calidad**

El Centro de Investigaciones de Ingeniería cuenta con varias secciones que se dedican a la investigación en diferentes ramas, pero solo cuenta con una sección multifuncional como lo es la Sección de Gestión de la Calidad que no solo se dedica a la acreditación de ensayos, sino a la creación de una empresa productora de jabón líquido y desinfectante, así como al desarrollo de un plan de respuesta institucional y atención de emergencia y desastre el cual tiene como objetivo desarrollar brigadas de apoyo y otros proyectos de investigación científica que se están desarrollando, tales como el diseño de una casa autosostenible, una propuesta para la reducción de desechos sólidos orgánicos por medio de lombricultura.

#### **1.3.1. Nombre**

Sección de Gestión de la Calidad.

#### **1.3.2. Localización**

La sección de gestión de la calidad está ubicado en el área de Prefabricados y Aglomerados, a un costado del edificio del Ejercicio Profesional Supervisado, EPS.

Figura 3. **Bosquejo de la ubicación de la Sección de Gestión de la Calidad**



Fuentes: [https://maps.google.com.gt/maps?q=centro+de+investigaciones+de+ingenier %C3 %ADa+usac+&ie=UTF-8&hl=es](https://maps.google.com.gt/maps?q=centro+de+investigaciones+de+ingenier+%C3%ADa+usac+&ie=UTF-8&hl=es). Consulta: noviembre de 2012.

### **1.3.3. Antecedentes**

En el 2005, debido a la necesidad de contar con una sección cuya orientación directamente se relacione con los controles de calidad en la prestación de los servicios en el centro de investigaciones de ingeniería, se crea la Sección Gestión de la Calidad pero no se fundamenta con ningún acuerdo de Junta Directiva enfocándose su trabajo a aspectos generales de normativas de calidad. En el 2007 se asigna al Ing. Oswin Antonio Melgar, en cuya dirigencia se agregan funciones en el área de producción, empezando con la elaboración de productos de limpieza y capacitaciones a estudiantes de prácticas iniciales. En el 2009 se le da mayor énfasis a actividades de acreditación de ensayos de laboratorio bajo la norma ISO 17025, se realizan 2 diplomados, el primero de la norma 17025 y uso de la norma 15189 y se inician a elaborar procedimientos y documentación.

En el 2010 se realiza la solicitud a Junta Directiva presentándose el proyecto de la creación oficial de Gestión de la Calidad según la Carta Oficio Núm. 018/2010, y el cual fue aprobado el mismo año. Desde ese instante se inicia el proceso de acreditación de 5 cinco ensayos de 4 secciones del Centro de Investigaciones cuyo proceso se mantiene hasta el día de hoy. Actualmente se está trabajando con varios proyectos que se espera den resultados que beneficien a la facultad de ingeniería y de los que se pueda obtener apoyo de diferentes sectores sociales. Los principales proyectos son:

- La acreditación de 5 ensayos de laboratorio del Centro de Investigaciones de Ingeniería bajo la Norma ISO IEC 17025.
- Creación de la empresa productora de jabón líquido y desinfectante comerciable para la Universidad de San Carlos de Guatemala, que se planea ubicar en el edificio T-5 de la Facultad de Ingeniería.

- Desarrollar el Plan de Respuesta Institucional y Atención de Emergencia y Desastre el cual tiene como objetivo desarrollar brigadas de apoyo por parte de la Facultad de Ingeniería para estos casos.
- Otros proyectos de investigación científica que se están desarrollando tales como el diseño de una casa autosustentable, una propuesta para la reducción de desechos sólidos orgánicos por medio de la lombricultura

Desde la oficialización de la Sección de Gestión de la Calidad, se ha logrado recibir un mejor apoyo por parte de la Facultad, pero aún se necesita de muchos recursos para desarrollar de buena forma los proyectos. A continuación se adjunta el formato de solicitud a Junta Directiva para la oficialización de la Sección de Gestión de la Calidad.

#### **1.3.4. Objetivos**

##### **General**

Gestionar y mantener controles de calidad en los procesos administrativos y de servicio del Centro de Investigaciones de Ingeniería, por medio de la mejora continua, fomentando la investigación científica en las áreas de Seguridad Industrial, Producción e Innovación Industrial y Experimental, mediante la ejecución de políticas, estrategias y desarrollo sostenible en las áreas de investigación, desarrollando las líneas de investigación en el área de Gestión de la Calidad, Acreditación y Ensayos de Laboratorio bajo la Norma ISO 17025, Desarrollo Humano, Seguridad Industrial y Producción y Empresa.

## **Específicos**

- “Documentar el sistema de Gestión de la Calidad del Centro de Investigaciones de Ingeniería conformé a la norma COGUANOR NGR/COPANT/ISO/IEC 17025 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración”
- Elaborar el Manual de la Calidad del Centro de Investigaciones de Ingeniería
- Desarrollar programas de prevención en Seguridad Industrial y Salud Ocupacional
- Desarrollar programas de investigación científica en las temáticas de Gestión de la Calidad, Seguridad Industrial y Ocupacional, Producción e Innovación Industrial y Experimental, Ingenio y Tecnología.
- Desarrollar innovación en productos de limpieza por medio de componentes de producción y empresa”<sup>5</sup>.

### **1.3.5. Misión**

“Gestionar y mantener controles de calidad en los procesos administrativos y de servicios del Centro de Investigaciones de Ingeniería, por medio de la mejora continua y la atención en el Servicio al Cliente, manteniendo programas de capacitación al personal en las áreas de aseguramiento de la calidad, seguridad industrial y desarrollo humano, fomentando la investigación científica en las áreas de Gestión de la Calidad, Seguridad Industrial y Ocupacional, Producción e Innovación Industrial y Experimental, mediante la ejecución de políticas, estrategias y desarrollo sostenible en las áreas de investigación, desarrollando las líneas de investigación en el área de Gestión de

---

<sup>5</sup> Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería. <http://cii.ingenieria.usac.edu.gt>. Consulta: septiembre de 2012.

la Calidad, Acreditación de Ensayos de Laboratorio bajo la Norma ISO 17025, Desarrollo Humano, Gestión integral de proyectos”.

### **1.3.6. Visión**

“A mediano plazo ser líderes en la organización administrativa y tecnológica, que consolide el desarrollo sostenible del Centro de Investigaciones de Ingeniería con un sistema de gestión integrado”<sup>6</sup>.

### **1.3.7. Políticas**

“En la Sección de Gestión de la calidad del Centro de Investigaciones de Ingeniería, se trabaja en la búsqueda de la mejora continua con el compromiso de documentar, implementar y mantener el sistema de Gestión de la Calidad de conformidad con la norma COGUANOR NGR/COPANT/ISO/IEC 17025 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración”. Asimismo se desarrollará la cultura de prevención de riesgos por medio de actividades de seguridad industrial y salud ocupacional, se dedicará a la investigación científica y al desarrollo de productos innovadores en el área de producción y empresa”<sup>7</sup>.

---

<sup>6</sup> Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería.  
<http://cii.ingenieria.usac.edu.gt>. Consulta: septiembre de 2012.

<sup>7</sup> Ibíd.

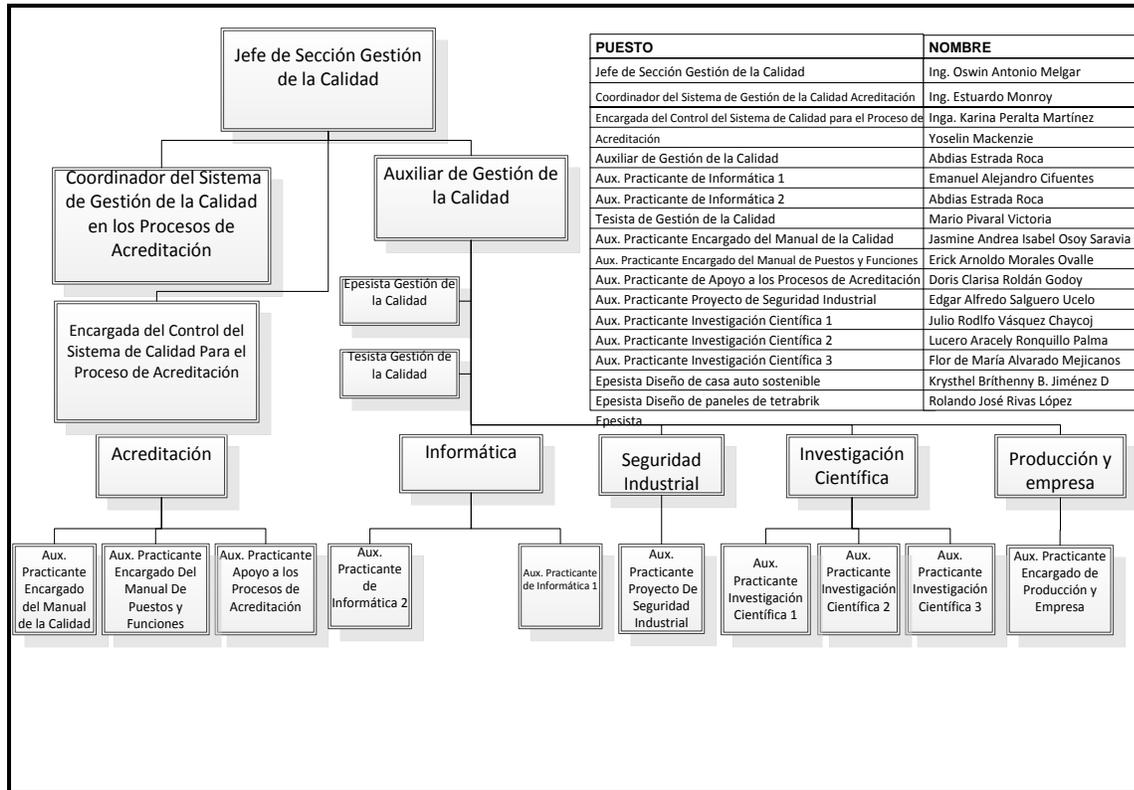
### **1.3.8. Estructura organizacional**

El tipo de estructura de la Sección de Gestión de la Calidad es de tipo vertical, ya que es jerárquica, con diferentes tipos de niveles y responsabilidades y poder en una dirección y disminución de niveles de autoridad en el orden.

#### **1.3.8.1. Organigrama Sección de Gestión de la Calidad**

El organigrama es la representación gráfica de la estructura organizacional, en este caso la Sección de Gestión de la Calidad cuenta con un organigrama de tipo vertical.

Figura 4. Organigrama Sección de Gestión de la Calidad



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería. <http://cii.ingenieria.usac.edu.gt>. Consulta: septiembre de 2012.

## **2. DISEÑO DE PROTOTIPO DE CASA AUTOSOSTENIBLE PARA LA CREACIÓN DE NUEVOS SISTEMAS ECOLÓGICOS EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, USAC**

### **2.1. Situación actual de la empresa**

La función de la sección de Gestión de la Calidad en la actualidad dentro del Centro de Investigaciones de Ingeniería es la acreditación de los ensayos de laboratorio de las distintas secciones bajo la Norma ISO 17025, y la creación de desinfectante de manera artesanal contando con la participación de estudiantes de prácticas iniciales.

Otras actividades que desarrolla dicha sección, es la creación de proyectos de investigación, entre los que se pueden mencionar el diseño de una casa autosostenible, una propuesta para la reducción de desechos sólidos orgánicos por medio de la lombricultura, transformación de envases post consumo de tetrabrik en paneles menores, entre otros.

#### **2.1.1. Diagnóstico de la situación**

En la actualidad no se cuenta con un proyecto de casa autosostenible, por lo que se planteó el diseño de una casa a bajo costo y la instalación de sistemas ecológicos. Se realizó un análisis DOFA (Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas) con el fin de determinar estrategias, para el desarrollo de dicho proyecto, para lo cual se utilizó el FODA como herramienta de diagnóstico.

### **2.1.1.1. Recopilación de antecedentes históricos sobre el proyecto**

En el 2011, el jefe de la Sección de Gestión de la Calidad, el ingeniero Oswin Antonio Melgar Hernández, propuso como proyecto ecológico la creación de un modelo de casa autosostenible, para la implementación de servicios ecológicos utilizando materiales reciclables y de bajo costo, con el fin de contribuir con la reutilización de los desechos sólidos.

A inicios del 2012, dicha sección trabajó en distintos proyectos ecológicos entre los cuales se pueden resaltar: la creación de celdas fotovoltaicas, captación de agua de lluvia, diseño de filtros, calentadores de agua utilizando envases PET.

Pero fue hasta mediados del 2012, que se propuso la realización de un prototipo de casa autosostenible donde se implementarían todos los servicios ecológicos para mejorar el funcionamiento de la vivienda, con el fin de mejorar el nivel de vida de las personas de escasos recursos.

### 2.1.1.2. Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas (DOFA)

Es una herramienta de diagnóstico que se utilizó para hacer una comparación de las situaciones internas y externas, para concluir que tan factible será el proyecto.

Tabla II. Análisis DOFA

ANÁLISIS DOFA		
	SITUACIÓN INTERNA	SITUACIÓN EXTERNA
	FORTALEZAS	AMENAZAS
COMPARACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ser autosostenible</li> <li>• No daña al medio ambiente</li> <li>• Sistemas ecológicos</li> <li>• Estructura ecológica</li> <li>• Tiempo de vida duradero</li> <li>• Bajo costo</li> <li>• Es innovador</li> <li>• Existe materia prima disponible</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entes privados no están interesados en invertir en ese tipo de proyectos</li> <li>• No existen inversionistas (recurso monetario)</li> <li>• Tener competencia en el mercado</li> <li>• Falta de interés por parte de la población</li> </ul>
	DEBILIDADES	OPORTUNIDADES
COMPARACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de recurso monetario para la elaboración de paneles solares y filtros de agua</li> <li>• Problemática en verano para la captación de agua pluvial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empresas que se dedican a la investigación</li> <li>• Inversión del Estado</li> <li>• Personas de escasos recursos pueden tener acceso a servicios ecológicos</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

### **2.1.1.3. Identificación del problema**

La identificación del problema, se dio porque en la Sección de Gestión de la Calidad, unas de sus funciones es el desarrollo tecnológico a partir de proyectos ecológicos, en el cual se originó el proyecto de investigación de una casa autosostenible, para la población en general. En Guatemala no se cuenta con una entidad que se dedique a la construcción de viviendas ecológicas con envases de PET y captación de agua pluvial con materiales reciclados.

Se utilizó un análisis DOFA para el diagnóstico porque es un proyecto de investigación y se busca tener factores externos e internos con el fin de hacer una comparación si el proyecto puede ser implementado, y si efectivamente va a tener rentabilidad en el mercado social, económico y político.

### **2.1.1.4. Descripción del problema**

En la actualidad, en Guatemala no existe una empresa que se dedique a la construcción de casas autosostenibles, ni a la creación de sistemas ecológicos.

Dentro de la Sección de Gestión de la Calidad no se cuenta con un área adecuada en donde se pueda implementar este tipo de vivienda que pueda contribuir con el medio ambiente.

#### **2.1.1.5. Análisis e identificación del área de trabajo**

Dentro de la sección de Gestión de Calidad solo se cuenta con un espacio físico de 9,45 metros por 3,68 metros, en el cual un tercio es ocupado para almacenamiento de materia prima y productos varios, y los dos tercios restantes se usan para el personal de dicha Sección, el cual incluye al jefe de sección, personal administrativo, practicantes y epesista, el cual en cada semestre tiene un promedio de 15 personas y esto dificulta el espacio físico, tecnológico etc.

#### **2.1.1.6. Estrategias**

Se puede definir como el enfrentamiento de factores internos y externos, con el propósito de generar estrategias alternativas. Entre lo que cabe mencionar una combinación del origen externo negativo (Debilidades), origen externo positivo (Oportunidades), origen interno positivo (Fortaleza), origen externo negativo (Amenazas).

La parte interna tiene que ver con las fortalezas y las debilidades del proyecto, aspectos sobre los cuales se tiene algún grado de control.

La parte externa ve las oportunidades que ofrece al mercado y las amenazas, lo que debe de enfrentar el proyecto en el mercado seleccionado.

Las estrategias se plantearon conforme al análisis DOFA, en donde se definirán una serie de pasos para poder realizar la matriz:

- Lista de las fortalezas internas claves
- Lista de las debilidades internas decisivas
- Lista de las oportunidades externas importantes
- Lista de las amenazas externas claves

Una vez definidas cada serie de listas, se prosigue a encontrar una estrategia adecuada para llevarla a cabo, por lo que se describen los siguientes pasos:

- Ser capaz de alcanzar el objetivo deseado.
- Realizar una buena conexión entre el entorno y los recursos de una organización y competencia; debe ser factible y apropiada.
- Ser capaz de proporcionar a la organización una ventaja competitiva; debería ser única y sostenible en el tiempo.
- Dinámica, flexible y capaz de adaptarse a las situaciones cambiantes.
- Debe ser medible en términos de su efectividad.

Tabla III. **Comparación del análisis DOFA**

<b>Estrategia FO</b>	<b>Estrategia DO</b>
Aprovechar los recursos naturales transformándolos en un proyecto ecológico e innovador ya que no daña al medio ambiente.	Buscar la manera de contrarrestar el problema que se da para verano con la captación de aguas pluviales, buscar ayuda del Estado para contar con el recurso monetario y así mejorar la recolección y almacenamiento de agua.
<b>Estrategia FA</b>	<b>Estrategia DA</b>
Involucrar a la población en general a que se interesen por este tipo de proyectos que pueden beneficiarlos, aprovechando los recursos naturales.	Diseñar eficientemente las nuevas fuentes de tecnología, para la elaboración de servicios ecológicos conforme al recurso monetario.

Fuente: elaboración propia.

## **2.2. Propuesta**

Dentro de la propuesta del diseño para la casa autosostenible, de primera necesidad para que habiten 4 personas, se desarrolló un diseño con el fin de implementarse a futuro. El diseño se basó en el reglamento de urbanización y construcción avalado por la Municipalidad de Guatemala, en el cual se propuso una área de construcción de viviendas y su distribución dentro de la misma, con lo cual se crearon diferentes prototipos ecológicos, entre los cuales se tienen celdas fotovoltaicas a bajo costo, canaletas para la captación de agua de lluvia, así como un sistema de filtrado para la reutilización del agua dentro de la vivienda.

### **2.2.1. Diseño de infraestructura de casa ecológica**

En el diseño de la casa ecológica, se abarcaron diferentes aspectos como: diseño del área física, paredes ecológicas, techo y celdas ecológicas a bajo costo, así como un diseño para la captación y filtración pluvial dentro de la misma, con lo que se busca construir una vivienda de primera necesidad.

#### **2.2.1.1. Aspectos técnicos**

Dentro de los aspectos técnicos para el diseño de una vivienda de primera necesidad las medidas se basaron, en el *Reglamento específico de norma de urbanización y construcción de proyectos habitacionales de interés social del municipio de Guatemala*.

Según el CAPÍTULO II, título 2. SOBRE LAS URBANIZACIONES, subtítulo 2.1 CLASIFICACIÓN DE LAS URBANIZACIONES, el artículo 4º: “Se entenderá por urbanización residencial a la habitación de tierras mediante la dotación de

infraestructura, servicios públicos y equipamiento urbano, con el fin de destinarlas a la construcción de viviendas, las urbanizaciones residenciales de interés social se clasificarán en función, principalmente de la densidad de lotes, en la forma siguiente:

De acuerdo al inciso e. URBANIZACION RESIDENCIAL R-5: De alta densidad de lotes, con 7,5 a 10 metros cuadrados de área de vivienda por persona. Para los fines de estas disposiciones las urbanizaciones anteriores se organizan en lotes residenciales unifamiliares o bifamiliares y lotes residenciales multifamiliares.”

Se escogió la URBANIZACIÓN RESIDENCIAL R-5, porque cuenta con el área más pequeña por persona, con lo cual se tomó como residencia bifamiliar, con el fin de tener una capacidad de 4 personas para la vivienda, para tener un parámetro para el área de diseño de la construcción de la casa autosostenible con lo cual se tiene:

- Datos:

1 persona = 7,5 a 10 metros cuadrados

- Fórmula:

$$A = b \times a$$

- Donde

- A= área para la construcción de casa autosostenible
- b= base de la casa autosostenible
- a= altura de la casa autosostenible

- Cálculo:
  - Área máxima permisible de construcción de la vivienda (10 metros cuadrados)

$$A = (\text{cantidad de personas})(\text{área reglamentaria})$$

$$A = (4 \text{ personas})(10 \text{ metros cuadrados})$$

$$A = \mathbf{40 \text{ metros cuadrados máximo de construcción}}$$

- Área mínima permisible de construcción de la vivienda (7,5 metros cuadrados)

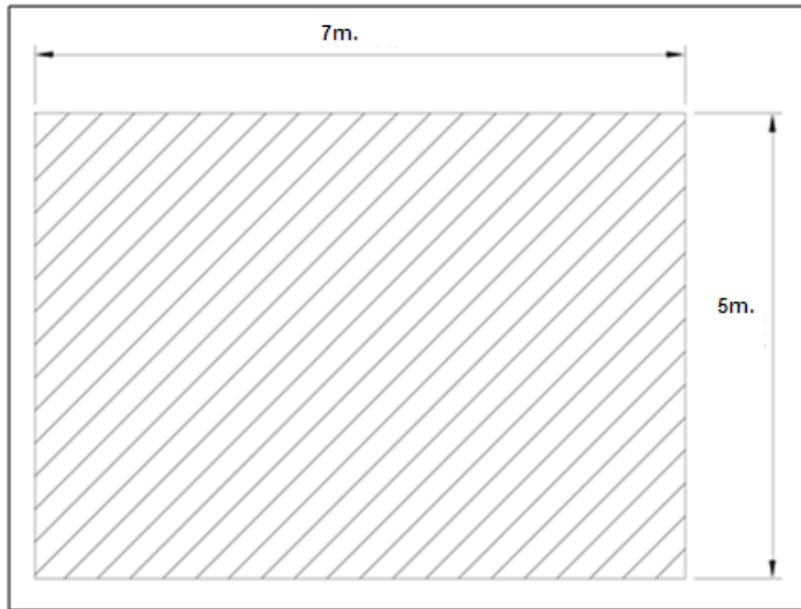
$$A = (\text{cantidad de personas})(\text{área reglamentaria})$$

$$A = (4 \text{ personas})(7,5 \text{ metros cuadrados})$$

$$A = \mathbf{30 \text{ metros cuadrados mínimo de construcción}}$$

Se tomó el diseño del área de construcción de dicha casa un área de 7 metros por 5 metros para una familia de 4 personas, dicha medida se diseñó a partir de los rangos máximos y mínimos de la URBANIZACIÓN RESIDENCIAL R-5.

Figura 5. **Área de construcción propuesto de casa autosostenible**



Fuente: elaboración propia.

### **2.2.1.2. Ventilación**

En esta sección se diseñarán las ventanas de la casa autosostenible a partir del área adecuada para poder ventilar dicho ambiente, se utilizó un instrumento de medición llamado anemómetro, el cual es el encargado de medir la velocidad del viento en metros/hora.

- Datos:
  - Dimensiones casa son: 7 metros de largo por 5 de ancho
  - Altura de 3,07 metros

- Cálculo:

- Fórmula del caudal:

$$Q = c * A * v \text{ Ecuación 1}$$

- Se despeja el área de ecuación 1

$$A = \frac{Q}{c * v} \text{ Ecuación 2}$$

- Donde:

- ✓ Q = flujo de aire en metros cúbicos por hora
- ✓ C = coeficiente de entrada de la ventana
- ✓ A = área de paso de la ventana en metro cuadrado
- ✓ V = velocidad del aire

- Fórmula cauda a renovar:

$$CA = v * \frac{No. R}{hora}$$

- Donde:

- ✓ CA = caudal de aire en metros cúbicos por hora
- ✓ V = volumen de aire que se desea renovar
- ✓ Núm. R= número de renovaciones de aire por hora

- Volumen de la planta industrial:

$$v = 7 * 5 * 3,07 = \mathbf{107,45 \text{ metros cúbicos}}$$

- Se escogió dormitorios:

Figura 6. **Tabla de renovación del aire en número de veces/hora**

RENOVACION DE AIRE, NUMERO DE VECES POR HORA	
Habitaciones ordinarias	1
Dormitorios	2
Hospitales, enfermedades comunes	3 a 4
Hospitales, enfermedades epidémicas	5 a 6
Talleres	3 a 4
Teatros	3 a 4

Fuente: TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. p. 100.

- Donde:
  - $V=107,45$  metros cúbicos
  - Núm. R/ hora= 2

$$CA = 107,45 * 2 = \mathbf{214,9 \frac{\text{metros cúbicos}}{\text{hora}}}$$

- Coeficientes de entrada de aire de la ventana longitudinal y perpendicularmente

Figura 7. **Coefficiente de entrada de la ventana**

C	CARACTERÍSTICAS
0.25-0.35	Cuando actúa longitudinalmente
0.3 -0.5	Cuando actúa perpendicularmente

Fuente: TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. p. 101.

- Ecuación 2, área de paso de las ventanas
  - Donde:
    - $Q = 214,9$  metros cúbicos/ hora
    - $C = 0,25$  longitudinalmente
    - $V = 100$  metros/ hora (con la ayuda de un anemómetro)

$$A = \frac{214,9}{0,25 * 200} = 4,30 \text{ metros cuadrados}$$

- Medidas de ventanales
  - $A = 4,30$  metros cuadrados
  - Largo de la casa = 5 metros
  - Ancho de la casa = 7 metros
  - Fórmula de área

- $A = \text{largo} * \text{ancho}$
- Distribución de tamaño de ventanas para el largo de la casa

$$4,30 = 5 * \text{ancho}$$

$$\text{ancho} = \mathbf{0,86 \text{ metros}}$$

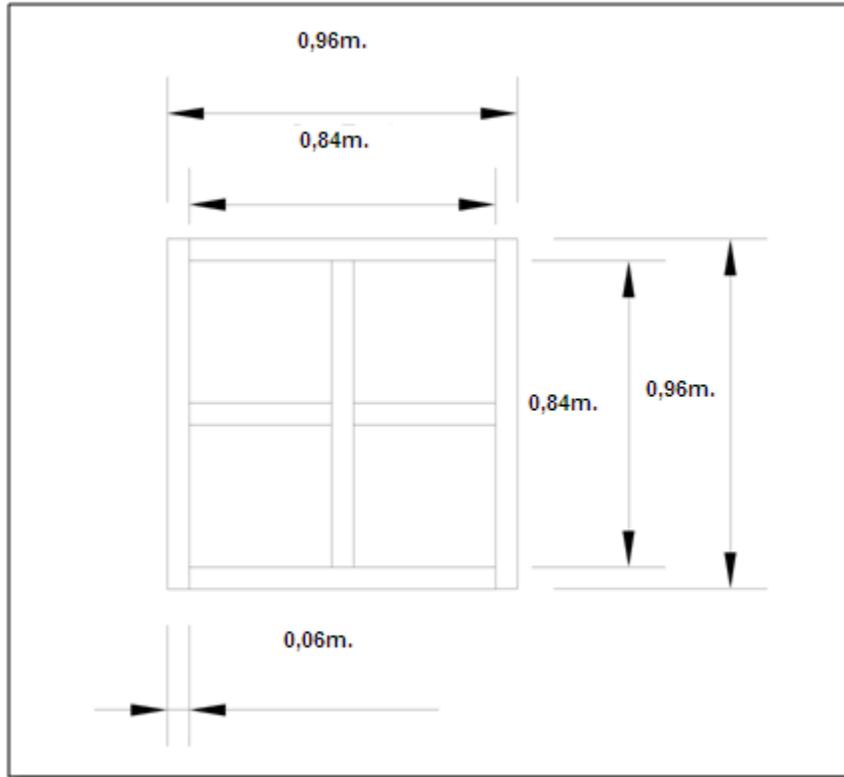
- Distribución de tamaño de ventanas para el ancho de la casa

$$5,88 = 7 * \text{ancho}$$

$$\text{ancho} = \mathbf{0,84 \text{ metros}}$$

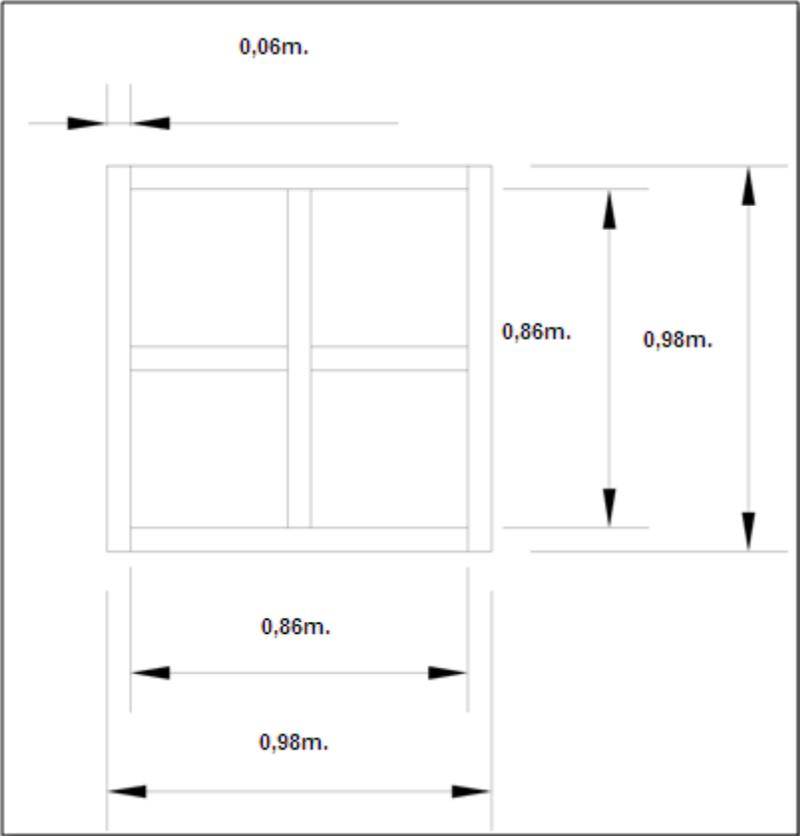
Por lo que se puede concluir que se pueden hacer ventanas de 0,86 metros de ancho en las dos paredes de 5 metros de largo y 0,84 metros de ancho en las dos paredes de 7 metros. En el diseño de las ventanas se utilizará madera para el marco de la ventana y vidrio para su ensamblado.

Figura 8. **Diseño de ventanas 0,84\* 0,84 metros para pared de 7 metros de largo**



Fuente: elaboración propia.

Figura 9. **Diseño de ventanas 0,86\* 0,86 metros para pared de 5 metros de largo**



Fuente: elaboración propia.

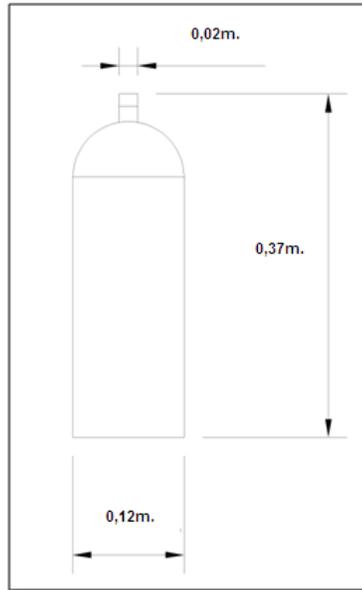
### 2.2.1.3. Paredes ecológicas

El diseño de las paredes ecológicas, se propuso a partir de la reutilización de los envases PET, con lo cual se rellenarán de basura con descomposición a largo tiempo, como lo son los desechos compuestos a partir de polímeros, se colocarán en marcos de madera y se fijarán con pita plástica para poder formar la pared con lo que se tendrá una estructura rígida y estable para dicha construcción.

La cantidad de paredes para la casa autosostenible son: 2 paredes de 7 metros de largo por 3,07 de altura y 2 paredes de 5 metros de largo por 3,07 de altura.

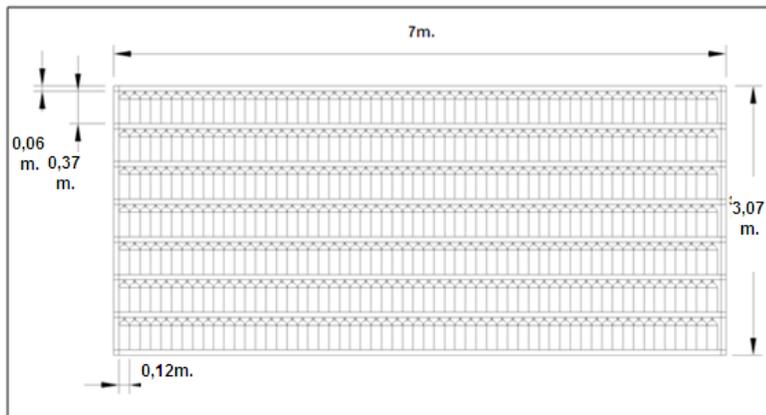
- Materiales, herramienta y equipo para el ensamblado de las paredes ecológicas
  - Vigas de 6 centímetros de grosor por 3,20 metros de largo
  - Clavos 3 pulgadas
  - Barreno convencional
  - Regla nivel
  - Envases PET
  - 1 rollo de pita plástica
  
- Especificaciones envase PET:
  - Capacidad de almacenaje: 2,5 litros
  - Altura 0,37 metros
  - Diámetro 0,12 metros
  - Tamaño boquilla: 0,02 metros

Figura 10. **Especificaciones envase PET**



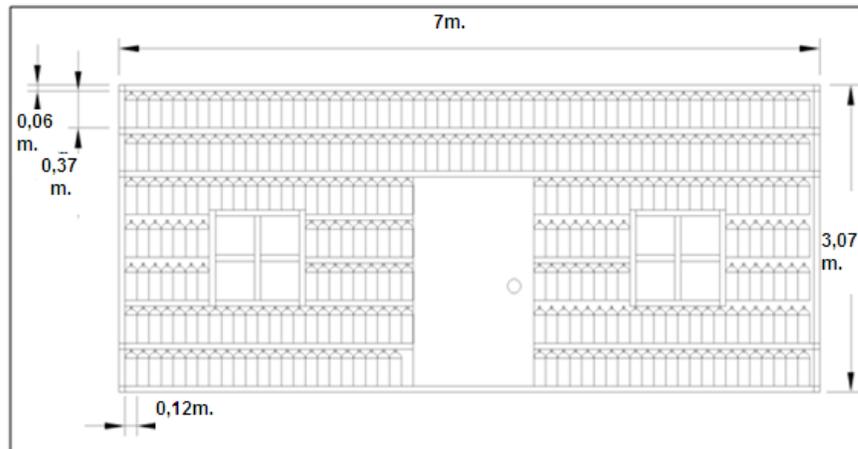
Fuente: elaboración propia.

Figura 11. **Diseño de pared ecológica trasera de 7 metros largo por 3 metros de altura**



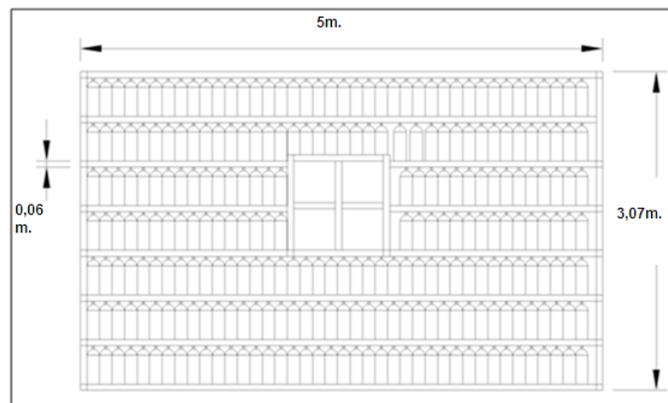
Fuente: elaboración propia.

Figura 12. **Diseño de pared ecológica frontal de 7 metros de largo por 3 metros de altura**



Fuente: elaboración propia.

Figura 13. **Diseño de pared ecológica lateral izquierda y derecha de 5 metros de largo por 3 de altura**



Fuente: elaboración propia.

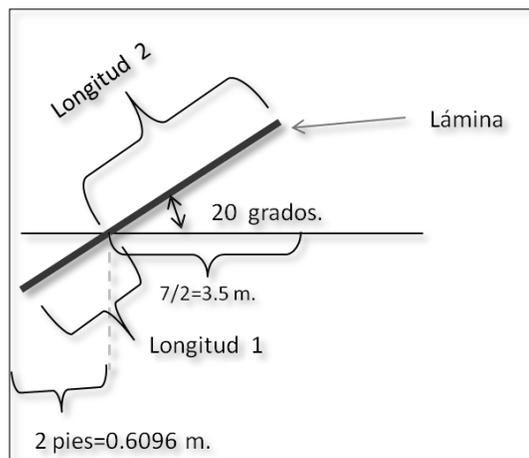
#### 2.2.1.4. Techo

El diseño del techo se propondrá con el propósito de tener los costos más bajos para su futura construcción, con lo cual se partió en el diseño de un techo a dos aguas.

- Características diseño del techo de la casa autosostenible:
  - Lámina galvanizada de 14 pies de largo por 32 pulgadas de ancho.
  - Lámina de policarbonato de 14 pies de largo por 32 pulgadas de ancho.
  - Inclinación del techo  $20^\circ$  sobre la horizontal

Cálculo:

Figura 14. Representación gráfica de techo a dos aguas



Fuente: elaboración propia.

- Ley de cosenos:

$$L1 = \frac{0,6096 \text{ metros}}{\text{coseno } 20} = \mathbf{0,6487 \text{ metros}}$$

$$L2 = \frac{3,5 \text{ metros}}{\text{coseno } 20} = \mathbf{3,7234 \text{ metros}}$$

- Total del ancho:

$$L_{total} = 0,6487 + 3,7234 = \mathbf{4,3721 \text{ metros}}$$

- Largo del techo:

$$\text{alergones traseros} = 0,6096 \text{ metros}$$

$$\text{alergones delanteros} = 0,6096 \text{ metros}$$

$$\text{largo del techo} = 5 + 0,6096 + 0,6096 = \mathbf{6,2192 \text{ metros}}$$

- Área total del techo:

$$\text{Área total del techo} = 2 * \text{ancho} * \text{largo}$$

$$\text{Área total del techo} = 2 * 4,3721 * 6,2192$$

$$\text{Área total del techo} = \mathbf{54,3819 \text{ metros cuadrados}}$$

- Área útil de láminas:
  - 1 pie = 0,3048 metros
  - 14 pies = 4,2672 metros
  - 1 pulgada = 0,0254 metros
  - 32 pulgadas = 0,8128 metros

$$\text{Largo de lámina} = 4,3721 - (2 * 0,0508) = 4,2705 \text{ metros}$$

$$\text{Ancho de lámina} = 0,8128 - (2 * 0,0508) = 0,7112 \text{ metros}$$

$$\text{Área útil de lámina} = 4,2705 * 0,7112 = \mathbf{3,0372 \text{ metros cuadrados}}$$

- Número de láminas:

$$\text{Número de láminas} = \frac{\text{área a cubrir techo}}{\text{área útil de lámina}}$$

$$\text{Número de láminas} = \frac{54,3819}{3,0372} = 17,9 = \mathbf{18 \text{ láminas}}$$

- Cantidad de láminas:

$$\text{Láminas galvanizadas (70 \%)} = 18 * 0,7 = 12,6 = \mathbf{13 \text{ láminas}}$$

$$\text{Láminas de policarbonato (30 \%)} = 18 * 0,3 = 5,4 = \mathbf{5 \text{ láminas}}$$

La cantidad de láminas que se necesita para la construcción del techo de la casa autosostenible con las medidas de 7 metros de frente por 5 metros de

profundidad es de 13 láminas galvanizadas de 14 pies de largo por 32 pulgadas de ancho y 5 láminas de policarbonato.

#### **2.2.1.5. Pisos**

Para el piso se aplicará fundición de concreto conforme a la relación de 1 medida de cemento, 0,5 de arena y 1 de piedrín, en el cuál se fundirá 15 pulgadas de espesor.

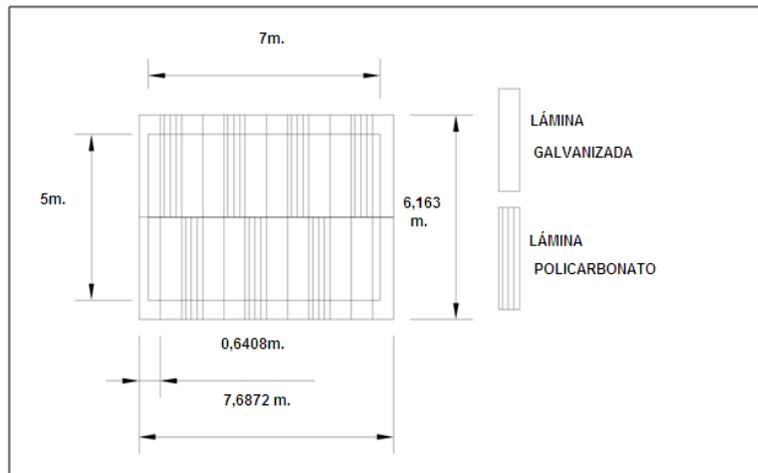
Esto indica que el recuadro debe de ser de 0,98 pies por 0,98 pies cada uno, en cuanto al tamaño de la sisa se acostumbra que no se deba de exceder de  $\frac{1}{4}$  de pulgada de ancho por  $\frac{1}{4}$  de pulgada de profundidad.

#### **2.2.1.6. Iluminación**

La iluminación de la casa autosostenible se diseñará a partir de una iluminación natural en la que se utilizará lámina de policarbonato, para techo de dicha casa, se utilizará una proporción de 70 % de lámina galvanizada y 30 % de lámina plástica o de policarbonato.

- Cantidad de láminas a utilizar en el ensamblaje del techo
  - 17 láminas galvanizadas
  - 7 láminas de policarbonato

Figura 15. **Diseño de techo de la casa autosostenible**



Fuente: elaboración propia.

## 2.2.2. **Creación de servicios ecológicos**

Dentro de los servicios ecológicos se crearon prototipos con la finalidad de aprovechar los recursos naturales y materiales a bajo costo para implementar a la casa, donde cabe mencionar: celdas fotoquímicas con dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ), al igual que celdas fotovoltaicas con placas de cobre (Cu), la construcción de canaletas y la creación de filtros para la reutilización del agua dentro de la vivienda.

### 2.2.2.1. **Celdas Fotovoltaicas con Dióxido de Titanio**

Para la creación de una celda fotoquímica se debió tomar en cuenta que los materiales fueran semiconductores, ya que si no se contara con este tipo de materiales, no se hubiese logrado el fin de la misma. Actualmente existe una

amplia gama de celdas que utilizan distintos tipos de materiales y estructuras. Los materiales más comunes son: el silicio monocristalino, el silicio multicristalino y el policristalino, etc.

Pero en este caso se utilizó el dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ), por ser uno de los elementos que se consiguen con mayor facilidad en Guatemala y a un precio menor que el resto de elementos semiconductores de la tabla periódica.

#### **2.2.2.1.1. Funcionamiento**

Para el funcionamiento de la celda fotoquímica se colocó la lámina cubierta con grafito sobre la lámina cubierta con dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ), de manera que los recubrimientos quedaran en contacto. Las láminas debieron estar ligeramente desplazadas unos 5 milímetros, se usaron ganchos para sostener ambas láminas.

Se añadieron 2 gotas de solución de yoduro de qué a la capa expuesta, la solución se vertió en las láminas hasta que quedaron completamente cubiertas, luego de quitar los ganchos y levantar suavemente una de las láminas para que la solución se repartiera libremente. El yoduro permitió a los electrones fluir, de la lámina cubierta de titanio (Ti), a la lámina cubierta de grafito, al haber expuesto las láminas a la luz solar se creó una solución llamada electrolito.

- Para la activación y prueba de la celda solar se tomaron una serie de pasos descritos a continuación:
  - Se conectó una pinza a las zonas cubiertas expuestas a ambos lados de la celda.

- El cable negro del multímetro se conectó a la pinza expuesta de dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ), esta lámina es el electrodo negativo de la celda solar o cátodo.
- El cable rojo del multímetro se conectó a la pinza de la capa cubierta con grafito, esta lámina es el electrodo positivo de la celda solar o ánodo.
- Al tener ambos cables conectados a las pinzas se expuso la celda a la fuente de luz, con el electrodo negativo hacia la luz solar.
- Por último se midió la corriente generada por la celda solar con la ayuda del multímetro.

#### 2.2.2.1.2. Planos

Para tener una mejor idea de la elaboración de los prototipos se realizaron una serie de planos donde se especifican las medidas necesarias para su construcción.

Figura 16. **Medida de la celda fotoquímica dióxido de estaño**



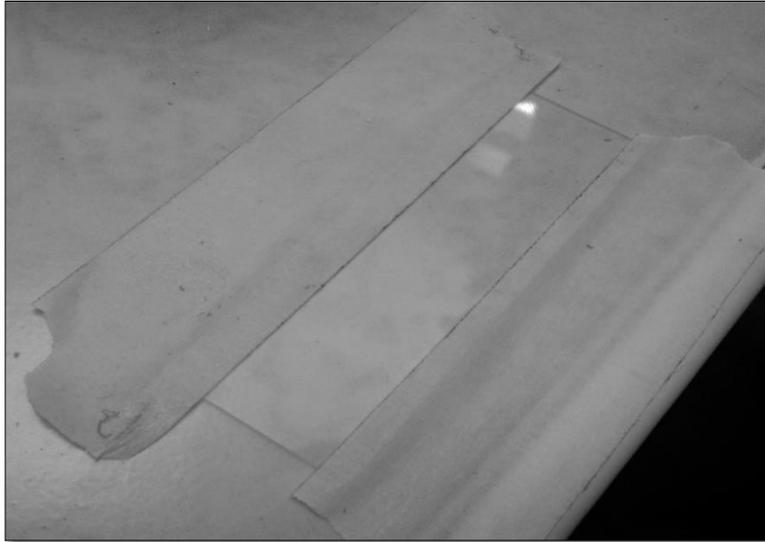
Fuente: elaboración propia.

### 2.2.2.1.3. Descripción y uso de materiales

La celda fotoquímica tiene como función principal transformar la energía solar en eléctrica, está se activó con la luz solar y con la ayuda de otros componentes que serán en conjunto los encargados en hacer este fenómeno posible.

- Para la creación de la celda se utilizaron los siguientes materiales:
  - 2 láminas de vidrio (portaobjetos)
  - Dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) (pintura látex blanco al 75 % de Ti)
  - Óxido de estaño ( $\text{SnO}_2$ )
  - Colorante vegetal (moras)
  - 1 lápiz (se utilizará el grafito)
  - Cinta adhesiva
  - 1 Mufla
  - 2 lagartos
  - 1 multímetro
  
- Uso de materiales:
  - Láminas de vidrio (portaobjetos): los portaobjetos no son más que láminas de vidrio utilizadas en el laboratorio de microscopia, se utilizaron para adherir la pintura látex blanco, el óxido de estaño ( $\text{SnO}_2$ ) y el colorante vegetal. Según figura 17.

Figura 17. **Lámina de vidrio (portaobjetos)**



Fuente: Laboratorio de Fisicoquímica, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

- Dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ): no se encontró el compuesto a un 100 por ciento, por lo que se optó a utilizar pintura látex blanco al 75 por ciento de titanio (Ti), este tiene como función, al estar adherido a una de las láminas de vidrio (portaobjetos), ser un reflector por su tonalidad blanca, absorbe los rayos del sol. Según figura 18.

Figura 18. **Pintura látex blanca al 75 por ciento de dióxido de titanio**



Fuente: Laboratorio de Físicoquímica, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

- Óxido de estaño ( $\text{SnO}_2$ ): este compuesto sirve como semiconductor adherido a una de las caras de la lámina de vidrio. Según figura 19.

Figura 19. **Óxido de estaño en polvo**



Fuente: Laboratorio de Físicoquímica, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

- Colorante vegetal: se utilizaron moras y con la ayuda de un mortero de porcelana con pistilo (machucador) para obtener jugo de moras para simular la fotosíntesis, y con la ayuda de electrolitos y del grafito hacer que se transportara la luz solar. Según figura 20.

Figura 20. **Moras para la fabricación del colorante vegetal**



Fuente: Laboratorio de Fisicoquímica, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

- Lápiz: del lápiz se utilizó el grafito, y se pintó una de las láminas para poder convertirlo en un electrodo positivo.
- Cinta adhesiva: sirvió para acomodar la lámina de vidrio para adherirle una pequeña capa de pintura látex blanco.
- Mufla: temperatura máxima de 1 000 grados Celsius, Barnstead THERMOLYNE Furnace 1 400, se utilizó para fundir el estaño (Sn) a una temperatura de 650 grados Celsius. Según figura 21.

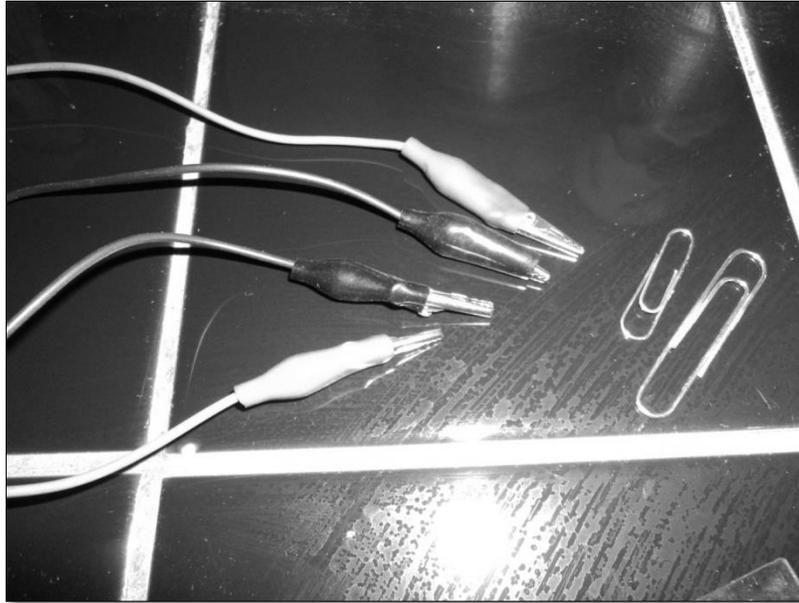
Figura 21. **Horno tipo mufla Barnstead Thermolyne Furnace 1 400**



Fuente: Laboratorio de Físicoquímica, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

- Lagartos: se utilizaron 2 lagartos para la medición del ánodo y cátodo uniéndolos con las láminas de vidrio. Según figura 22.

Figura 22. **Lagartos para medición de voltaje**



Fuente: Laboratorio de Fisicoquímica, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

- **Multímetro:** sirve para hacer mediciones de voltaje o amperaje; se utilizó al colocar ambos lagartos en las pinzas del multímetro para la medición de los amperios. Según figura 23.

Figura 23. **Multímetro digital**



Fuente: Laboratorio de Físicoquímica, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

#### **2.2.2.1.4. Descripción del equipo e instrumentos de laboratorio**

Para la creación de la celda fotoquímica se utilizaron instrumentos y equipo de laboratorio, al igual que equipo de protección personal, dentro de las instalaciones del laboratorio de Físicoquímica en el Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

- Instrumentos de laboratorio:
  - Pinzas para crisoles: estas tienen forma de tenazas o de tijeras con el extremo adaptado para sujetar un crisol, están construidas

en metal para aguantar altas temperaturas, se necesitan guantes de asbesto para agarrarlas.

- Beakers: es un recipiente cilíndrico de vidrio fino que se utiliza en el laboratorio para preparar o calentar sustancias y traspasar líquidos, estos se utilizaron en el laboratorio para mezclar el óxido de estaño ( $\text{SnO}_2$ ) con el ácido clorhídrico ( $\text{HCl}$ ). Según figura 23.
- Agitador o varilla de vidrio: es un instrumento que se utiliza en los laboratorios de química, es un cilindro fino macizo de vidrio que sirve para agitar disoluciones, con la finalidad de mezclar productos químicos y líquidos en el laboratorio.
- Mortero de porcelana con pistilo (machucador): es un utensilio hecho de porcelana, se utiliza para triturar materiales de poca dureza, en este caso fue utilizado para triturar las moras. Según figura 24.

Figura 24. **Instrumentos de laboratorio (horno mufla, portaobjetos, pintura látex, mortero de porcelana, óxido de estaño)**



Fuente: Laboratorio de Fisicoquímica, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

- Equipo de laboratorio:
  - Mufla: también llamado horno mufla de alta temperatura para laboratorio, es utilizado para realizar pruebas de calcinamiento de muestras, incineración, tratamientos térmicos, entre otros, en este horno se fundió el estaño. Según figura 25.

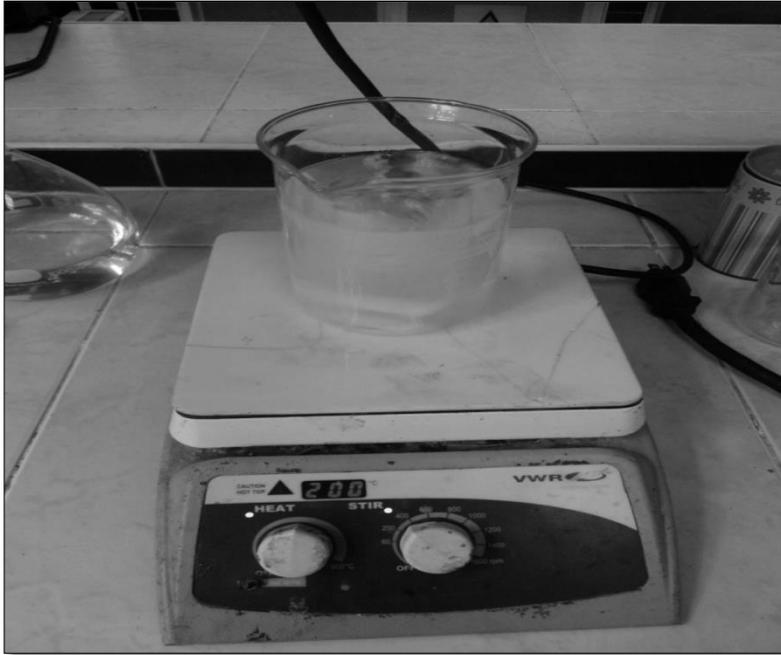
Figura 25. **Horno tipo mufla Barnstead Thermolyne Furnace 1 400**



Fuente: Laboratorio de Físicoquímica, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

- Balanza digital de laboratorio: es un instrumento de medición la cual es caracterizada por dos rangos fundamentales: el rango de pesaje y su capacidad para obtener el peso con gran precisión, en esta se pesó cada instrumento y elemento a utilizar. Según figura 26.

Figura 26. **Balanza digital de laboratorio VWR**



Fuente: Laboratorio de Fisicoquímica, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

- Crisol de porcelana: el crisol es un recipiente de laboratorio resistente al fuego, utilizado para fundir sustancias. Normalmente esta hecho de grafito con cierto contenido de arcilla, este puede soportar altas temperaturas que superan los 1 500 grados Celsius, este instrumento se utilizó para fundir el estaño (Sn). Según figura 27.

Figura 27. **Crisol de porcelana con estaño (Sn)**



Fuente: Laboratorio de Físicoquímica, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

- Campana extractora de gases o campana de gases: es un tipo de dispositivo de ventilación local que está diseñado para limitar la exposición a sustancias peligrosas o nocivas, humos, vapores o polvos, en este dispositivo se utilizó el ácido clorhídrico (HCl). Según figura 28.

Figura 28. **Campana extractora de gases**



Fuente: Laboratorio de Físicoquímica, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

- Equipo de protección personal:
  - Botas industriales: como norma dentro del laboratorio es obligatorio el uso de botas industriales con punta de acero, por la manipulación de sustancias.
  - Lentes antiempañantes: al momento de manipular cualquier sustancia es importante utilizarlos por si se tiene algún contacto con los ojos.

- Bata blanca con manga larga: de uso obligatorio en el laboratorio para evitar manchar de cualquier sustancia la ropa y para una mayor higiene.
- Guantes de látex: para la manipulación de sustancias químicas es importante la utilización de guantes de látex desechables para evitar algún tipo de alergia o manchas en las manos.
- Mascarillas desechables N95: por la manipulación de sustancias químicas sirve para evitar respirar humos, vapores o polvos.
- Guantes de asbesto: este tipo de guantes son especiales para altas temperaturas, se utilizaron al abrir la mufla cuando se fundió el material utilizado.
- Guantes de neopreno: son especiales para la manipulación de ácidos y químicos, se utilizaron para manipular el ácido clorhídrico dentro de la campana extractora de gases. Según figura 29.
- Careta protectora transparente: es especial para cubrir todo el rostro para evitar la exposición de alguna sustancia en la piel y ojos. Según figura 29.

Figura 29. **Equipo de protección personal (guantes de asbesto, careta protectora, pinzas para crisoles)**



Fuente: Laboratorio de Físicoquímica, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

Tabla IV. **Especificaciones técnicas del equipo de protección personal**

EQUIPO	DESCRIPCIÓN
Botas industriales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fabricada en piel 100 por ciento flor entera de ganado vacuno en espesor de 2,0-2,2 mm. curtida al cromo, color café</li> <li>• Suela antiderrapante de acrílo-nitrilo resistente a grasas y aceites para trabajos rudos</li> <li>• Acojinado en su interior</li> <li>• Bullón acojinado</li> <li>• Plantilla ergonómica</li> <li>• Construcción proceso <i>looksticher</i> pegado y cosido</li> <li>• Casco de acero</li> <li>• Agujeta de nylon tipo cordón de alta resistencia</li> <li>• Ojillos metálicos reforzados</li> </ul>
Lentes antiempañantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fabricado en policarbonato con tratamiento anti-rayadura</li> <li>• Cuenta con protector lateral para mayor visión y seguridad</li> <li>• Puente nasal de una sola pieza</li> <li>• Lente de alto impacto resistente</li> <li>• Con filtro al 99 % de los rayos UV</li> <li>• Varilla integrada retráctil que brinda un excelente ajuste</li> </ul>
Bata blanca manga larga	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 90 por ciento algodón, 10 por ciento látex.</li> </ul>
Guantes de látex	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fabricado en látex natural blanco</li> <li>• 4 milésimas de espesor</li> <li>• 9,5 pulgadas de longitud</li> <li>• Flexible</li> <li>• Confortable</li> <li>• Ambidiestro</li> <li>• Excelente agarre</li> </ul>

Continuación de la tabla IV.

<p>Mascarilla desechable N95</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Libre de polvo</li> <li>• Fabricada en polipropileno contra partículas aerosoles, libres de aceite</li> <li>• Con válvula de exhalación para reducción de calor y mayor comodidad, menor esfuerzo al respirar con mayor eficiencia de filtración</li> <li>• Diseño con suaves capas de materiales filtrantes</li> <li>• Acojinamiento nasal</li> <li>• Bandas elásticas hipoalergénicas</li> <li>• Puente nasal moldeable fabricado en aluminio y suave espuma interna brindan una gran comodidad y un perfecto sellado</li> </ul>
<p>Guantes de asbesto</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guantes de asbesto 5 dedos.</li> <li>• Guantes para trabajos con altas temperaturas e incluso a llama expuesta.</li> <li>• Aplicaciones: siderúrgicas, trabajos de forja, cristalería etc.</li> <li>• Fabricados con asbesto y asbesto aluminizado completamente forrados en liencillo o franela.</li> </ul>
<p>Guantes de neopreno</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los guantes de neopreno de 31",</li> <li>• Protegen contra productos químicos en aplicaciones medianamente exigentes, con excepcional flexibilidad y facilidad de manipulación.</li> <li>• El neopreno ofrece protección contra un mayor número de productos químicos.</li> <li>• Ideal en condiciones de baja temperatura (el neopreno mantiene su excepcional flexibilidad a bajas temperaturas).</li> </ul>

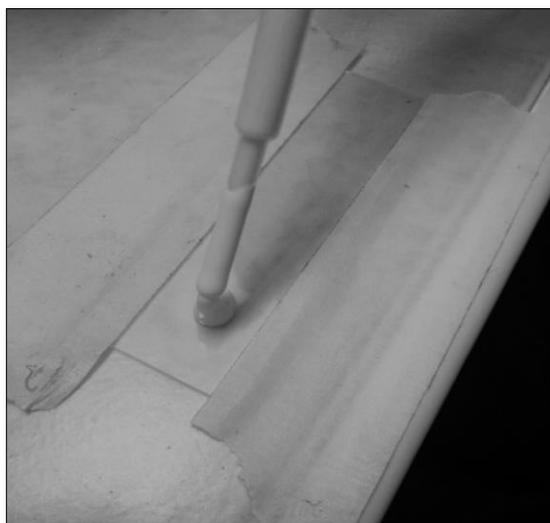
Fuente: elaboración propia.

### 2.2.2.1.5. Guía de elaboración para la celda fotoquímica

Para la elaboración de las celdas con dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) se describirán una serie de pasos a seguir:

- Paso 1: se colocó una de las láminas de vidrio (portaobjetos) en una superficie lisa y plana, asegurándola con cinta adhesiva. Según figura 30.
- Paso 2: se agregó una gota de aproximadamente 10 ml. de pintura látex blanco al 75 por ciento de titanio (Ti) y se deslizó por la superficie de una de las láminas luego se secó a temperatura ambiente. Según figura 30.

Figura 30. **Portaobjetos asegurado en una superficie plana y aplicación de pintura látex blanca al 75 por ciento de titanio (Ti)**



Fuente: Laboratorio de Fisicoquímica, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

- Paso 3: se pesó 2,985 gramos de óxido de estaño y 300 ml. de ácido clorhídrico en un beaker de 500 ml. de capacidad. Según figura 31.

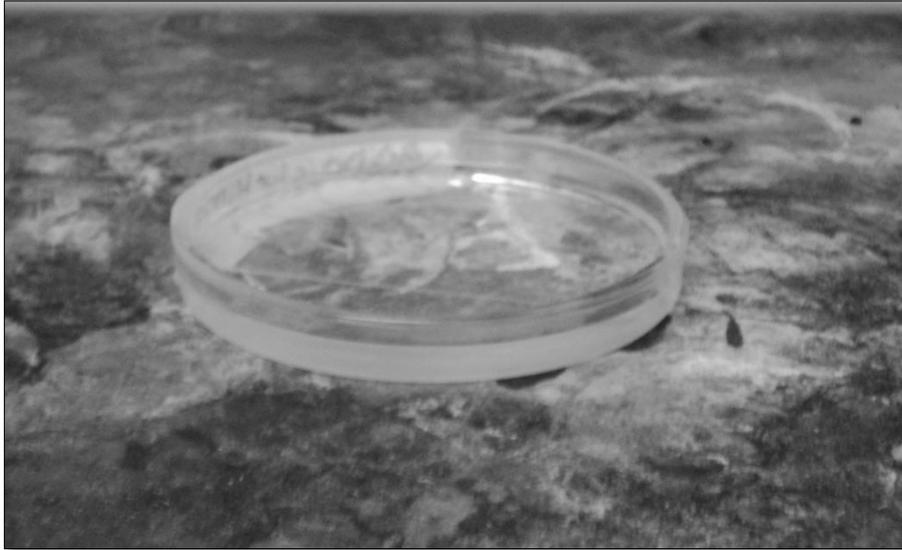
Figura 31. **Pesaje de los gramos de óxido de estaño**



Fuente: Laboratorio de Fisicoquímica, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

- Paso 4: en una caja de Pretti se vertió la solución de ácido clorhídrico (HCl) mezclado con óxido de estaño ( $\text{SnO}_2$ ) y se sumergió el portaobjetos, se colocó en la campana extractora de gases y se colocó en una plancha eléctrica de 110 voltios a una temperatura de 190 grados Celsius, durante 30 minutos. Según figura 32.

Figura 32. **Portaobjetos sumergido en una caja de Pretti con ácido clorhídrico**



Fuente: Laboratorio de Físicoquímica, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

- Paso 5: pasado los 30 minutos se deja enfriar la caja de Pretti a temperatura ambiente por 15 minutos.
- Paso 6: posteriormente al enfriamiento a temperatura ambiente, se inspecciona que el ácido clorhídrico este completamente evaporado, se selecciona las pinzas para crisoles para poder extraer el portaobjetos con la solución impregnada en dicho vidrio. Según figura 33.

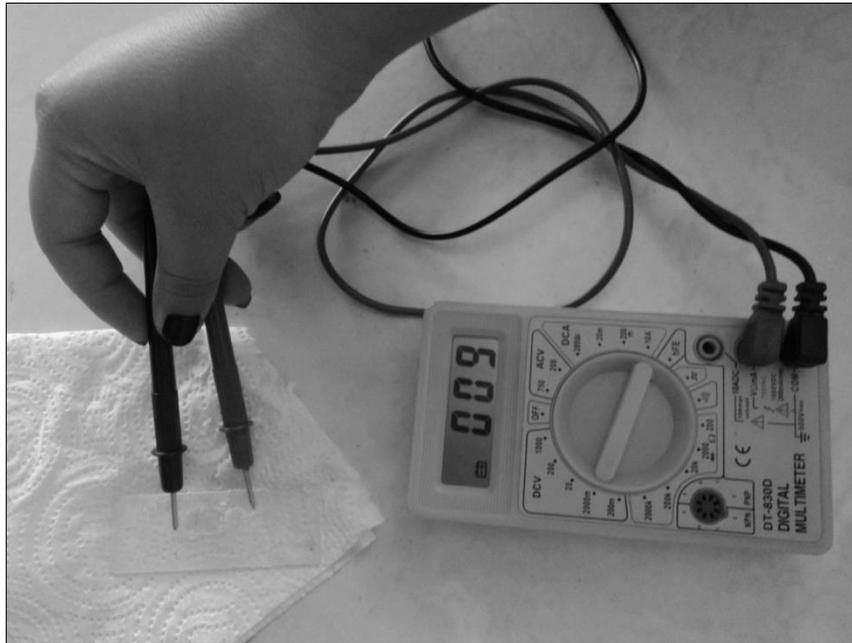
Figura 33. **Extracción del portaobjetos**



Fuente: Laboratorio de Físicoquímica, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

- Paso 7: con ayuda del multímetro se inspecciona que el vidrio tenga distinta polaridad, con el fin de demostrar que el portaobjetos se convirtió en un conductor. Según figura 34.

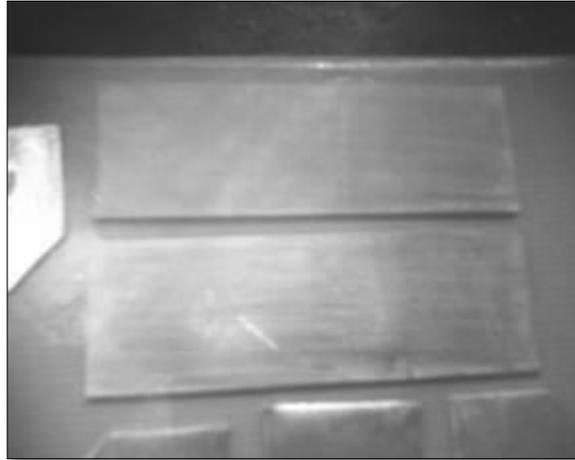
Figura 34. **Medición del portaobjetos para verificar su polaridad**



Fuente: Laboratorio de Físicoquímica, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

- Paso 8: se utiliza un mortero de porcelana para hacer el jugo de moras y luego sumergir el portaobjetos con dióxido de titanio en el jugo para lograr impregnar, luego esperar 30 minutos aproximadamente para que seque.
- Paso 9: el portaobjetos que marcó en una de sus caras positivo, se ralla con un lápiz a manera de que el grafito quede impregnado. Según figura 35.

Figura 35. **Portaobjetos rallado con grafito**



Fuente: Laboratorio de Físicoquímica, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

- Paso 10: cuando ambas láminas están secas se prosigue a unir las e inyectarles 1 ml. de yoduro, se unen con un clip metálico, por último se colocan los lagartos para poder hacer la medición con el multímetro. Según figura 36.

Figura 36. **Ensamble de la celda fotoquímica**



Fuente: Laboratorio de Físicoquímica, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

Figura 37. Propuesta del procedimiento para la elaboración de la celda

		<b>CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b> <b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b>			
<b>INSTRUCTIVO DE ELABORACIÓN</b>			Versión 01		
Realizado por:		FIRMAS:		FECHA:	
Aprobado por:				Página 1 de 1	

Interesado: \_\_\_\_\_ Proyecto: \_\_\_\_\_ Guatemala: \_\_\_\_ de: \_\_\_\_ 20\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_ Teléfono: \_\_\_\_\_

PASOS A SEGUIR PARA LA CREACIÓN DE UN FILTRO:	
No. De pasos	DESCRIPCIÓN:
1	Se coloca una de las láminas de vidrio (portaobjetos) en una superficie lisa y plana, asegurándola con cinta adhesiva
2	Se agrega una gota de aproximadamente 10 ml. De pintura látex blanco al 75 por ciento de titanio (Ti) y se desliza por la superficie de una de las láminas luego se seca a temperatura ambiente
3	Se pesan 2,985 gramos de óxido de estaño y 300 ml. De ácido clorhídrico en un beaker de 500 ml. De capacidad
4	En una caja de Pretti se vierte la solución de ácido clorhídrico (HCl) mezclado con óxido de estaño y se sumerge el portaobjetos, se coloca en la campana extractora de gases y se coloca en una plancha eléctrica de 110 voltios a una temperatura de 190 grados Celsius, durante 30 minutos
5	Habiendo pasado los 30 minutos se deja enfriar la caja de Pretti a temperatura ambiente durante 15 minutos
6	Posteriormente al enfriamiento a temperatura ambiente, se inspecciona que el ácido clorhídrico este completamente evaporado, se selecciona las pinzas para crisoles para poder extraer el portaobjetos con la solución impregnada
7	Con la ayuda del multímetro se inspecciona que el vidrio tenga distinta polaridad, con el fin de demostrar que el portaobjetos se convertirá en un conductor
8	Se utiliza un mortero de porcelana para hacer jugo de moras y luego se sumerge el portaobjetos con dióxido de titanio en el jugo para lograr impregnar, luego se esperan 30 minutos aproximadamente para que seque
9	El portaobjetos que marque en una de sus caras positivo, se ralla con un lápiz a manera de que el grafito quede impregnado
10	Cuando ambas láminas estén secas se prosigue a unirlas e inyectarles 1 ml. De yoduro, se unen con un clip metálico, por último se colocan los lagartos para poder hacer medición con el multímetro

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.2.1.6. Diseño y creación de prototipo

Para el diseño de la celda fotoquímica se utilizaron materiales químicos como el dióxido de estaño ( $\text{SnO}_2$ ) como se mencionó anteriormente se utilizó como un semiconductor en uno de las láminas de vidrio.

Se describirán el diseño y la creación de prototipo de la celda fotoquímica.

- Pasos a seguir:
  - Paso 1: limpiar la superficie de las láminas con acetona, una vez limpias se manipulan solo los bordes.
  - Paso 2: se comprobó la conductividad de las caras de las láminas de vidrio; esto se logra tocando la superficie de la lámina con el multímetro; al saber qué lado de la lámina es la conductora, se coloca al lado de la otra, de manera que el lado conductor de la lámina quede hacia arriba y el de la otra hacia abajo.
  - Paso 3: a las láminas de vidrio se les añadió óxido de estaño ( $\text{SnO}_2$ ).
  - Paso 4: se colocó la cinta adhesiva transparente a las láminas para mantenerlas en su lugar, la cinta se coloca sobre uno de los lados largos de las láminas a un milímetro de los bordes.
  - Paso 5: se añadió una solución de pintura látex blanco al 75 por ciento de titanio (Ti), se dejó caer en la cara conductora volteada

hacia arriba y se repartió uniformemente por la superficie de la lámina.

- Paso 6: luego de haber cubierto la lámina con dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) se vertió en el jugo de moras por aproximadamente 10 minutos.
- Paso 7: la otra lámina de vidrio se midió con un multímetro y se marcó la cara que dio el signo positivo.
- Paso 9: a esta lámina se le aplicó una capa fina de grafito, esto se logró rayando con un lápiz la superficie.
- Paso 10: por último se retira la lámina con dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) del colorante y se enjuagó dos veces y se secó con una servilleta limpia.

#### **2.2.2.1.7. Tiempo de elaboración de celdas fotoquímicas**

Los tiempos de producción fueron recabados conforme a las pruebas prácticas desarrolladas en el laboratorio de Fisicoquímica del Centro de Investigaciones de Ingeniería, de la Facultad de Ingeniería, USAC. Se obtuvieron los tiempos para dos láminas de vidrio (portaobjetos), las cuales fueron utilizadas para desarrollar una celda fotoquímica.

Se realizó un estudio de tiempos, esto no es más que una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en

condiciones determinadas y para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea.

Con la ayuda de un cronómetro se tomó el tiempo de duración de cada proceso para la elaboración de una celda fotoquímica en el laboratorio de Fisicoquímica.

- Laboratorio de Fisicoquímica

Tabla V. **Tiempo estimado para la elaboración de una celda fotoquímica**

DESCRIPCIÓN	TIEMPO (min.)	CANTIDAD (unidad)
Se coloca una de las láminas de vidrio (portaobjetos) en una superficie limpia y plana asegurándola con una cinta adhesiva.	3	1
Se agrega una gota de aproximadamente 50 ml. de pintura látex blanca al 75 por ciento de titanio y se desliza por la superficie en una de las láminas, luego se seca a temperatura ambiente.	5	1
Se pesan 2.985 gramos de óxido de estaño y 300 ml. de ácido clorhídrico en un beaker de 500 ml. de capacidad.	10	1
Se trasladan los reactivos peligrosos hacia la campana extractora de gases que está a 1.5 metros.	0,15	1
En una caja de Pretti se vierte la solución de ácido clorhídrico (HCl) mezclado con óxido de Estaño (SnO <sub>2</sub> ) y se sumerge el portaobjetos. Se coloca en una plancha eléctrica de 110 voltios a una temperatura de 190 grados Celsius durante 30 minutos.	15	1
Se deja en la campana extractora de gases durante un tiempo apropiado hasta que el ácido clorhídrico se haya evaporado.	45	1

Continuación de la tabla V.

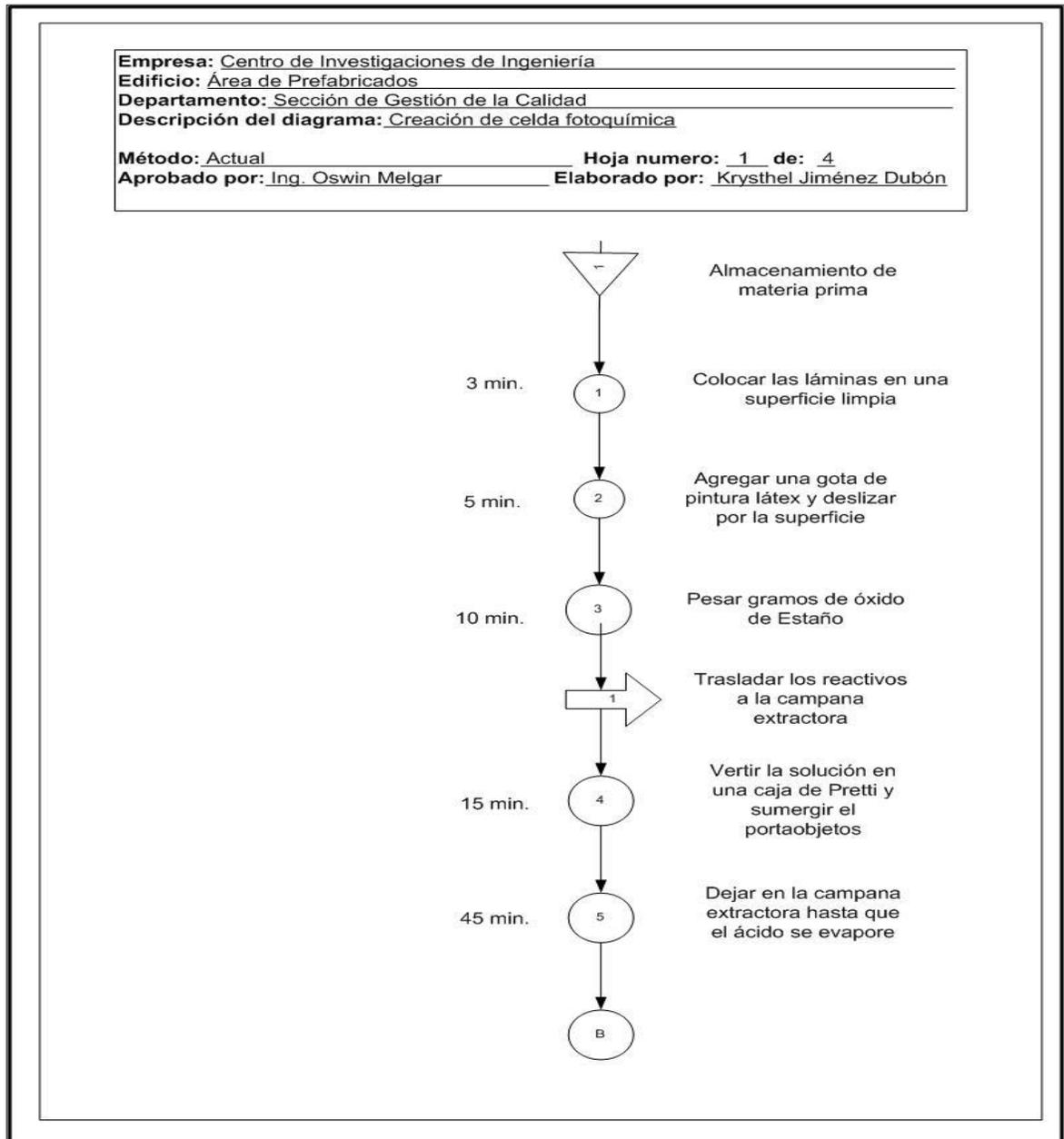
Posteriormente se deja enfriar a temperatura ambiente, se inspecciona que el ácido clorhídrico este completamente evaporado. Se seleccionan las pinzas para poder extraer el portaobjetos con la solución impregnada en dicho vidrio.	20	1
Con ayuda del multímetro se inspecciona que el vidrio tenga distinta polaridad, con el fin de demostrar que el portaobjetos se convirtió en conductor.	5	1
Se utiliza un mortero de porcelana para hacer el jugo de moras y luego sumergir el portaobjetos con óxido de titanio en el jugo para que se logre impregnar, luego se deja para que quede completamente seco.	35	1
El portaobjetos que marca en una de sus caras positivo se ralla con un lápiz a manera de que el grafito quede impregnado.	7	1
Con ayuda del multímetro se inspecciona que el vidrio tenga distinta polaridad con el fin de demostrar que el portaobjetos se convirtió en un conductor.	5	1
Se traslada la celda fotoquímica para poder almacenarla a una distancia de 1.5 metros.	0,15	1
Se almacena la celda fotoquímica.		
<b>Tiempo total</b>	<b>2 horas con 30 minutos</b>	<b>1</b>

Fuente: elaboración propia.

#### 2.2.2.1.8. Diagramas de flujo del proceso

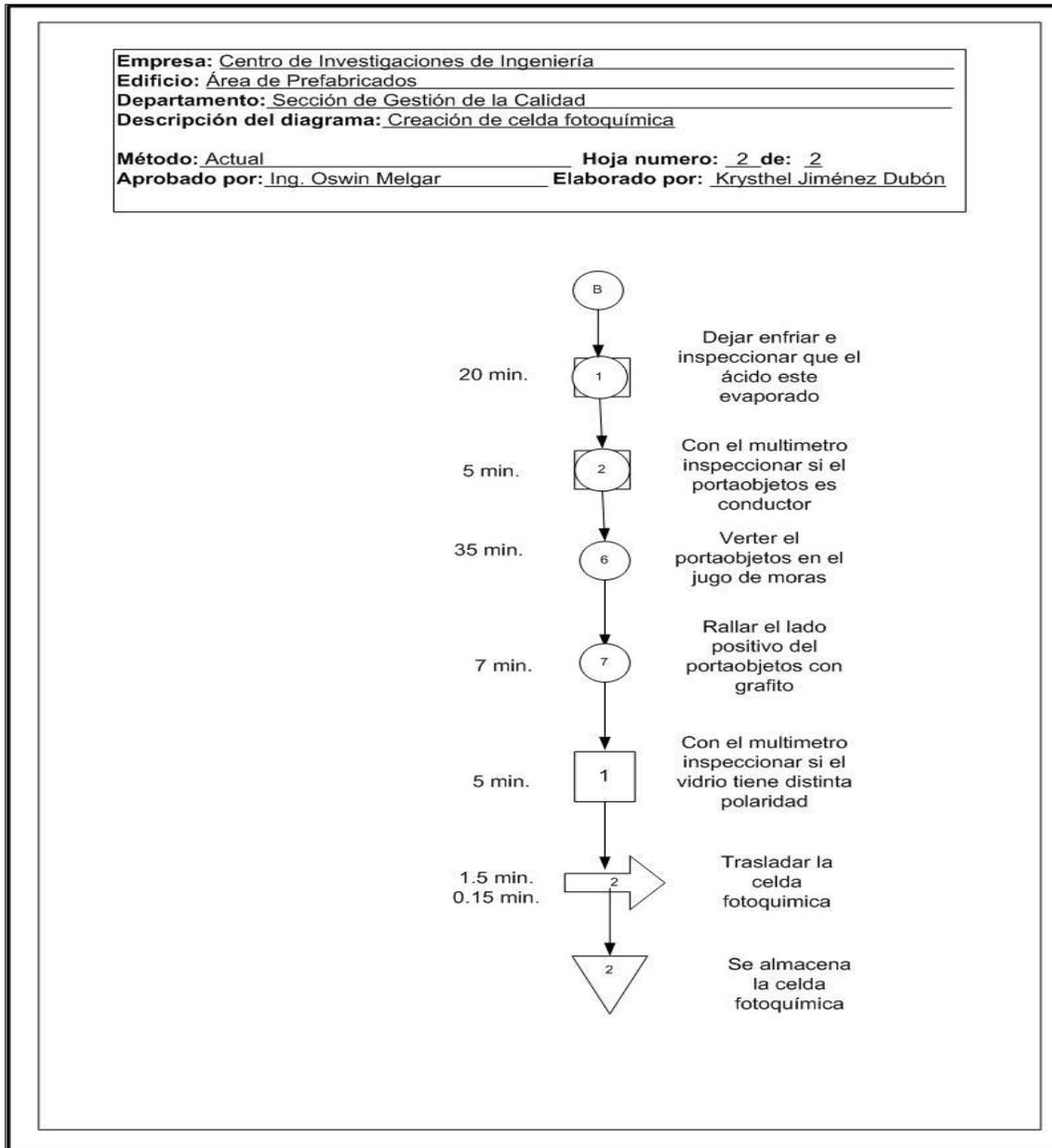
En este tipo de diagrama de flujo del proceso se muestran el almacenamiento, las demoras, el transporte, las operaciones necesarias para la realización de todo el proceso para la elaboración de la celda fotoquímica. Según figura 38 y 39.

Figura 38. Hoja Núm. 1 diagrama de flujo del proceso para la creación de una celda fotoquímica



Fuente: elaboración propia.

Figura 39. Hoja Núm. 2 diagrama de flujo de operaciones para la creación de una celda fotoquímica



Fuente: elaboración propia.

### 2.2.2.1.9. Pruebas

Se realizaron tres pruebas distintas para lograr que el portaobjetos se convirtiera en un vidrio conductor dentro del laboratorio de Físicoquímica en el Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

En la tercera prueba se convirtió el portaobjetos en un vidrio conductor se utilizaron instrumentos, equipo de laboratorio y equipo de protección personal.

- Instrumentos de laboratorio:
  - Crisol
  - Pinzas para crisoles
  - Beakers
  - Balanza digital de laboratorio
  - Agitador o varilla de vidrio
  - Mortero de porcelana con pistilo (machucador)
  
- Equipo de laboratorio:
  - Mufla
  - Balanza digital de laboratorio
  - Campana extractora de gases
  
- Equipo de protección personal:
  - Botas industriales con punta de acero
  - Lentes antiempañantes
  - Bata blanca manga larga

- Mascarilla desechable N95
- Guantes de látex
- Guantes de neopreno
- Guantes de asbesto

Se realizaron una serie de pruebas las cuales se describirán a continuación:

- Prueba 1:
  - Equipo a utilizar:
    - Mufla Barnstead Thermolyne Furnace 1400
    - Portaobjetos
    - Crisol
    - Pinzas para crisoles
    - Guantes de látex
    - Guantes de asbesto
    - Lentes antiempañantes
    - Bata blanca manga larga
    - Botas industriales con punta de acero
    - Balanza digital para laboratorio
  - Datos:
    - Peso del portaobjetos: 5,253 gramos
    - Peso inicial del crisol de porcelana: 1,904 gramos
    - Fusión del estaño (Sn): 505 grados Celsius
    - Peso del estaño (Sn) granular: 4,463 gramos

- Temperatura: 650 grados Celsius
  - Tiempo: 34:50 minutos
  - Se enfrió a temperatura ambiente
- Procedimiento:
  - Se tomaron mediciones
  - Se conectó la mufla y programó a 650 grados Celsius
  - Se colocó un portaobjetos dentro del crisol y se le agregó el estaño en forma granular.
  - Se introdujo el crisol en la mufla y se dejó hasta que alcanzó los 650 grados Celsius por, aproximadamente, 34 minutos.
  - Al concluir el tiempo necesario se procedió a sacar el crisol con la ayuda de guantes y de una pinza.
  - Luego se dejó enfriar a temperatura ambiente
  - Por último se observó que el estaño (Sn) se deslizó por todo el portaobjetos y no quedó adherido.
- Prueba 2:
  - Equipo a utilizar:
    - Mufla Barnstead Thermolyne Furnace 1400
    - Portaobjetos
    - Crisol
    - Pinzas para crisoles
    - Guantes de látex
    - Guantes de asbesto

- Lentes antiempañantes
  - Bata blanca manga larga
  - Botas industriales con punta de acero
  - Balanza digital de laboratorio
- Datos:
- Peso del portaobjetos: 5,253 gramos
  - Peso inicial del crisol de porcelana: 1.904 gramos
  - Fusión del estaño (Sn): 505 grados Celsius
  - Peso del estaño (Sn) granular: 21.024 gramos
  - Temperatura: 650 grados Celsius
  - Tiempo: 5,52 minutos
  - Se enfrió a temperatura ambiente
- Procedimiento:
- Se tomaron mediciones
  - Se conectó la mufla y programó a 650 grados Celsius
  - Se colocó el crisol y se le agregó el estaño en forma granular.
  - Se introdujo el crisol en la mufla y se dejó hasta que alcanzó los 650 grados Celsius.
  - Se vertió el estaño (Sn) fundido al portaobjetos que se encontraba a temperatura ambiente, y al tener contacto con la solución se fisuró y se quebró por el cambio brusco de temperatura.
  - Por lo tanto no funcionó la prueba

- Prueba 3:
  - Equipo a utilizar:
    - Mufla Barnstead Thermolyne Furnace 1400
    - Portaobjetos
    - Campana extractora de gases
    - Plancha (balanza con plancha incluida)
    - Crisol de porcelana
    - Pinzas
    - Guantes de látex
    - Guantes de asbesto
    - Guantes de neopreno
    - Lentes antiempañantes
    - Bata blanca manga larga
    - Botas industriales con punta de acero
    - Balanza digital de laboratorio
  - Datos:
    - Peso del portaobjetos: 5,253 gramos
    - Peso inicial del crisol de porcelana: 1.904 gramos
    - Fusión del estaño (Sn): 505 grados Celsius
    - Peso aluminio: 1,261 gramos
    - Peso del óxido de estaño: 2,958 gramos
    - Peso de agua destilada: 150 mL.
    - Peso de ácido clorhídrico (HCl): 50 ml. + 100ml. al 1 %
    - Peso en probeta: 600 ml. – 450 ml.
    - Temperatura: 194 grados Celsius

- Tiempo: 15 minutos
- Se enfrió a temperatura ambiente
- Procedimiento:
  - Se tomaron mediciones
  - Se conectó la mufla y programó a 194 grados Celsius
  - Se agregó en un beaker una disolución de ácido clorhídrico (HCl) de 50ml + 100 ml al 1 % y se calentó a una temperatura de 194 grados Celsius, con la ayuda de una plancha.
  - En una campana extractora de gases se hizo la mezcla del ácido con el óxido de estaño.
  - Luego se sumergió un portaobjetos en una caja de Pretti con ácido clorhídrico.
  - El portaobjetos se colocó en la mufla a una temperatura de 450 grados Celsius en un tiempo de 13:41 minutos
  - Se logró convertir el portaobjetos en un vidrio conductor.

#### **2.2.2.1.10. Resultados**

Después de haberse efectuado una serie de pruebas para lograr la conductividad del portaobjetos se concluyó lo siguiente:

Tabla VI. **Resumen de las pruebas**

Número de Prueba	Conclusión
Prueba 1	Se concluyó que el estaño (Sn) se deslizó por todo el portaobjetos y no quedó adherido
Prueba 2	El portaobjetos al tener contacto con la solución de estaño se fisuró y se quebró por el cambio brusco de temperatura
Prueba 3	Se logró convertir el portaobjetos en un conductor

Fuente: elaboración propia.

- Dentro de los resultados se obtuvo:
  - Una de las deficiencias encontradas en el proceso para la creación de celdas fotoquímicas, fue que en el mercado guatemalteco no fabrican vidrio conductor, como resultado se desarrollaron diferentes pruebas para crear un vidrio conductor.
  - La prueba número tres dio como resultado la creación de un vidrio conductor, pero la deficiencia fue que la adherencia al vidrio (portaobjetos) del óxido de estaño con ácido clorhídrico no se homogenizó en todo el vidrio, por lo que en el transcurso del tiempo el óxido de estaño se fue desprendiendo del portaobjetos.

- La creación de la celda fotoquímica con óxido de estaño no pudo considerarse como una celda solar a bajo costo, ya que durante el proceso de creación los materiales que se utilizaron fueron demasiado costosos y difíciles de encontrar en el mercado, como el ácido clorhídrico y el óxido de estaño. Dentro del proceso para la creación de dicha celda el equipo a utilizar no es apto para que la población en general pueda desarrollarlas, ya que se trabajó en el Laboratorio de Físicoquímica, por consiguiente los materiales y reactivos solo pueden ser manipulados por personas capacitadas para dicho proceso.

#### **2.2.2.2. Creación de celdas fotovoltaicas con placas de cobre**

Para la creación de celdas fotovoltaicas con placas de cobre, se utilizaron materiales a bajo costo y fáciles de encontrar en el mercado, se buscó una manera más sencilla de fabricarlas y poderlas acomodar en un panel solar de 66 cm. X 56 cm. con un ángulo de inclinación de 45 grados perpendicular a los rayos del sol.

Dichas placas funcionan con el calor que emite el sol, entre más calor haya, mayor serán los microamperios que genere la placa.

En esta sección de diseño y se crearon celdas fotovoltaicas a un bajo costo con el fin de minimizar los gastos de la casa autosostenible, con el fin de ver la funcionalidad de dichas celdas.

La función de las celdas fotovoltaicas a partir de placas de cobre, es la transformación de la energía proveniente del sol, en energía eléctrica, con lo

cual en esta sección se describirá el funcionamiento, los materiales a utilizar, así como el diseño, creación de prototipos, serie de pruebas y resultados.

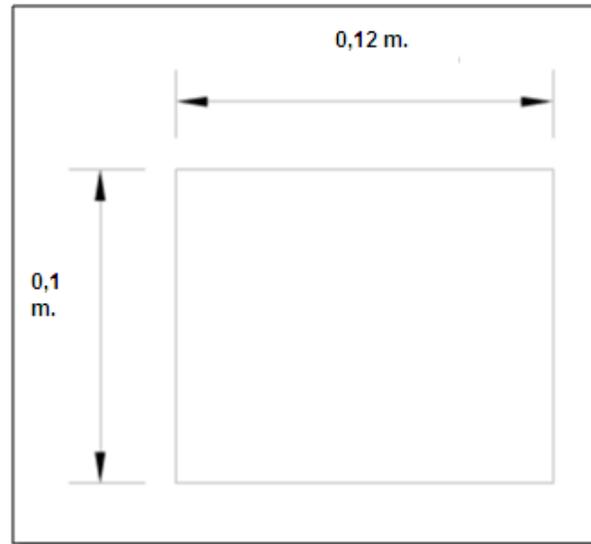
#### **2.2.2.2.1. Funcionamiento**

El funcionamiento de las celdas fotovoltaicas con placas de cobre, se da por el movimiento de los electrones entre dos placas de cobre, que en este caso una placa de cobre es conductora y la otra placa de cobre es semiconductor; los separa un electrolito; y la radiación del sol hace que los electrones libres pasan de una placa a la otra, con lo que se obtendrá una generación de corriente.

#### **2.2.2.2.2. Planos**

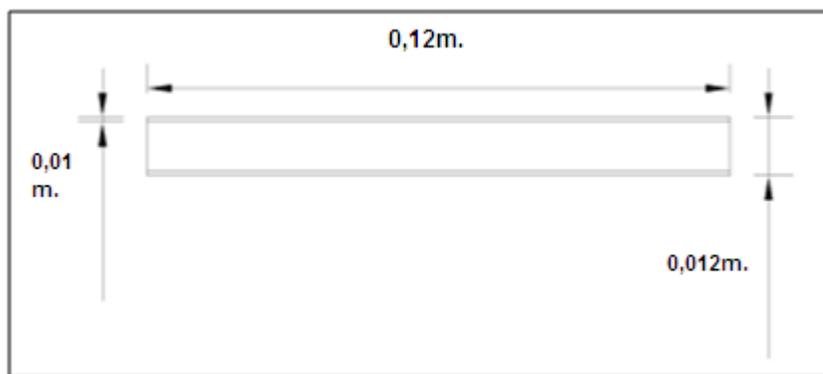
En esta sección se diseñaron los planos de las medidas de la Celda fotovoltaica con el fin de estandarizar medidas de la misma. Según figuras 40 y 41.

Figura 40. **Plano de planta de la celda fotovoltaica con lámina de cobre**



Fuente: elaboración propia.

Figura 41. **Plano vista lateral de la celda fotovoltaica con lámina de cobre**



Fuente: elaboración propia.

### **2.2.2.2.3. Descripción y uso de materiales**

Los materiales que se utilizaron para la creación de las celdas fotovoltaicas, son de bajo costo de producción con el fin de tener un sistema que pueda competir en el mercado.

- Materiales
  - Lámina de cobre de 1 milímetro de espesor
  - Estufa eléctrica de 1 hornilla de 110 voltios
  - Pinzas convencionales
  - Gel para el cabello
  - Balde de 1,5 litros de capacidad
  - Ácido nítrico al 15 % ( $HNO_3$ )
  - Jeringa de 10 mililitros de capacidad
  - Pegamento (cemento de contacto)
  - Cloruro de sodio (sal de mesa)
  - Palillos de madera
  - Tijeras convencionales
  - Guantes plásticos

### **2.2.2.2.4. Guía de elaboración para la celda fotovoltaica**

- Paso 1: se mide y se corta la lámina de cobre Núm.1, con tijeras convencionales a una medida de 10 por 12 centímetros. Según figura 42.

Figura 42. **Corte de la lámina de cobre Núm.1 de medida 10 por 12 centímetros**



Fuente: elaboración propia.

- Paso 2: se limpia con un paño limpio la lámina de cobre Núm. 1 para quitar las impurezas superficiales, posteriormente se coloca en la estufa eléctrica, por un tiempo de 15 minutos por lado, con la ayuda de unas pinzas se da vuelta para cambiar de lado, para un total de 30 minutos. Según figura 43.

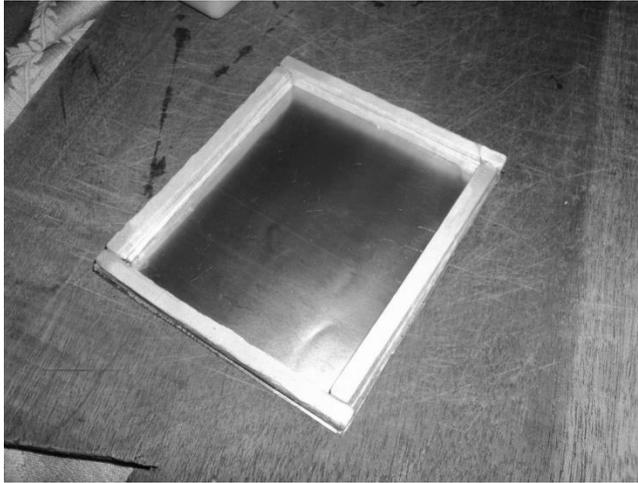
Figura 43. **Calentamiento de la lámina de cobre Núm. 1 en estufa eléctrica de 110 voltios**



Fuente: elaboración propia.

- Paso 3: mientras que se calienta la lámina de cobre Núm. 1, se mide y se corta otra lámina Núm. 2 de medida de 12 por 10 centímetros, en el cual se adhiere los palillos de madera con el fin de formar un marco alrededor de dicha lámina. Según figura 44.

Figura 44. **Adhesión de palillos de madera con pegamento para formar un marco en la lámina de cobre Núm. 2**



Fuente: elaboración propia.

- Paso 4: posteriormente al calentamiento se retira la lámina Núm. 1 de la estufa eléctrica con la ayuda de pinzas, para luego sumergirla en ácido nítrico, con el fin de desprender el carbón ocasionado por el calentamiento por parte de la estufa, con lo cual queda la lámina de cobre con una capa de óxido cuproso en el cual esta lámina es la parte negativa de la celda fotovoltaica. Se coloca sobre papel mayordomo para que pueda absorber el ácido nítrico sobrante. Según figura 45.

Figura 45. **Aplicación de ácido nítrico al 15 por ciento, sobre la lámina previamente calentada**



Fuente: elaboración propia.

- Paso 5: se aplica gel para el cabello dentro del marco de madera adherido a la lámina de cobre y se homogeniza en todo el marco. Según figura 46.

Figura 46. **Aplicación de gel para el cabello dentro del marco de madera adherido a la lámina de cobre**



Fuente: elaboración propia.

- Paso 6: se adhiere la lámina Núm. 2 a la lámina Núm. 1 conjuntamente con el marco de madera y la aplicación de gel para cabello, para formar la celda fotovoltaica. Según figura 47.

Figura 47. **Adhesión de la lámina Núm. 2 con la lámina Núm. 1, con pegamento (cemento de contacto)**



Fuente: elaboración propia.

- Paso 7: se prepara la solución salina (agua con sal), para luego inyectar a la celda fotovoltaica dicha solución. Según figura 48.

Figura 48. **Inyección de la solución salina a la celda fotovoltaica**



Fuente: elaboración propia.

En esta sección se elaboró el diagrama de flujo del proceso, con el fin de tener el tiempo de producción de una celda fotovoltaica a partir de lámina de cobre. Según figura 49.

Figura 49. **Propuesta del procedimiento para la elaboración de celda fotovoltaica**

	<b>CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b>	
<b>INSTRUCTIVO DE ELABORACIÓN</b>		Versión 01
Realizado por:	FIRMAS:	FECHA:
Aprobado por:		Página 1 de 1

Interesado: \_\_\_\_\_ Proyecto: \_\_\_\_\_ Guatemala: \_\_\_\_ de: \_\_\_\_ 20\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_ Teléfono: \_\_\_\_\_

PASOS A SEGUIR PARA LA CREACIÓN DE UNA CELDA FOTOVOLTAICA:	
Núm. de pasos	DESCRIPCIÓN:
1	Se mide y se corta la lámina de Cobre Núm.1, con tijeras convencionales a una medida de 10 por 12 centímetros
2	Se limpia con un paño limpio la lámina de Cobre Núm. 1 para quitar impurezas superficiales y se coloca en la estufa eléctrica
3	Mientras que se calienta la lámina de Cobre Núm. 1, se mide y se corta la lámina Núm.2 de medida de 12 por 10 centímetros en el cual se adhieren los palillos
4	Posteriormente al calentamiento se retira la lámina Núm. 1 de la estufa eléctrica on la ayuda de pinzas, para luego sumergirla en ácido nítrico, con el fin de desprender el carbón ocasionado por el calentamiento de la estufa
5	Se aplica gel para el cabello dentro del marco de madera adherido a la lámina de Cobre y se homogeniza en todo el marco
6	Se adhiere la lámina Núm. 2 a la lámina No, 1 conjuntamente con el marco de madera y la aplicación de gel para cabello, para formar la celda fotovoltaica
7	Se prepara la solución salina, para luego inyectar a la celda fotovoltaica dicha solución

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.2.2.5. Tiempo de elaboración para la celda fotovoltaica

Los tiempos de producción fueron recabados conforme a las pruebas prácticas desarrolladas en la Sección de Gestión de la Calidad del Centro de Investigaciones de Ingeniería, de la Facultad de Ingeniería, USAC. Se obtuvieron los tiempos para dos láminas de cobre, las cuales fueron utilizadas para desarrollar una celda fotovoltaica.

- Sección de Gestión de la Calidad

Tabla VII. **Tiempo estimado para la elaboración de una celda fotoquímica**

DESCRIPCIÓN	TIEMPO (MIN.)	CANTIDAD (UNIDAD)
Se almacenan los materiales para la elaboración de celdas fotovoltaicas a partir de láminas de cobre.		
Se corta la lámina Núm.1 de cobre con tijeras convencionales con una medida de 10 por 12 centímetros.	5	1
Se traslada la lámina de cobre Núm. 1 a la estufa eléctrica a una distancia de 1,5 metros.	0,25	1
Se limpia con un paño la lámina de cobre para quitar las impurezas superficiales, posteriormente se coloca en la estufa eléctrica, por 30 minutos.	30	1
Se corta la lámina Núm. 2 de cobre, con tijeras convencionales con una medida de 10 por 12 centímetros, en la cual se adhieren palillos de madera con el fin de formar un marco alrededor de dicha lámina.	5	1
Se traslada la lámina de cobre Núm.1 de la estufa eléctrica hacia el área de trabajo a una distancia de 1,5 metros.	0,25	1

Continuación de la tabla VII.

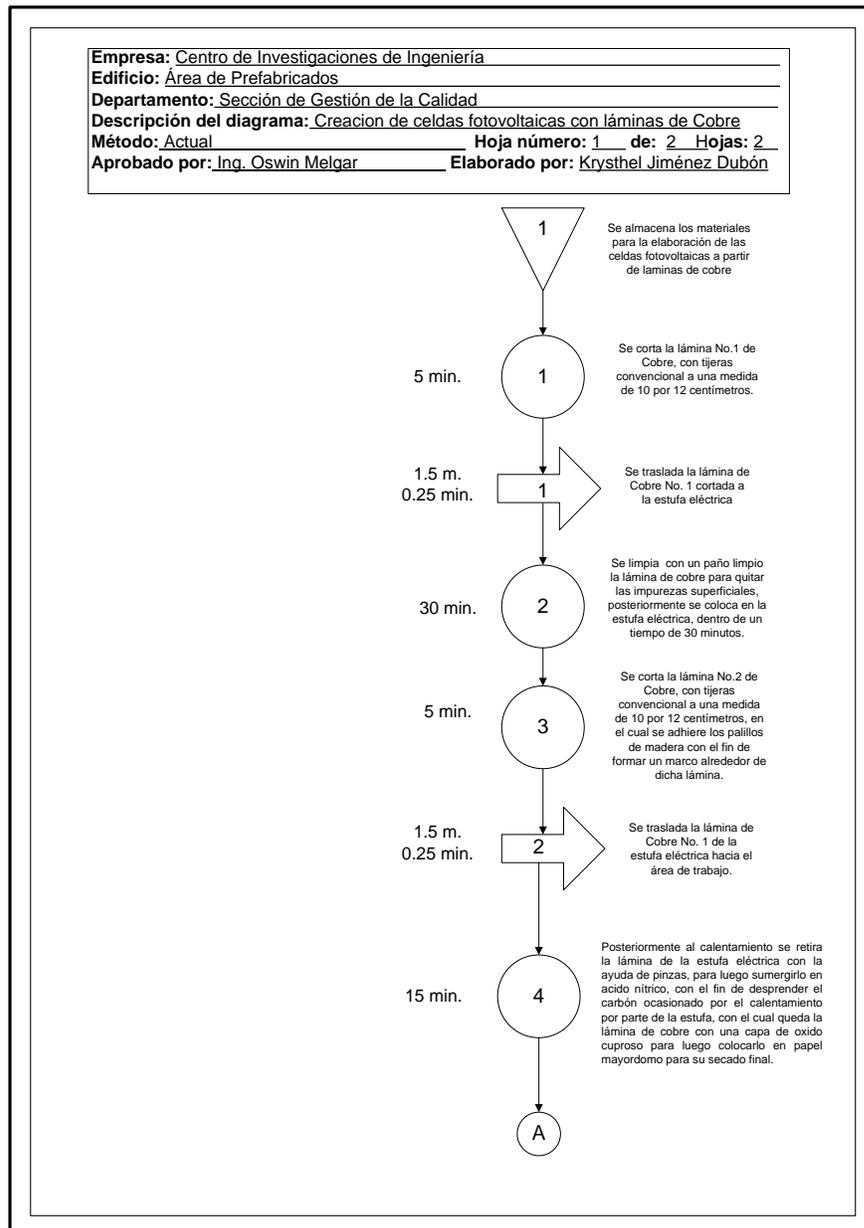
Posteriormente al calentamiento se retira la lámina de la estufa eléctrica con la ayuda de pinzas, para luego sumergirla en ácido nítrico, con el fin de desprender el carbón ocasionado por el calentamiento por parte de la estufa, con lo que queda la lámina de cobre con una capa de óxido cuproso para luego colocarlo en papel mayordomo para su secado final.	15	1
Se aplica gel para el cabello dentro del marco de madera adherido a la lámina de cobre y se homogeniza en todo el marco.	7	1
Se prepara la solución salina (agua con sal), para luego inyectar con una jeringa la solución a la celda fotovoltaica.	9	1
Se verifica que no tenga ninguna fuga de agua.	9	1
Se traslada la celda fotovoltaica a una distancia de 1,5 metros.	0,25	1
Se almacena la celda fotovoltaica		
<b>Tiempo Total:</b>	1 hora con 20 minutos	1

Fuente: elaboración propia.

#### 2.2.2.2.6. Diagrama de flujo del proceso para celda fotovoltaica

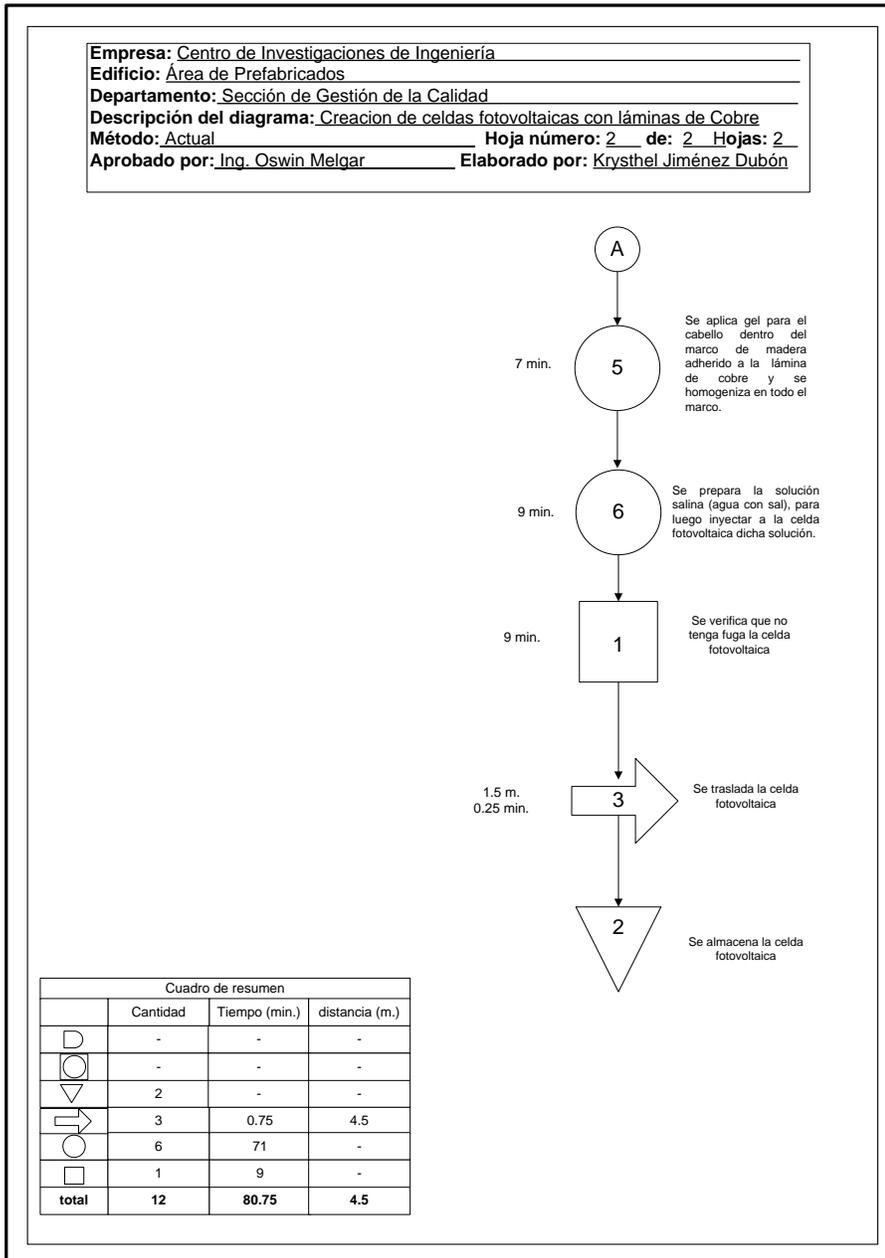
En esta sección se elaboró el diagrama de flujo de operaciones, con el fin de tener el tiempo de producción de una celda fotovoltaica a partir de lámina de cobre. Según figuras 50 y 51.

Figura 50. Hoja Núm. 1, diagrama de flujo del proceso para la creación de una celda fotovoltaica



Fuente: elaboración propia.

Figura 51. Hoja Núm. 2, diagrama de flujo del proceso para la creación de una celda fotovoltaica



Fuente: elaboración propia.

#### **2.2.2.2.7. Pruebas**

Las pruebas desarrolladas fueron la creación de 25 celdas fotovoltaicas, con el fin de diseñar y crear un panel solar con el cual se experimentará diferentes circuitos para ver qué tipo de circuito es el apropiado para las celdas fotovoltaicas, con el cual se conectarán en circuito en serie y en paralelo para determinar cual circuito es el que se adapta mejor al sistema fotovoltaico.

En esta sección se elaboró un panel solar, con el cual se dividió en las siguientes etapas:

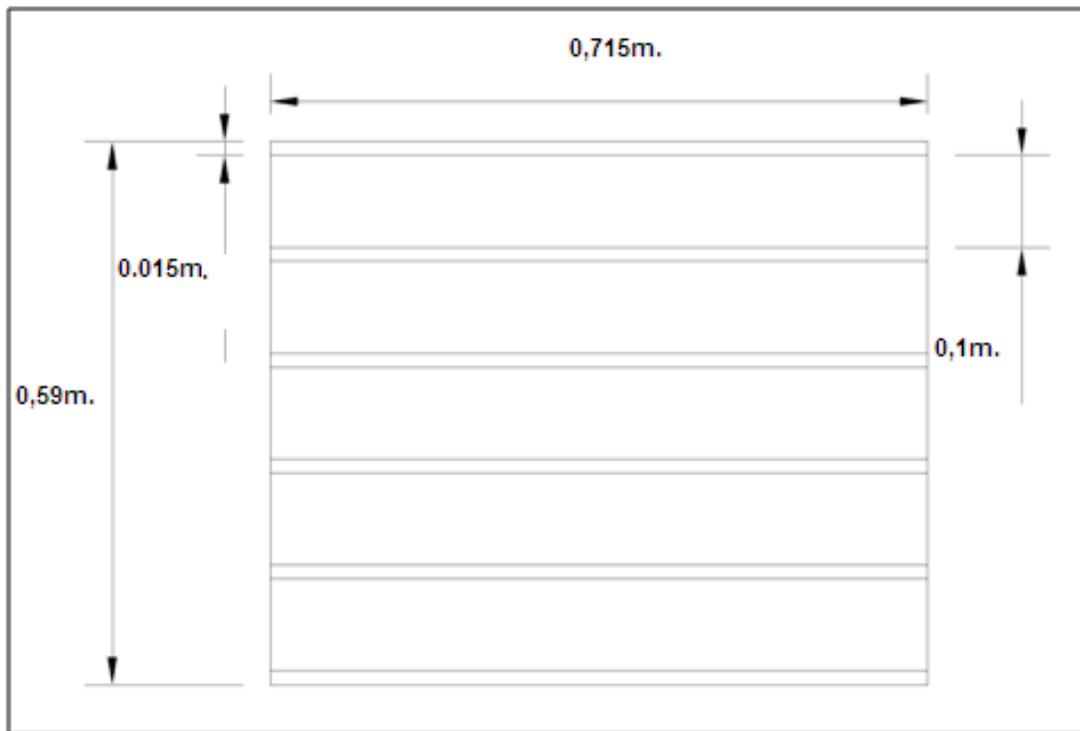
- a) Descripción de materiales
- b) Planos del panel solar
- c) Pruebas de conexión de las celdas fotovoltaicas
- d) Eficiencia energética

Las pruebas se desarrollaron en diferentes ambientes, con el fin de ver la funcionalidad de las celdas fotovoltaicas en días soleados, semisoleado y nublados.

- a) Descripción de materiales
  - 25 celdas fotovoltaicas a partir de láminas de cobre
  - Lagartos eléctricos 2,5 centímetros
  - Cable eléctrico calibre 16
  - Tester o multímetro

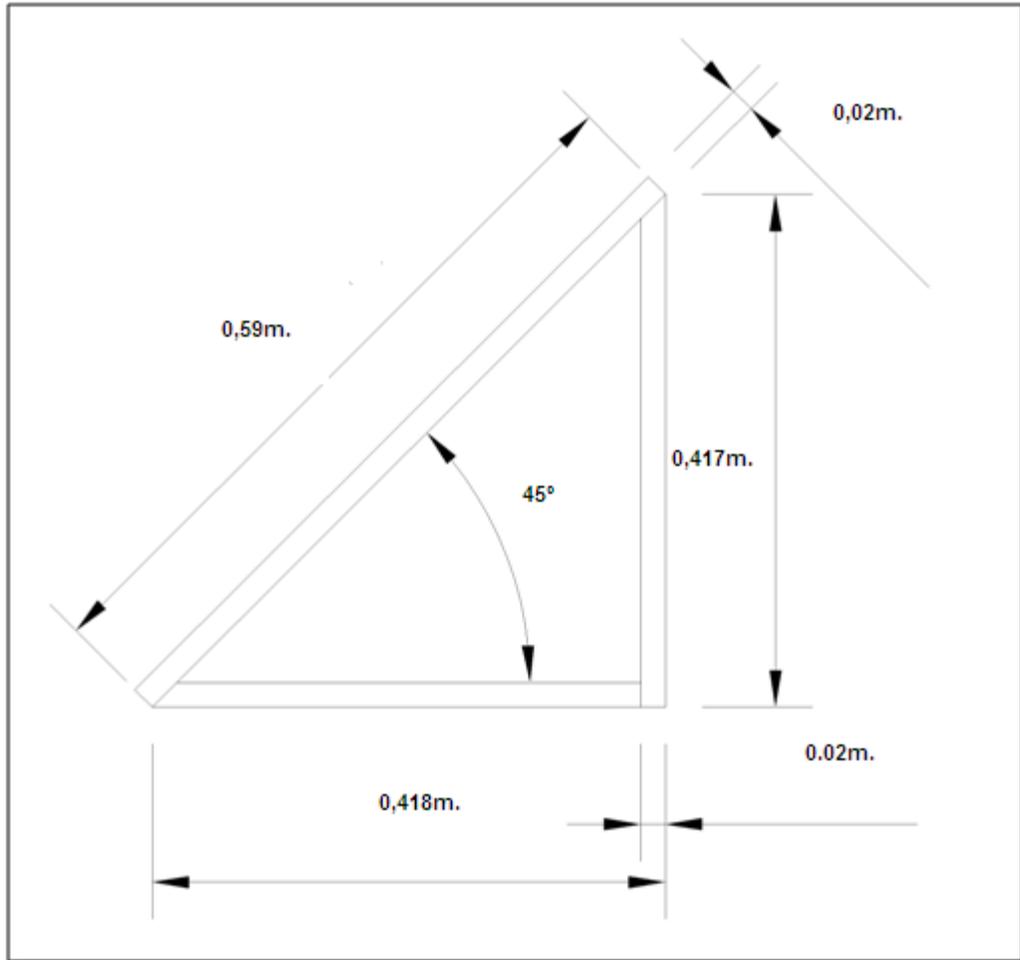
b) Planos del panel solar

Figura 52. **Vista de frente del panel solar**



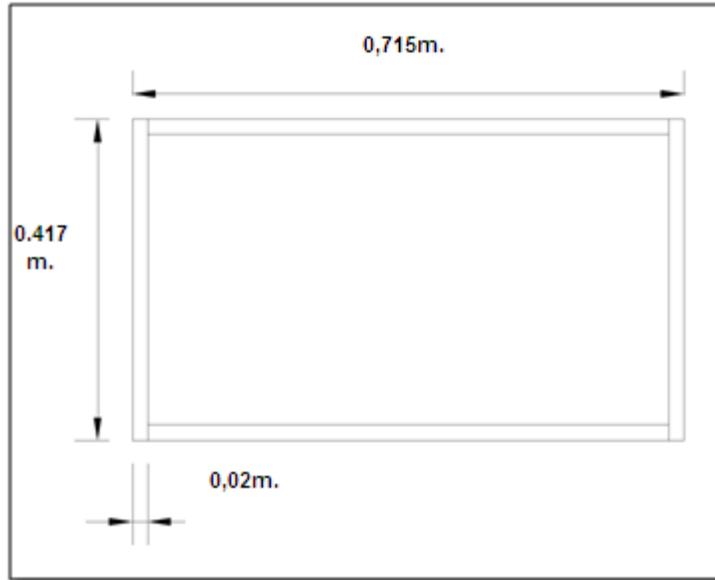
Fuente: elaboración propia.

Figura 53. Vista lateral del panel solar



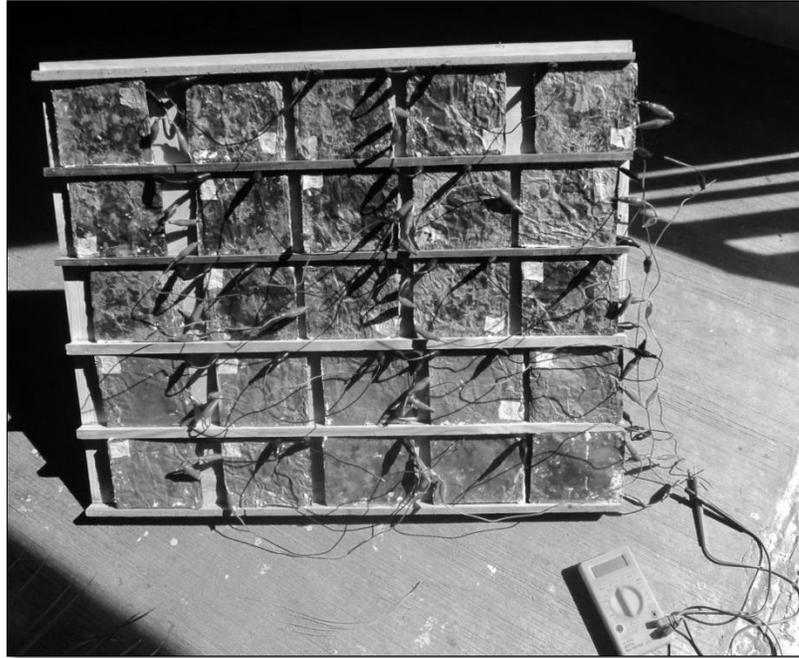
Fuente: elaboración propia.

Figura 54. **Vista trasera del panel solar**



Fuente: elaboración propia.

Figura 55. **Panel solar con celdas fotovoltaicas a partir de láminas de cobre**



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

c) Pruebas de conexión de las celdas fotovoltaicas

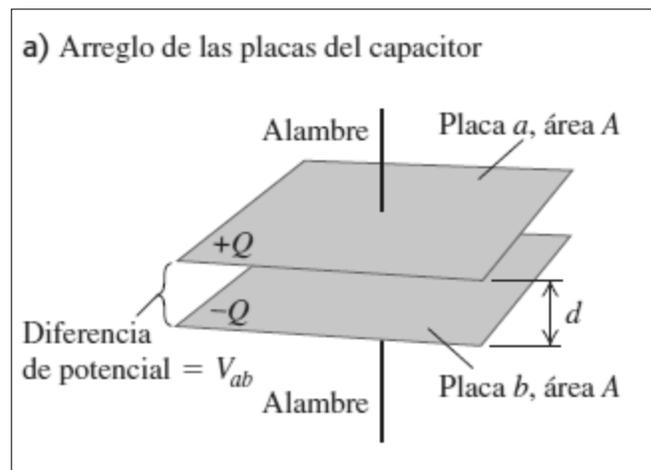
La prueba que se desarrolló, fue una conexión en paralelo ya que es una conexión donde las corrientes y los voltajes se van sumando con el fin de tener una corriente y un voltaje equivalente, por ende tener un amperaje y un voltaje mayor.

Para las pruebas, se recabaron datos prácticos con diferentes condiciones solares, con el fin de ver la funcionalidad de las celdas fotovoltaicas en días

soleados y semisoleados, por ende los datos se midieron con un multímetro en un tiempo promedio de 1 hora.

La celda fotovoltaica se realizó con el principio de capacitancia en donde se utilizó un dieléctrico (sal y gel), el área de las placas esta será proporcional al tamaño del área, e inversamente proporcional a la distancia que existe entre una placa y otra. Según figura 56.

Figura 56. **Capacitor de placas paralelas con carga**



Fuente: SEARS-ZEMANSKY, Young-Freedman. Física Universitaria con Física moderna Volumen 2. p. 817.

- Cálculo para encontrar el voltaje en base a la ley de capacitancia:
  - Fórmula:

$$C = \epsilon T * \frac{A}{d} \quad \text{ecuación 1}$$

▪ Donde:

- ✓ C= capacitancia
- ✓  $\epsilon T$ = permitividad del dieléctrico (gel + sal)
- ✓ A= área de la placa
- ✓ d= distancia entre placas

○ Fórmula para encontrar el voltaje utilizado con campo eléctrico:

$$V = E * d \text{ ecuación 2}$$

▪ Donde:

- ✓ V= voltaje
- ✓ E= campo eléctrico
- ✓ d= distancia entre placas

○ Fórmula de voltaje con la ley de capacitancia:

$$V = \frac{1}{\epsilon T} * \frac{q}{A} * d \text{ ecuación 3}$$

▪ Donde:

- ✓ V= voltaje
- ✓  $\epsilon T$ = permitividad del dieléctrico (agua + sal)
- ✓ q= carga
- ✓ A= área de la placa
- ✓ d= distancia ente placas

- Despejando E de ecuación 2:

$$E = \frac{V}{d} \text{ ecuación 4}$$

- Sustituyendo V de ecuación 3 en ecuación 4:

$$E = \frac{1/\varepsilon T * q/A * d}{d}$$

$$E = \frac{q * d}{\varepsilon T * A} \text{ ecuación 5}$$

- Igualando ecuación 1 y ecuación 5:

$$\frac{\varepsilon T * A}{d} = \frac{q}{V} = C \text{ ecuación 6}$$

- La permitividad total de la sal y del agua  $\varepsilon T = \varepsilon_0 + \varepsilon_r$

- Fórmula de corriente:

$$I = \frac{q}{t} \text{ ecuación 7}$$

- Donde:

- ✓ I= corriente generada por el sol
- ✓ q= carga
- ✓ t= tiempo que estuvo la placa expuesta al sol

- Sustituyendo q de la ecuación 7 en ecuación 6:

$$\frac{\varepsilon T * A}{d} = \frac{I * t}{V} \text{ ecuación 8}$$

- Despejando el V de la Ecuación 8:

$$V = \frac{d * I * t}{\varepsilon T * A} \text{ Ecuación 9}$$

Tabla VIII. Datos en miliamperios (mA). generados en día semisoleado

Núm. de celdas	(mA.)
01	0,25
02	0,29
03	0,28
04	0,29
05	0,20
06	0,25
07	0,21
08	0,20
<b>09</b>	<b>0,30</b>
<b>10</b>	<b>0,35</b>
<b>11</b>	<b>0,28</b>
<b>12</b>	<b>0,29</b>
<b>13</b>	<b>0,26</b>
<b>14</b>	<b>0,32</b>
<b>15</b>	<b>0,32</b>
16	0,24
17	0,28
18	0,25
19	0,30
20	0,26
21	0,24
22	0,29
23	0,20
24	0,20
25	0,29
<b>TOTAL</b>	<b>6,64</b>

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo para encontrar la corriente en un circuito paralelo de un día semisoleado:
  - Fórmula:

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3 + \dots I_n$$

$$I_t = ?$$

▪ Donde:

✓  $I_t$  = corriente total del sistema

✓  $I_n$  = corriente de la celda n

$$I_t = 6,64 \text{ mA.}$$

• Sustituyendo datos para encontrar el voltaje en un día semisoleado:

○ Utilizando la ecuación 9:

$$V = \frac{d * I * t}{\epsilon T * A}$$

▪ Donde:

✓  $d$  = distancia entre placas: 1cm.

✓  $I$  = corriente generada por las placas en un circuito en paralelo de 0,00664 Amperios, 1 amperio = 1 Coulomb / Volt.

✓  $t$  = tiempo que estuvo expuesta la placa, 3 600 segundos

✓  $\epsilon T$  = la permitividad a 20 grados Celsius del agua  
 $\epsilon_0 = 80,1$ , permitividad de la sal común  $\epsilon_r = 5,9$ ,  
 $\epsilon T = 86$

✓  $A$  = área de las placas, (10 cm. \* 12 cm.) = 120  $\text{cm.}^2$

- Voltaje para un día semisoleado:

$$V = \frac{(1 \text{ cm.}) * \left(0,00664 \frac{\text{C.}}{\text{segundo}}\right) * (3 \text{ 600 segundos})}{\left(86 \frac{\text{C.}^2}{\text{N}} * \text{m.}^2 * 120\text{cm.}^2\right)}$$

$$V = 0,002316 \text{ volts.}$$

Tabla IX. **Datos en miliamperios (mA.) generados en día soleado**

Núm. de celdas	mA.
01	0,90
02	0,75
03	0,70
04	0,65
05	0,72
06	0,85
07	0,78
08	0,55
09	0,80
10	0,85
11	0,90
12	0,87
13	0,88
14	0,80
15	0,75
16	0,85
17	0,85
18	0,80
19	0,78
20	0,75
21	0,90
22	0,84
23	0,79
24	0,89
25	0,83
TOTAL	20,03

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo para encontrar la corriente en un circuito paralelo para un día soleado:

- Fórmula:

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3 + \dots I_n$$

$$I_t = ?$$

- Donde:

✓  $I_t$  = corriente total del sistema

✓  $I_n$  = corriente de la celda n

$$I_t = 20,03 \text{ mA.}$$

- Sustituyendo datos para encontrar el voltaje en un día soleado:

- Utilizando la ecuación 9:

$$V = \frac{d * I * t}{\epsilon T * A}$$

- Donde:

✓ d = distancia entre placas, 1cm.

✓ I = corriente generada por las placas en un circuito en paralelo de 0,02003 Amperios, 1 amperio = 1 Coulomb / Volt.

- ✓  $t =$  tiempo que estuvo expuesta la placa, 3600 segundos
- ✓  $\epsilon T =$  la permitividad a 20 grados Celsius del agua  $\epsilon_0 = 80,1$ , permitividad de la sal común  $\epsilon_r = 5,9$ ,  $\epsilon T = 86$
- ✓  $A =$  área de las placas,  $(10 \text{ cm.} * 12 \text{ cm.}) = 120 \text{ cm.}^2$

- Voltaje para un día soleado:

$$V = \frac{(1 \text{ cm.}) * \left(0,02003 \frac{\text{C.}}{\text{segundo}}\right) * (3 \text{ 600 segundos})}{\left(86 \frac{\text{C.}^2}{\text{N}} * \text{m.}^2 * 120 \text{ cm.}^2\right)}$$

$$V = 0,00698 \text{ volts.}$$

Conforme a las pruebas recabadas durante las dos variaciones de los días (semisoleado y soleado), se obtuvo mayor voltaje en un día soleado.

- d) Relación de potencia para una bombilla ahorradora de 13 watts. con luz natural:

$$\text{Potencia} = I * V$$

- Cálculo de relación de potencia con luz natural en un día soleado:

$$\text{Relación de potencia} = \frac{13 \text{ Watts}}{(0,02003 \text{ Amperios} * 0,00698 \text{ voltios})}$$

$$\text{Relación de potencia} = \frac{13 \text{ Watts}}{(0,00013989 \text{ Watts})} = 92983,73356 \text{ horas}$$

$$92983,73356 \text{ horas} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}} = 3874,3222 \text{ días}$$

$$3874,3222 \text{ días} * \frac{1 \text{ año}}{365 \text{ días}} = 10,614 \text{ años}$$

Según las pruebas que se realizaron el panel solar debe estar 10,614 años expuesto al sol para que pueda encender una bombilla ahorradora de 13 watts.

#### 2.2.2.2.8. Resultados

Se hizo un análisis del precio que cada usuario tiene que pagar por cada kWh consumido a EEGSA (Empresa Eléctrica de Guatemala, S. A.)

- Detalle de cargos en quetzales:

Tabla X. **Detalle de pago mensual por Kilowatt hora**

Detalle	Precios en Q.	Consumo en kWh	Pago en Q.
Cargo fijo	9,938057		9,94
Cargo por energía	1,713923	1	1,71
Total cargo sin iva			11,65
Total cargo con iva 12 %			1,40
Tasa Municipal 13 %			1,51
Total a pagar			<b>14,57</b>

Fuente: elaboración propia.

En la creación de las celdas fotovoltaicas se analizaron varias variables que afectaron el buen funcionamiento de las mismas:

- El gel para cabello tiene componentes que no ayudan a que el dieléctrico genere mayor conductividad.
- Para obtener un mejor resultado se debe buscar un dieléctrico que genere más conductividad en la celda, aunque eso elevaría los costos.
- Exponer al sol por más tiempo la celda fotovoltaica, ya que la corriente depende del tiempo de exposición.
- Las celdas fotoquímicas no son factibles para la generación de electricidad, ya que según lo experimentado se necesitarían aproximadamente 10 años para poder encender una bombilla de 13 watts.

### **2.2.2.3. Construcción de canaletas**

Para la elaboración de canaletas, se utilizaron materiales ecológicos, como bambú y envases PET, la finalidad fue captar la mayor parte de agua pluvial con ayuda de este sistema.

#### **2.2.2.3.1. Funcionamiento**

El techo de la vivienda donde se instaló todo el sistema pluvial, era a dos aguas, por lo que se colocó en la parte frontal de la casa, el agua se deslizó hasta la canaleta, transportándola a la bajada de agua para almacenarse en un tanque con capacidad de 75 litros, luego pasó por todo el sistema de filtrado.

### 2.2.2.3.2. Descripción y uso de materiales

Los materiales fueron de bajo costo y fáciles de encontrar, estos materiales buscan sustituir productos de alto costo.

- A continuación se describirán los materiales que se utilizaron para la construcción de las canaletas:
  - Bambú de 19 centímetros de diámetro
  - Envases PET de 2,5 litros
  - Envases PET de 300 ml.
  - Silicón frío
  
- Uso de materiales:
  - Bambú: Bambusoidea es el nombre de una subfamilia de plantas que pertenecen a la familia de las gramíneas o Poaceae. Una de las familias botánicas más extensas e importantes para el hombre, es el bambú, este se utilizó como canaleta y como un tubo transportador.
  - Envases PET de 2,5 litros: fue utilizado como un recubrimiento en la parte interna del bambú, este fue partido a lo largo.
  - Envases PET de 300 ml.: a estas botellas se les cortó el cuello y el fondo, se introdujeron un envase encima del otro y se colocaron en el bambú para simular un tubo y poder transportar el agua pluvial.

- Silicón frío: se usó para pegar los envases PET.

#### **2.2.2.3.3. Descripción del proceso de elaboración**

Para el proceso de elaboración de las canaletas se describirán una serie de pasos.

- Pasos a seguir:
  - Paso 1: obtener el bambú necesario para cubrir el ancho del techo y asegurarse que tenga un tratamiento adecuado para su mayor durabilidad, el bambú al tener recubrimiento tiene una vida útil de más de 100 años, se prosigue a cortarlo por la mitad.
  - Paso 2: se corta el envase PET a lo largo y se pega dentro de él.
  - Paso 3: por cada metro a lo largo del techo, se inclina la canaleta un centímetro, para que tenga una bajada de agua adecuada.
  - Paso 4: al bambú que queda entero se le introduce los envases de PET de 300 ml.

#### **2.2.2.3.4. Guía de elaboración de canaletas**

Para el diseño del prototipo los materiales más importantes fueron el bambú y el envase PET.

- Pasos a seguir para su creación:
  - Paso 1: el bambú se cortó por la mitad para crear un canal, se impermeabilizó con los envases de PET. Según figura 59.
  - Paso 2: una vez cortado el bambú, se corta el envase PET de 2,5 litros a lo largo y se une uno con otro, con ayuda de silicón frío y se introduce en la mitad del bambú. Según figura 57.

Figura 57. **Elaboración de canaletas con bambú y envases de PET de 2,5 litros**



Fuente: Área de prefabricados y aglomerados del Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

- Paso 3: para la inclinación de la canaleta se tomó la proporcionalidad del largo del techo, en este caso la medida fue de 1.92 metros, por lo que la inclinación fue de 1,92 centímetros.
  
- Paso 4: los envases PET de 300 ml. se cortaron del cuello y del fondo, y se ensamblaron uno encima del otro y se introdujeron al bambú entero.
  
- Paso 5: por último se ensambló todo el sistema de captación pluvial. Según figura 58.

Figura 58. **Propuesta del procedimiento para la elaboración de canaletas**

	<b>CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b>	
<b>INSTRUCTIVO DE ELABORACIÓN</b>		Versión 01
Realizado por: Aprobado por:	FIRMAS:	FECHA:
		Página 1 de 1
Interesado: _____ Proyecto: _____ Guatemala: _____ de: _____ 20__		
Dirección: _____ Teléfono: _____		
<b>PASOS A SEGUIR PARA LA CREACIÓN DE UNA CANALETA DE BAMBÚ:</b>		
<b>No. De pasos</b>	<b>DESCRIPCIÓN:</b>	
1	El bambú se corta por la mitad para crear un canal, se impermeabiliza con envase de PET	
2	Una vez cortado el bambú, se corta el envase PET de 2,5 litros a lo largo y se une uno con otro, con la ayuda de silicón frio y se introduce en la mitad del bambú	
3	Para la inclinación de la canaleta se toma la proporcionalidad del largo del techo, en este caso la medida es de 1,92 metros, por lo que la inclinación fue de 1,92 centímetros	
4	Los envases PET de 300ml. Se cortan del cuello y del fondo, y se ensamblan uno encima del otro y se introducen al bambú entero	
5	Por último se ensambla todo el sistema de captación pluvial	

Fuente: elaboración propia.

Figura 59. **Instalación del sistema de captación pluvial**



Fuente: Casita construida en el área de prefabricados y aglomerados del Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

#### **2.2.2.3.5. Pruebas**

- Prueba 1: el bambú al no tener impermeabilizante filtraba el agua y no corría por el canal.
- Prueba 2: se optó a colocarle plástico, para ello se utilizaron envases reciclados de PET.

- Se hicieron una serie de pruebas con el tipo de pegamento adecuado para la adherencia del envase PET, llegando a la conclusión que el mejor fue el silicón frío.
- Al hacer la prueba con el impermeabilizante plástico, se concluyó que el agua se deslizó sin ningún problema.

#### **2.2.2.3.6. Resultados**

- El tipo de canaleta implementado logró captar con éxito toda la precipitación pluvial, al igual que la bajada de agua hecha de bambú y envases PET de 300 ml. almacenándose en el tanque para pasar por el proceso de filtración.

#### **2.2.2.4. Pronóstico para la captación de aguas pluviales**

Para la realización del pronóstico se tomaron en cuenta una serie de factores dentro de los cuales se incluyeron: la delimitación geográfica, recopilación de datos históricos en el INSIVUMEH, predicción de captación de aguas pluviales, pronóstico de utilización de agua dentro de la vivienda, la cantidad de agua que se captó en el techo y la recopilación de datos históricos en EMPAGUA.

Para la delimitación se escogieron regiones con mayor precipitación de agua donde los más sobresalientes fueron Chimaltenango, Sacatepéquez, Retalhuleu. Para la recopilación de datos históricos en el INSIVUMEH, se colocaron tablas con información de los milímetros de lluvia que caen desde 1990 hasta el 2013. En la predicción de captación de aguas pluviales se

pronosticaron los milímetros de lluvia para el 2014. Para el pronóstico de utilización de agua dentro de la vivienda se analizaron cuatro factores básicos como: darse una ducha, cepillarse los dientes, lavarse las manos y usar el inodoro. En la cantidad de agua que se captó en el techo, se analizaron los milímetros de lluvia por el área del techo para hacer un estimado de lo que se puede captar y verificar si se cubren las necesidades demandadas en la vivienda para cada persona. Por último en la recopilación de datos históricos en EMPAGUA, se hizo un diagnóstico de los meses en que se necesitará utilizar los servicios de la empresa de agua para minimizar los costos por cada metro cúbico que se utilice.

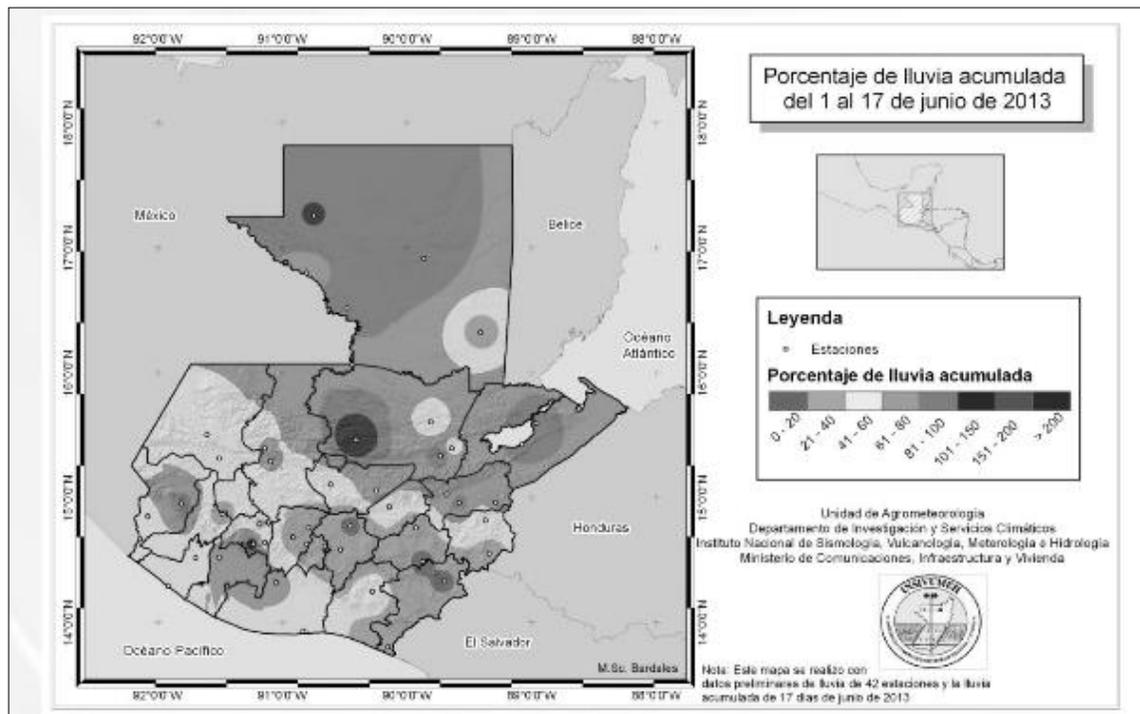
#### **2.2.2.4.1. Delimitación geográfica**

Para la delimitación geográfica se mostrará un mapa climático con los lugares con más precipitación pluvial a nivel nacional en los primeros 17 días de junio del 2013, estos datos se obtuvieron de la página del INSIVUMEH, los lugares con mayor índice de precipitación de agua pluvial son Chimaltenango, Sacatepéquez, Retalhuleu.

El porcentaje respecto a su valor normal de junio completo, resaltando que en algunos departamentos únicamente se acumuló un 40 por ciento del total mensual, comprendiendo los departamentos de Chimaltenango, Sacatepéquez, Guatemala, El Progreso, Jalapa, Jutiapa, Sololá, Baja Verapaz y Quiché, en los cuales, se presentan algunos municipios en los que se ha acentuado dicho déficit, con acumulados hasta un 20 por ciento, siendo estos: San Pedro Ayampuc, Chinautla, San José el Golfo, Palencia y Chuarrancho (departamento de Guatemala), Monjas Jalapa y San Manuel Chaparrón (departamento de Jalapa), El Progreso, Jutiapa, Santa Catalina Mita, Asunción Mita y Jutiapa

(departamento de Jutiapa), Santa Cruz El Chol y Granados (departamento de Baja Verapaz) y Pachalum (departamento del Quiché). Según figura 60.

Figura 60. **Mapa de porcentaje de lluvia acumulada en junio de 2013**



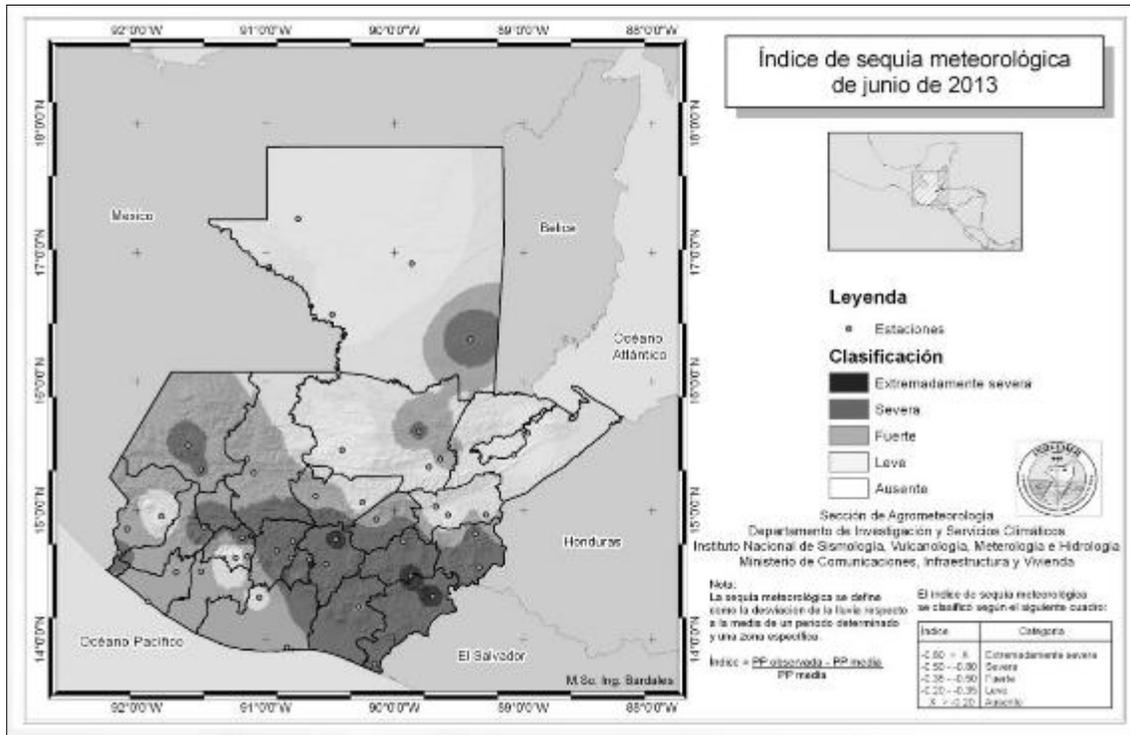
Fuente: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanografía, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH).

[http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/Perspectiva %20inicio %20estacion %20lluviosa.pdf](http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/Perspectiva%20inicio%20estacion%20lluviosa.pdf).

Consulta: 20 de junio de 2013.

La lluvia acumulada se presenta mediante el índice de sequía meteorológica, resaltando algunos departamentos del suroriente y centro del país, que se clasifican en sequía severa. Según figura 61.

Figura 61. Mapa de índice de sequía meteorológica en junio de 2013



Fuente: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanografía, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH).

[http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/Perspectiva %20inicio %20estacion %20lluviosa.pdf](http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/Perspectiva%20inicio%20estacion%20lluviosa.pdf).

Consulta: 20 de junio de 2013.

Los lugares descritos anteriormente, pueden presentar algún tipo de problemática asociada a la producción agrícola, principalmente por estrés hídrico de los cultivos estacionales, lo cual podría repercutir en la seguridad alimentaria de la zona afectada.

#### **2.2.2.4.2. Recopilación de datos históricos en el INSIVUMEH**

Con la ayuda del internet se investigaron en las páginas del INSIVUMEH los datos históricos desde los 90 al 2011, en las siguientes tablas se muestran los milímetros de lluvia acumulada mensual y anualmente, se estimó que llueve aproximadamente 125 días al año en la región de la ciudad capital en el departamento de Guatemala. Según figuras 62 y 63.

Figura 62. **Acumulados mensuales y anuales de lluvia en milímetros (mm.)**

<b>ESTACIÓN INSIVUMEH</b>													
<b>Acumulados mensuales y anuales de Lluvia en Milímetros (mm)</b>													
<b>AÑO</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>ANUAL</b>
1990	4.5	0.4	0.7	21.9	190.6	205.6	156.6	64.1	242.6	58.5	46.2	6.6	998.3
1991	4.6	0.8	0.0	14.4	128.9	328.6	157.6	68.3	180.8	189.7	161.0	51.8	1286.5
1992	1.5	0.0	11.7	32.5	21.9	261.3	189.2	210.5	151.5	134.0	21.8	0.6	1036.5
1993	0.1	0.0	11.4	97.4	65.3	300.4	110.4	233.9	229.0	112.9	29.5	0.2	1190.5
1994	3.0	0.4	0.9	12.5	122.0	170.0	125.0	256.8	188.0	101.2	3.3	3.1	988.2
1995	0.2	0.8	3.4	72.6	114.4	325.9	217.9	237.5	396.3	120.0	25.2	9.5	1523.7
1996	14.4	2.0	2.3	80.9	105.3	228.5	184.1	111.6	339.9	134.4	20.6	4.4	1228.4
1997	10.6	10.7	2.1	13.4	58.9	170.6	148.2	254.6	91.4	130.9	37.0	12.3	940.7
1998	0.1	0.0	21.2	0.0	68.9	280.1	216.9	210.6	127.6	224.0	355.5	3.6	1508.5
1999	1.0	52.2	0.4	6.4	96.8	295.1	277.8	221.7	326.9	174.3	19.7	3.0	1475.3
2000	0.4	0.0	0.2	40.9	231.4	306.0	62.1	130.4	220.2	41.3	14.3	1.6	1049.2
2001	1.1	4.8	2.6	4.1	129.5	162.8	175.1	223.3	152.7	137.6	19.6	1.3	1014.5
2002	0.0	6.6	0.0	12.7	76.4	208.4	163.7	109.3	242.9	108.6	83.6	0.2	1012.4
2003	0.9	14.4	20.3	36.8	159.9	303.1	186.8	109.4	374.2	42.1	18.6	2.0	1268.5
2004	0.2	0.5	23.9	5.2	24.3	314.5	197.2	97.6	228.2	165.9	2.9	0.2	1060.6
2005	2.0	0.0	6.7	2.6	141.9	211.8	415.1	278.3	180.2	128.7	23.0	2.5	1392.8
2006	11.3	0.4	6.3	32.6	153.5	449.8	192.6	94.3	211.7	216.9	39.2	9.1	1417.7
2007	1.4	0.0	0.9	31.2	84.8	206.7	219.6	333.0	287.0	114.4	2.1	1.5	1282.6
2008	3.3	11.9	3.4	22.4	169.6	460.3	410.6	187.3	354.8	67.4	0.0	0.0	1691.0
2009	0.0	4.0	0.0	17.3	161.0	189.6	94.4	141.5	90.2	81.2	130.5	29.5	939.2
2010	0.0	1.3	0.0	108.2	427.4	376.9	317.4	470.8	342.9	26.8	6.4	0.0	2078.1
2011	0.0	7.2	13.4	15	102	223	238.6	414	247	385	14.2	1.5	1659.5
2012	3.2	5.3	5.1	40.9	135.8	165.5	121.1	397.5	128.9	71.9	3.2	1.1	1,079.5
2013	0.2	2.6	34.2	12.7	167.1	166.9	262.1	300.2	273.7	224.3	4.9	2.0	1,450.9
2014													

ND = NO DATO

Fuente: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanografía, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH). <http://www.insivumeh.gob.gt/estacionesmet.html>. Consulta: 11 de marzo de 2014.

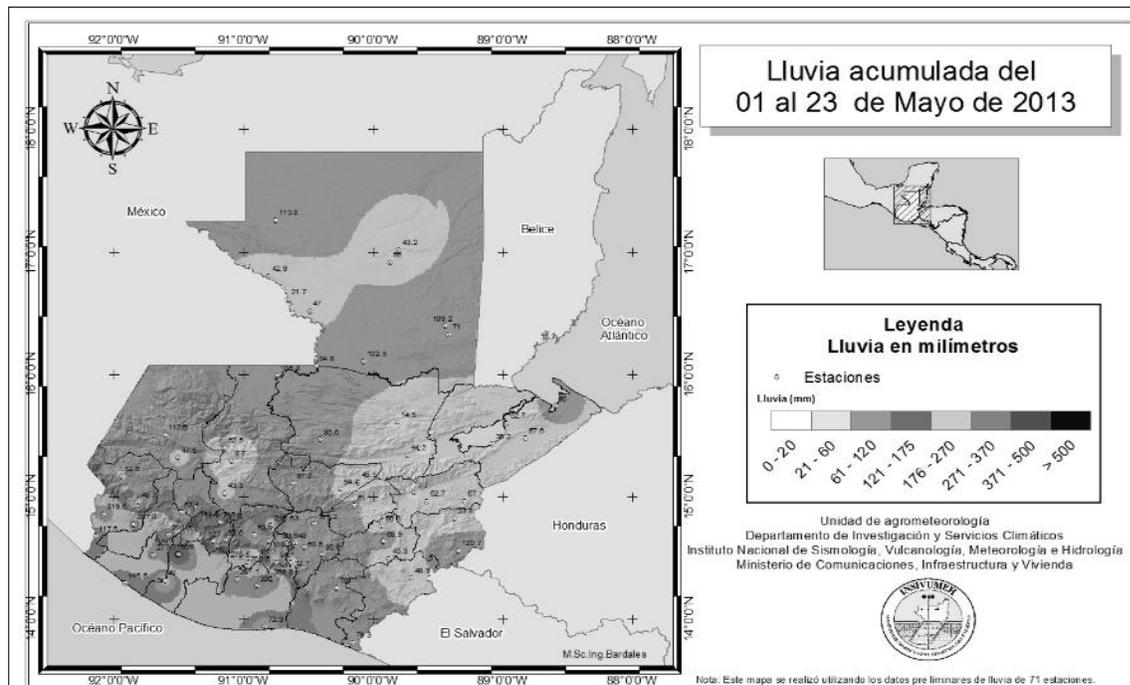
Figura 63. Totales mensuales y anuales de días de lluvia

ESTACIÓN INSIVUMEH													
Totales mensuales y anuales de Dias de Lluvia													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1990	3	1	1	3	17	23	17	13	21	7	7	8	121
1991	3	2	0	5	14	19	10	14	16	17	5	4	109
1992	1	0	3	4	5	18	19	17	19	14	6	1	107
1993	1	0	2	9	10	20	14	23	21	15	7	2	124
1994	2	2	1	6	13	18	14	25	15	13	6	4	119
1995	1	2	2	9	9	21	22	24	27	16	5	2	140
1996	4	2	3	12	14	27	23	18	22	14	8	1	148
1997	1	3	3	3	9	21	17	23	12	15	11	3	121
1998	1	0	1	0	7	17	15	20	19	21	11	3	115
1999	1	2	1	3	10	26	19	23	20	19	2	2	128
2000	2	0	2	3	17	23	13	14	23	10	6	3	116
2001	2	4	2	2	14	14	20	17	22	12	3	2	114
2002	0	2	0	3	9	21	15	15	25	12	7	1	110
2003	1	2	4	2	14	21	15	13	24	14	8	1	119
2004	1	1	3	2	19	17	22	15	24	16	3	1	124
2005	2	0	5	1	15	23	24	20	18	13	7	3	131
2006	5	2	2	7	17	29	21	18	21	19	8	8	157
2007	4	0	3	11	7	20	19	19	27	19	4	1	134
2008	2	1	3	5	10	25	24	22	25	17	0	0	134
2009	0	2	0	1	13	20	15	16	15	15	10	3	110
2010	0	1	0	11	18	22	25	29	21	6	5	0	138
2011	0	3	3	2	11	20	26	21	21	17	7	2	133
2012	2	5	3	6	14	17	14	22	20	12	1	2	118
2013	1	2	2	3	15	23	15	21	24	20	2	2	130
2014													

N/D = NO DATO

Fuente: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanografía, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH). <http://www.insivumeh.gob.gt/estacionesmet.html>. Consulta: 11 de marzo de 2014.

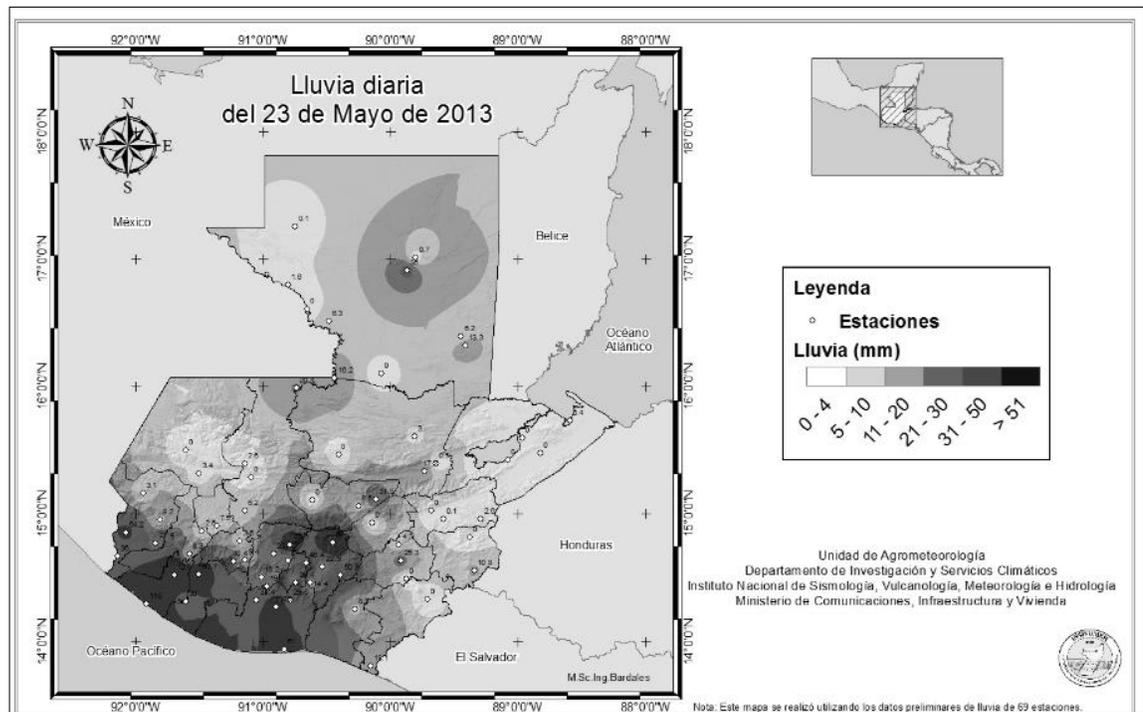
Figura 64. **Lluvia acumulada del 01 al 23 de mayo de 2013**



Fuente: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanografía, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH).

[http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/lluvia\\_acumulada.jpg](http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/lluvia_acumulada.jpg). Consulta: 1 de mayo de 2013.

Figura 65. **Lluvia diaria del 23 de mayo de 2013**



Fuente: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanografía, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH).

<http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/lluvia.jpg>. Consulta: 1 de mayo de 2013.

#### 2.2.2.4.3. **Predicción de captación de aguas pluviales**

Las mediciones se trabajaron en milímetros para la precipitación pluvial, para predecir la cantidad de milímetros de lluvia se utilizó el método cuantitativo de promedios móviles, ya que el INSIVUMEH no cuenta con un método exacto para realizar sus pronósticos climáticos, ya que con base en fotografías satelitales es que obtienen los datos de lluvia.

El pronóstico no se puede anticipar a un tiempo máximo de 72 horas para que su predicción sea lo más exacta posible.

Se usó el promedio de los N períodos más recientes donde N es el número de periodo u orden a considerar, por ejemplo se escoge la demanda más reciente y no se elimina la más antigua a lo largo de la demanda.

- Cálculo: se utilizó un promedio móvil, para poder pronosticar la cantidad de precipitación de lluvia mensual, en el cual se tomó como antecedente, por parte del INSIVUMEH, las precipitaciones anuales de 2007 al 2013, con el fin de desarrollar un pronóstico para el 2014.

- Fórmula

$$P(t + 1) = \frac{\textit{suma de la demanda de los enésimos periodos previos}}{N}$$

- Donde:

- ✓ P(t+1)= es el pronóstico del año que interesa saber
- ✓ Suma de la demanda de los enésimos períodos previos = se suman todos los datos demandados
- ✓ N= la cantidad de datos con los que se cuenta

- Pronóstico de milímetros de lluvia para enero de 2007 al 2013.

Tabla XI. **Cantidad de milímetros de lluvia de enero desde 2007 al 2013**

Años	Lluvia (mm.)
2007	1,4
2008	3,3
2009	0,0
2010	0,0
2011	0,0
2012	3,2
2013	0,2

Fuente: elaboración propia.

- Pronóstico para el 2014:

$$P(2013 + 1) = \frac{1,4 + 3,3 + 0 + 0 + 0 + 3,2 + 0,2}{7} = \mathbf{1,16 \text{ mm.}}$$

- Pronóstico de milímetros de lluvia para febrero del 2014.

Tabla XII. **Cantidad de milímetros de lluvia de febrero**

Años	Lluvia (mm.)
2007	0,0
2008	11,9
2009	4,0
2010	1,3
2011	7,2
2012	5,3
2013	2,6

Fuente: elaboración propia.

$$P(2013 + 1) = \frac{0 + 11,9 + 4 + 1,3 + 7,2 + 5,3 + 2,6}{7} = \mathbf{4,61 \text{ mm.}}$$

- Pronóstico de milímetros de lluvia para marzo del 2014.

Tabla XIII. **Cantidad de milímetros de lluvia de marzo**

Años	Lluvia (mm.)
2007	0,9
2008	3,4
2009	0,0
2010	0,0
2011	13,4
2012	5,1
2013	34,2

Fuente: elaboración propia.

$$P(2013 + 1) = \frac{0,9 + 3,4 + 0 + 0 + 13,4 + 5,1 + 34,2}{7} = \mathbf{8,14 \text{ mm.}}$$

- Pronóstico de milímetros de lluvia para abril del 2014.

Tabla XIV. **Cantidad de milímetros de lluvia de abril**

Años	Lluvia (mm.)
2007	31,2
2008	22,4
2009	17,3
2010	108,2
2011	15
2012	40,9
2013	12,7

Fuente: elaboración propia.

$$P(2013 + 1) = \frac{31,2 + 22,4 + 17,3 + 108,2 + 15 + 40,9 + 12,7}{7} = \mathbf{35,38 \text{ mm.}}$$

- Pronóstico de milímetros de lluvia para mayo del 2014.

Tabla XV. **Cantidad de milímetros de lluvia de mayo**

Años	Lluvia (mm.)
2007	84,8
2008	169,6
2009	161,0
2010	427,4
2011	102
2012	135,8
2013	167,1

Fuente: elaboración propia.

$$P(2013 + 1) = \frac{84,8 + 169,6 + 161 + 427,4 + 102 + 135,8 + 167,1}{7}$$

$$= \mathbf{718,24 \text{ mm.}}$$

- Pronóstico de milímetros de lluvia para junio del 2014.

Tabla XVI. **Cantidad de milímetros de lluvia de junio del 2007 al 2013**

Años	Lluvia (mm.)
2007	206,7
2008	460,3
2009	189,6
2010	376,9
2011	223
2012	165,5
2013	166,9

Fuente: elaboración propia.

$$P(2013 + 1) = \frac{206,7 + 460,3 + 189,6 + 376,9 + 223 + 165,5 + 166,9}{7}$$

$$= 255,56 \text{ mm.}$$

- Pronóstico de milímetros de lluvia para julio del 2014.

Tabla XVII. **Cantidad de milímetros de lluvia de julio**

Años	Lluvia (mm.)
2007	219,6
2008	410,6
2009	94,4
2010	317,4
2011	238,6
2012	121,1
2013	262,1

Fuente: elaboración propia.

$$P(2013 + 1) = \frac{219,6 + 410,6 + 94,4 + 317,4 + 238,6 + 121,1 + 262,1}{7}$$

$$= 237,68 \text{ mm.}$$

- Pronóstico de milímetros de lluvia para el mes de agosto del 2014.

Tabla XVIII. **Cantidad de milímetros de lluvia de agosto**

Años	Lluvia (mm.)
2007	333,0
2008	187,3
2009	141,5
2010	470,8
2011	414
2012	397,5
2013	300,2

Fuente: elaboración propia.

$$P(2013 + 1) = \frac{333 + 187,3 + 141,5 + 470,8 + 414 + 397,5 + 300,2}{7}$$

$$= \mathbf{320,61 \text{ mm.}}$$

- Pronóstico de milímetros de lluvia para septiembre de 2014.

Tabla XIX. **Cantidad de milímetros de lluvia de septiembre**

Años	Lluvia (mm.)
2007	287,0
2008	354,8
2009	90,2
2010	342,9
2011	247
2012	128,9
2013	273,7

Fuente: elaboración propia.

$$P(2013 + 1) = \frac{287 + 354,8 + 90,2 + 342,9 + 247 + 128,9 + 273,7}{7} = \mathbf{246,35 \text{ mm.}}$$

- Pronóstico de milímetros de lluvia para octubre del 2014.

Tabla XX. **Cantidad de milímetros de lluvia de octubre**

Años	Lluvia (mm.)
2007	114,4
2008	67,4
2009	81,2
2010	26,8
2011	385
2012	71,9
2013	224,3

Fuente: elaboración propia.

$$P(2013 + 1) = \frac{114,4 + 67,4 + 81,2 + 26,8 + 385 + 71,9 + 224,3}{7} = \mathbf{138,71 \text{ mm.}}$$

- Pronóstico de milímetros de lluvia para noviembre del 2014.

Tabla XXI. **Cantidad de milímetros de lluvia de noviembre**

Años	Lluvia (mm.)
2007	2,1
2008	0,0
2009	130,5
2010	6,4
2011	14,2
2012	3,2
2013	4,9

Fuente: elaboración propia.

$$P(2013 + 1) = \frac{2,1 + 0 + 130,5 + 6,4 + 14,2 + 3,2 + 4,9}{7} = \mathbf{23,04 \text{ mm.}}$$

- Pronóstico de milímetros de lluvia para diciembre del 2014.

Tabla XXII. **Cantidad de milímetros de lluvia de diciembre**

Años	Lluvia (mm.)
2007	1,5
2008	0,0
2009	29,5
2010	0,0
2011	1,5
2012	1,1
2013	2,0

Fuente: elaboración propia.

$$P(2013 + 1) = \frac{1,5 + 0 + 29,5 + 0 + 1,5 + 1,1 + 2,0}{7} = 5,08 \text{ mm.}$$

Tabla XXIII. **Resumen de los milímetros de lluvia para el 2014**

<b>MESES</b>	<b>MILÍMETROS DE LLUVIA</b>
Enero	1,16
Febrero	4,61
Marzo	8,14
Abril	35,38
Mayo	718
Junio	255,6
Julio	237,68
Agosto	320,61
Septiembre	246,35
Octubre	138,71
Noviembre	23,04
Diciembre	5,08
Anual	1994,56

Fuente: elaboración propia.

Se concluyó que en los meses en los que hay más precipitación pluvial son: mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre, aunque el pronóstico no puede ser tan exacto ya que encargados de INSIVUMEH afirman hacer los pronósticos en un máximo de 72 horas.

#### **2.2.2.4.4. Pronóstico de la utilización de agua dentro de la vivienda**

Para hacer un pronóstico de la cantidad de agua pluvial utilizada para satisfacer las necesidades diarias de una persona, se realizó un estudio en una casa convencional enfocando las actividades más indispensables para su consumo diario, los factores se describen en la siguiente tabla:

Tabla XXIV. **Consumo de agua diaria por persona**

	<b>Lunes</b>	<b>Martes</b>	<b>Miércoles</b>	<b>Jueves</b>	<b>Viernes</b>	<b>Sábado</b>	<b>Domingo</b>
<b>Actividad</b>	<b>Litros</b>	<b>Litros</b>	<b>Litros</b>	<b>Litros</b>	<b>Litros</b>	<b>Litros</b>	<b>Litros</b>
Ducharse	70	69	70	68	69	71	70
Cepillarse los dientes	30	27	29	30	31	28	32
Usar el inodoro	15	15	14	16	13	14	17
Lavarse las manos	2	2	3	3	2	3	4
Sub-Total:	117	113	116	117	115	116	123
						<b>Total:</b>	<b>817</b>
						<b>Promedio:</b>	<b>117</b>

Fuente: elaboración propia.

Al elaborar la tabla se concluyó que para poder satisfacer la demanda diaria por persona, tomando en cuenta los factores más importantes y de primera necesidad, el estimado del consumo promedio por día fue de 117 litros de agua.

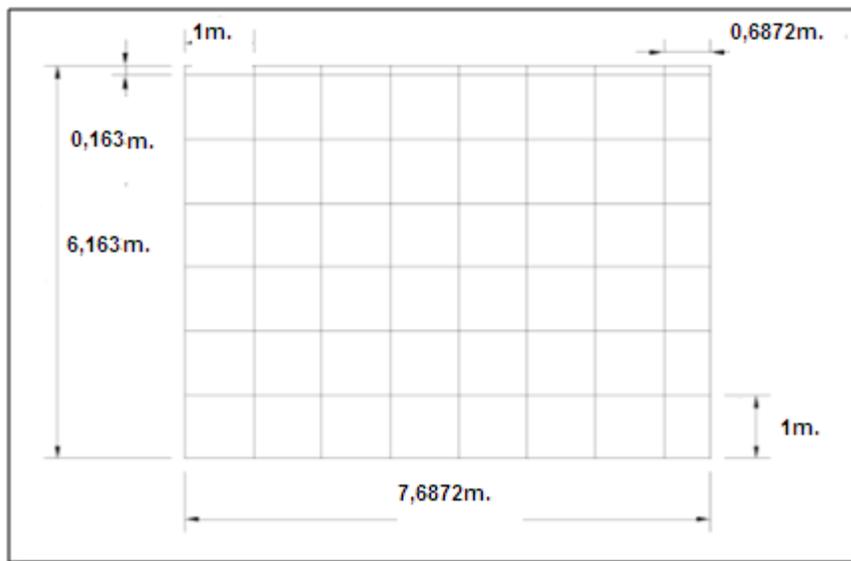
En la vivienda autosostenible se contempla que vivirán 4 personas, entonces se necesitará abastecer una demanda de 3,268 litros por semana.

#### **2.2.2.4.5. Cantidad de agua captada en el techo de la vivienda**

Para calcular la cantidad de agua captada en el techo de la vivienda se utilizó el área útil del techo y la precipitación pluvial en cada uno de los meses del 2014, para verificar si se puede cumplir o no con la demanda que cada persona tiene dentro de la vivienda.

Conforme a la visita técnica, el INSIVUMEH toma las precipitaciones mensuales en cantidad de milímetros de lluvia captada, con lo cual esta cantidad de lluvia es medida en un equipo llamado pluviómetro, que tiene un área estándar de un metro cuadrado, y su función es recoger la cantidad de agua precipitada. Según figura 66.

Figura 66. **Medición de captación de agua pluvial por parte de INSIVUMEH**



Fuente: elaboración propia.

El pluviómetro es un instrumento que se emplea en las estaciones meteorológicas para la recogida y medición de la precipitación. Según figura 67.

Figura 67. **Pluviómetro**



Fuente: [http://www.tutiempo.net/silvia\\_larocca/Temas/Instrumentos1.jpg](http://www.tutiempo.net/silvia_larocca/Temas/Instrumentos1.jpg). Consulta: 12 de marzo de 2014.

A continuación se desarrollarán los cálculos para la captación de agua de lluvia para cada uno de los meses del 2014.

- Cálculo:
  - Datos:
    - Según la figura 15 el área útil del techo es de:  $(7,6872 * 6,1633) m.^2$



$$\frac{1,16 \text{ mm.}}{1 \text{ m.}^2} \times \frac{(1 * 0,6872) \text{ m.}^2}{x3} = 0,7971 \text{ mm.}$$

$$x3 = 0,7971 \text{ mm.} * 6 = 4,7829 \text{ mm.}$$

- Utilizando una regla de 3, para una medida de  $(0,6872 * 0,1633) \text{ m.}^2$  :

$$\frac{1,16 \text{ mm.}}{1 \text{ m.}^2} \times \frac{(0,6872 * 0,1633) \text{ m.}^2}{x4} = 0,1301 \text{ mm.}$$

$$x4 = 0,1301 \text{ mm.} * 1 = 0,1301 \text{ mm.}$$

- Total de lluvia acumulada =  $(x1+x2+x3+x4)$  mm.
  - ✓ Total =  $(48,42 + 1,3259 + 4,7829 + 0,1301)$  mm. = 54,6589mm.
  - ✓ Conversión de milímetros a metros:

$$54,6589 \text{ mm.} \times \frac{1 \text{ m.}}{1000 \text{ mm.}} = 0,0546 \text{ m.}$$

- ✓ Cálculo del volumen de agua captada en el área útil del techo:

Volumen =  $(0,0546 * 7,6872 * 6,1633) \text{ m.}^3 = 2,5895 \text{ m.}^3$  fue lo captado con la ayuda del área del techo y los milímetros de lluvia que cayeron en enero.

- Cálculo de agua de lluvia captada en el mes de febrero con una precipitación de 4,61 mm.

- Se utilizó proporcionalidad en el área sobrante que no completó un metro cuadrado ( $m.^2$ ).

- Utilizando una regla de 3, para una medida de  $(1 * 1) m.^2$ :

$$\frac{4,61 \text{ mm.}}{1 m.^2} \times \frac{(1 * 1) m.^2}{x1} = 4,61 \text{ mm.}$$

$$x1 = 4,61 \text{ mm.} * 42 = 193,62 \text{ mm.}$$

- Utilizando una regla de 3, para una medida de  $(1 * 0,1633) m.^2$ :

$$\frac{4,61 \text{ mm.}}{1 m.^2} \times \frac{(1 * 0,1633) m.^2}{x2} = 0,7528 \text{ mm.}$$

$$x2 = 0,7528 \text{ mm.} * 7 = 5,2697 \text{ mm.}$$

- Utilizando una regla de 3, para una medida de  $(1 * 0,6872) m.^2$ :

$$\frac{4,61 \text{ mm.}}{1 m.^2} \times \frac{(1 * 0,6872) m.^2}{x3} = 3,1680 \text{ mm.}$$

$$x3 = 3,1680 \text{ mm.} * 6 = 19,0079 \text{ mm.}$$

- Utilizando una regla de 3, para una medida de  $(0,6872 * 0,1633) m.^2$  :

$$\frac{4,61 \text{ mm.}}{1 \text{ m.}^2} \times \frac{(0,6872 * 0,1633) \text{ m.}^2}{x4} = 0,5173 \text{ mm.}$$

$$x4 = 0,5173\text{mm.} * 1 = 0,5173 \text{ mm.}$$

- Total de lluvia acumulada = (x1+x2+x3+x4)mm.
- ✓ Total = (193,62 + 5,2697 + 19,0079 + 0,5173) mm. = 218,4149 mm.
- ✓ Conversión de milímetros a metros:

$$218,4149 \text{ mm.} \times \frac{1\text{m.}}{1\ 000 \text{ mm.}} = 0,2184 \text{ m.}$$

- ✓ Cálculo del volumen de agua captada en el área útil del techo:

Volumen = (0,2184 \* 7,6872 \* 6,1633)m.<sup>3</sup> = 10,3482 m.<sup>3</sup> fue lo captado con la ayuda del área del techo y los milímetros de lluvia que cayeron en febrero.

- Cálculo de agua de lluvia captada en marzo con una precipitación de 8,14 mm.
  - Se utilizó proporcionalidad en el área sobrante que no completó un metro cuadrado (m.<sup>2</sup>).
  - Utilizando una regla de 3, para una medida de (1 \* 1) m.<sup>2</sup>:

$$\frac{8,14 \text{ mm.}}{1 \text{ m.}^2} \times \frac{(1 * 1) \text{ m.}^2}{x1} = 8,14 \text{ mm.}$$

$$x1 = 8,14 \text{ mm.} * 42 = 341,88 \text{ mm.}$$

- Utilizando una regla de 3, para una medida de  $(1 * 0,1633) \text{ m.}^2$ :

$$\frac{8,14 \text{ mm.}}{1 \text{ m.}^2} \times \frac{(1 * 0,1633) \text{ m.}^2}{x2} = 1,3293 \text{ mm.}$$

$$x2 = 1.3293 \text{ mm.} * 7 = 9,3048 \text{ mm.}$$

- Utilizando una regla de 3, para una medida de  $(1 * 0,6872) \text{ m.}^2$ :

$$\frac{8,14 \text{ mm.}}{1 \text{ m.}^2} \times \frac{(1 * 0,6872) \text{ m.}^2}{x3} = 5,5938 \text{ mm.}$$

$$x3 = 5,5938 \text{ mm.} * 6 = 33,5628 \text{ mm.}$$

- Utilizando una regla de 3, para una medida de  $(0,6872 * 0,1633) \text{ m.}^2$  :

$$\frac{8,14 \text{ mm.}}{1 \text{ m.}^2} \times \frac{(0,6872 * 0,1633) \text{ m.}^2}{x4} = 0,9135 \text{ mm.}$$

$$x4 = 0,9135 \text{ mm.} * 1 = 0,9135 \text{ mm.}$$

- Total de lluvia acumulada =  $(x1+x2+x3+x4) \text{ mm.}$

✓ Total = (341,88 + 9,3048 + 33,5628 + 0,9135) mm. = 385,6611 mm.

✓ Conversión de milímetros a metros:

$$385,6611 \text{ mm.} \times \frac{1 \text{ m.}}{1000 \text{ mm.}} = 0,3857 \text{ m.}$$

✓ Cálculo del volumen de agua captada en el área útil del techo:

Volumen = (0,3857 \* 7,6872 \* 6,1633)m.<sup>3</sup> = 18,2720 m.<sup>3</sup> fue lo captado con la ayuda del área del techo y los milímetros de lluvia que cayeron en marzo.

• Cálculo de agua de lluvia captada en abril con una precipitación de 35,38 mm.

○ Se utilizó proporcionalidad en el área sobrante que no completó un metro cuadrado (m.<sup>2</sup>).

○ Utilizando una regla de 3, para una medida de (1 \* 1) m.<sup>2</sup>:

$$\frac{35,38 \text{ mm.}}{1 \text{ m.}^2} \times \frac{(1 * 1) \text{ m.}^2}{x1} = 35,38 \text{ mm.}$$

$$x1 = 35,38 \text{ mm.} * 42 = 1485,96 \text{ mm.}$$

○ Utilizando una regla de 3, para una medida de (1 \* 0,1633) m.<sup>2</sup>:

$$\frac{35,38 \text{ mm.}}{1 \text{ m.}^2} \times \frac{(1 * 0,1633) \text{ m.}^2}{x2} = 5,7775 \text{ mm.}$$

$$x2 = 5,7775 \text{ mm.} * 7 = 40,4428 \text{ mm.}$$

- Utilizando una regla de 3, para una medida de  $(1 * 0,6872) \text{ m.}^2$ :

$$\frac{35,38 \text{ mm.}}{1 \text{ m.}^2} \times \frac{(1 * 0,6872) \text{ m.}^2}{x3} = 24,3131 \text{ mm.}$$

$$x3 = 24,3131 \text{ mm.} * 6 = 145,8788 \text{ mm.}$$

- Utilizando una regla de 3, para una medida de  $(0,6872 * 0,1633) \text{ m.}^2$  :

$$\frac{35,38 \text{ mm.}}{1 \text{ m.}^2} \times \frac{(0,6872 * 0,1633) \text{ m.}^2}{x4} = 3,9703 \text{ mm.}$$

$$x4 = 3,9703 \text{ mm.} * 1 = 3,9703 \text{ mm.}$$

- Total de lluvia acumulada =  $(x1+x2+x3+x4) \text{ mm.}$

✓ Total =  $(1 \ 485,96 + 40,4428 + 145,8788 + 3,9703) \text{ mm.} = 1 \ 676,2519 \text{ mm.}$

- ✓ Conversión de milímetros a metros:

$$1676,2519 \text{ mm.} \times \frac{1 \text{ m.}}{1 \ 000 \text{ mm.}} = 1,6762 \text{ m.}$$

- ✓ Cálculo del volumen de agua captada en el área útil del techo:

Volumen =  $(1,6762 * 7,6872 * 6,1633)m.^3 = 79,4183 m.^3$  fue lo captado con la ayuda del área del techo y los milímetros de lluvia que cayeron en abril.

- Cálculo de agua de lluvia captada en mayo con una precipitación de 718,24 mm.
  - Se utilizó proporcionalidad en el área sobrante que no completó un metro cuadrado ( $m.^2$ ).
  - Utilizando una regla de 3, para una medida de  $(1 * 1) m.^2$ :

$$\frac{718,24 \text{ mm.}}{1 \text{ m.}^2} \times \frac{(1 * 1) m.^2}{x1} = 718,24 \text{ mm.}$$

$$x1 = 718,24 \text{ mm.} * 42 = 30\ 166,08 \text{ mm.}$$

- Utilizando una regla de 3, para una medida de  $(1 * 0,1633) m.^2$ :

$$\frac{718,24 \text{ mm.}}{1 \text{ m.}^2} \times \frac{(1 * 0,1633) m.^2}{x2} = 117,2885 \text{ mm.}$$

$$x2 = 117,2885 \text{ mm.} * 7 = 821,0201 \text{ mm.}$$

- Utilizando una regla de 3, para una medida de  $(1 * 0,6872) m.^2$ :

$$\frac{718,24 \text{ mm.}}{1 \text{ m.}^2} \times \frac{(1 * 0,6872) m.^2}{x3} = 493,5745 \text{ mm.}$$

$$x3 = 493,5745\text{mm.} * 6 = 2\,961,4472 \text{ mm.}$$

- Utilizando una regla de 3, para una medida de  $(0,6872 * 0,1633)\text{m.}^2$  :

$$\frac{718,24 \text{ mm.}}{1 \text{ m.}^2} \times \frac{(0,6872 * 0,1633) \text{ m.}^2}{x4} = 80,6007 \text{ mm.}$$

$$x4 = 80,6007\text{mm.} * 1 = 80,6007 \text{ mm.}$$

- Total de lluvia acumulada =  $(x1+x2+x3+x4)$  mm.
  - ✓ Total =  $(30\,166,08 + 821,0201 + 2\,961,4472 + 80,6007)$  mm. =  $34\,029,1480\text{mm.}$
  - ✓ Conversión de milímetros a metros:

$$34029,1480 \text{ mm.} \times \frac{1\text{m.}}{1\,000 \text{ mm.}} = 34,0291 \text{ m.}$$

- ✓ Cálculo del volumen de agua captada en el área útil del techo:

Volumen =  $(34,0291 * 7,6872 * 6,1633)\text{m.}^3 = 1612,2507 \text{ m.}^3$  fue lo captado con la ayuda del área del techo y los milímetros de lluvia que cayeron en mayo.

- Cálculo de agua de lluvia captada en junio con una precipitación de  $255,56 \text{ mm.}$

- Se utilizó proporcionalidad en el área sobrante que no completó un metro cuadrado ( $m.^2$ ).
- Utilizando una regla de 3, para una medida de  $(1 * 1) m.^2$ :

$$\frac{255,56 \text{ mm.}}{1 m.^2} \times \frac{(1 * 1)m.^2}{x1} = 255,56 \text{ mm.}$$

$$x1 = 255,56 \text{ mm.} * 42 = 10\,733,52 \text{ mm.}$$

- Utilizando una regla de 3, para una medida de  $(1 * 0,1633) m.^2$ :

$$\frac{255,56 \text{ mm.}}{1 m.^2} \times \frac{(1 * 0,1633) m.^2}{x2} = 41,7329 \text{ mm.}$$

$$x2 = 41.7329 \text{ mm.} * 7 = 292,1306 \text{ mm.}$$

- Utilizando una regla de 3, para una medida de  $(1 * 0,6872) m.^2$ :

$$\frac{255,56 \text{ mm.}}{1 m.^2} \times \frac{(1 * 0,6872) m.^2}{x3} = 175,6208 \text{ mm.}$$

$$x3 = 175,62 \text{ mm.} * 6 = 1\,053,7250 \text{ mm.}$$

- Utilizando una regla de 3, para una medida de  $(0,6872 * 0,1633) m.^2$  :

$$\frac{255,56 \text{ mm.}}{1 m.^2} \times \frac{(0,6872 * 0,1633) m.^2}{x4} = 28,6788 \text{ mm.}$$

$$x_4 = 28,6788 \text{ mm. } \times 1 = 28,6788 \text{ mm.}$$

- Total de lluvia acumulada =  $(x_1+x_2+x_3+x_4)$  mm.

- ✓ Total =  $(10\,733,52 + 292,1306 + 1\,053,7250 + 28,6788)$  mm. = 12 108,0545 mm.

- ✓ Conversión de milímetros a metros:

$$12\,108,0545 \text{ mm. } \times \frac{1\text{m.}}{1\,000 \text{ mm.}} = 12,1080 \text{ m.}$$

- ✓ Cálculo del volumen de agua captada en el área útil del techo:

Volumen =  $(12,1080 * 7,6872 * 6,1633)\text{m.}^3 = 573,6591 \text{ m.}^3$  fue lo captado con la ayuda del área del techo y los milímetros de lluvia que cayeron en junio.

- Cálculo de agua de lluvia captada en julio con una precipitación de 8,14 mm.

- Se utilizó proporcionalidad en el área sobrante que no completó un metro cuadrado ( $\text{m.}^2$ ).

- Utilizando una regla de 3, para una medida de  $(1 * 1) \text{ m.}^2$ :

$$\frac{237,68 \text{ mm.}}{1 \text{ m.}^2} \times \frac{(1 * 1)\text{m.}^2}{x_1} = 237,68 \text{ mm.}$$

$$x_1 = 237,68 \text{ mm. } * 42 = 9\,982,56 \text{ mm.}$$

- Utilizando una regla de 3, para una medida de  $(1 * 0,1633) m.^2$ :

$$\frac{237,68 \text{ mm.}}{1 m.^2} \times \frac{(1 * 0,1633) m.^2}{x2} = 38,8131 \text{ mm.}$$

$$x2 = 38,8131 \text{ mm.} * 7 = 271,6920 \text{ mm.}$$

- Utilizando una regla de 3, para una medida de  $(1 * 0,6872) m.^2$ :

$$\frac{237,68 \text{ mm.}}{1 m.^2} \times \frac{(1 * 0,6872) m.^2}{x3} = 163,3337 \text{ mm.}$$

$$x3 = 163,3337 \text{ mm.} * 6 = 980,0022 \text{ mm.}$$

- Utilizando una regla de 3, para una medida de  $(0,6872 * 0,1633) m.^2$  :

$$\frac{237,68 \text{ mm.}}{1 m.^2} \times \frac{(0,6872 * 0,1633) m.^2}{x4} = 26,6724 \text{ mm.}$$

$$x4 = 26,6724 \text{ mm.} * 1 = 26,6724 \text{ mm.}$$

- Total de lluvia acumulada =  $(x1+x2+x3+x4) \text{ mm.}$

$$\checkmark \quad \text{Total} = (9\ 982,56 + 271,6920 + 980,0022 + 26,6724) \text{ mm.} = 11\ 260,9265 \text{ mm.}$$

- ✓ Conversión de milímetros a metros:

$$11260,9265 \text{ mm.} \times \frac{1m.}{1\ 000 \text{ mm.}} = 11,2609 \text{ m.}$$

- ✓ Cálculo del volumen de agua captada en el área útil del techo:

Volumen =  $(11,2609 * 7,6872 * 6,1633)m.^3 = 533,5260 m.^3$  fue lo captado con la ayuda del área del techo y los milímetros de lluvia que cayeron en julio.

- Cálculo de agua de lluvia captada en agosto con una precipitación de 320,61 mm.
  - Se utilizó proporcionalidad en el área sobrante que no completó un metro cuadrado ( $m.^2$ ).

- Utilizando una regla de 3, para una medida de  $(1 * 1) m.^2$ :

$$\frac{320,61 \text{ mm.}}{1 \text{ m.}^2} \times \frac{(1 * 1)m.^2}{x1} = 320,61 \text{ mm.}$$

$$x1 = 320,61 \text{ mm.} * 42 = 13465,62 \text{ mm.}$$

- Utilizando una regla de 3, para una medida de  $(1 * 0,1633) m.^2$ :

$$\frac{320,61 \text{ mm.}}{1 \text{ m.}^2} \times \frac{(1 * 0,1633)m.^2}{x2} = 52,3556 \text{ mm.}$$

$$x2 = 52,3556\text{mm.} * 7 = 366,4893 \text{ mm.}$$

- Utilizando una regla de 3, para una medida de  $(1 * 0,6872) m.^2$ :

$$\frac{320,61 \text{ mm.}}{1 \text{ m.}^2} \times \frac{(1 * 0,6872) m.^2}{x3} = 220,3232 \text{ mm.}$$

$$x3 = 220,3232\text{mm.} * 6 = 1\,321,9391 \text{ mm.}$$

- Utilizando una regla de 3, para una medida de  $(0,6872 * 0,1633)\text{m.}^2$  :

$$\frac{320,61 \text{ mm.}}{1 \text{ m.}^2} \times \frac{(0,6872 * 0,1633) \text{ m.}^2}{x4} = 35,9788 \text{ mm.}$$

$$x4 = 35,9788\text{mm.} * 1 = 35,9788 \text{ mm.}$$

- Total de lluvia acumulada =  $(x1+x2+x3+x4)$  mm.
  - ✓ Total =  $(13\,465,62 + 366,4893 + 1\,321,9391 + 35,9788)$  mm. =  $15\,190,0272$  mm.
  - ✓ Conversión de milímetros a metros:

$$15190,0272 \text{ mm.} \times \frac{1\text{m.}}{1\,000 \text{ mm.}} = 15,1901 \text{ m.}$$

- ✓ Cálculo del volumen de agua captada en el área útil del techo:

Volumen =  $(15,1901 * 7,6872 * 6,1633)\text{m.}^3 = 719,6810 \text{ m.}^3$  fue lo captado con la ayuda del área del techo y los milímetros de lluvia que cayeron en agosto.

- Cálculo de agua de lluvia captada en septiembre con una precipitación de  $246,35$  mm.

- Se utilizó proporcionalidad en el área sobrante que no completó un metro cuadrado ( $m.^2$ ).
- Utilizando una regla de 3, para una medida de  $(1 * 1) m.^2$ :

$$\frac{246,35 \text{ mm.}}{1 \text{ m.}^2} \times \frac{(1 * 1) m.^2}{x1} = 246,35 \text{ mm.}$$

$$x1 = 246,35 \text{ mm.} * 42 = 10\,346,7 \text{ mm.}$$

- Utilizando una regla de 3, para una medida de  $(1 * 0,1633) m.^2$ :

$$\frac{246,35 \text{ mm.}}{1 \text{ m.}^2} \times \frac{(1 * 0,1633) m.^2}{x2} = 40,2290 \text{ mm.}$$

$$x2 = 40,2290 \text{ mm.} * 7 = 281,6027 \text{ mm.}$$

- Utilizando una regla de 3, para una medida de  $(1 * 0,6872) m.^2$ :

$$\frac{246,35 \text{ mm.}}{1 \text{ m.}^2} \times \frac{(1 * 0,6872) m.^2}{x3} = 169,2917 \text{ mm.}$$

$$x3 = 169,2917 \text{ mm.} * 6 = 1\,015,7503 \text{ mm.}$$

- Utilizando una regla de 3, para una medida de  $(0,6872 * 0,1633) m.^2$  :

$$\frac{246,35 \text{ mm.}}{1 \text{ m.}^2} \times \frac{(0,6872 * 0,1633) m.^2}{x4} = 27,6453 \text{ mm.}$$

$$x_4 = 27,6453 \text{ mm.} \cdot 1 = 27,6453 \text{ mm.}$$

- Total de lluvia acumulada =  $(x_1+x_2+x_3+x_4)$  mm.
  - ✓ Total =  $(10\,346,7 + 281,6027 + 1\,015,7503 + 27,6453)$  mm. =  $11\,671,6983$  mm.
  - ✓ Conversión de milímetros a metros:

$$11671,6983 \text{ mm.} \times \frac{1 \text{ m.}}{1\,000 \text{ mm.}} = 11,6717 \text{ m.}$$

- ✓ Cálculo del volumen de agua captada en el área útil del techo:

Volumen =  $(11,6717 \cdot 7,6872 \cdot 6,1633) \text{ m.}^3 = 552,9878 \text{ m.}^3$  fue lo captado con la ayuda del área del techo y los milímetros de lluvia que cayeron en septiembre.

- Cálculo de agua de lluvia captada en octubre con una precipitación de 138,71 mm.
  - Se utilizó proporcionalidad en el área sobrante que no completó un metro cuadrado ( $\text{m.}^2$ ).
  - Utilizando una regla de 3, para una medida de  $(1 \cdot 1) \text{ m.}^2$ :

$$\frac{138,71 \text{ mm.}}{1 \text{ m.}^2} \times \frac{(1 \cdot 1) \text{ m.}^2}{x_1} = 138,71 \text{ mm.}$$

$$x_1 = 138,71 \text{ mm.} \cdot 42 = 5\,825,82 \text{ mm.}$$

- Utilizando una regla de 3, para una medida de  $(1 * 0,1633) m.^2$ :

$$\frac{138,71 \text{ mm.}}{1 m.^2} \times \frac{(1 * 0,1633) m.^2}{x2} = 22,6513 \text{ mm.}$$

$$x2 = 22,6513 \text{ mm.} * 7 = 158,5594 \text{ mm.}$$

- Utilizando una regla de 3, para una medida de  $(1 * 0,6872) m.^2$ :

$$\frac{138,71 \text{ mm.}}{1 m.^2} \times \frac{(1 * 0,6872) m.^2}{x3} = 95,3215 \text{ mm.}$$

$$x3 = 95,3215 \text{ mm.} * 6 = 571,9291 \text{ mm.}$$

- Utilizando una regla de 3, para una medida de  $(0,6872 * 0,1633) m.^2$  :

$$\frac{138,71 \text{ mm.}}{1 m.^2} \times \frac{(0,6872 * 0,1633) m.^2}{x4} = 15,5660 \text{ mm.}$$

$$x4 = 15,5660 \text{ mm.} * 1 = 15,5660 \text{ mm.}$$

- Total de lluvia acumulada =  $(x1+x2+x3+x4)$  mm.
  - ✓ Total =  $(5825,82 + 158,5594 + 571,9291 + 15,5660)$  mm. = 6571,8745 mm.
  - ✓ Conversión de milímetros a metros:

$$6571.8745 \text{ mm.} \times \frac{1\text{m.}}{1\ 000 \text{ mm.}} = 6,5719 \text{ m.}$$

- ✓ Cálculo del volumen de agua captada en el área útil del techo:

Volumen =  $(6,5719 * 7,6872 * 6,1633)m.^3 = 311,3656 \text{ m.}^3$  fue lo captado con la ayuda del área del techo y los milímetros de lluvia que cayeron en octubre.

- Cálculo de agua de lluvia captada en noviembre con una precipitación de 23,04 mm.
  - Se utilizó proporcionalidad en el área sobrante que no completó un metro cuadrado ( $m.^2$ ).
  - Utilizando una regla de 3, para una medida de  $(1 * 1) m.^2$ :

$$\frac{23,04 \text{ mm.}}{1 \text{ m.}^2} \times \frac{(1 * 1)m.^2}{x1} = 23,04 \text{ mm.}$$

$$x1 = 23,04\text{mm.} * 42 = 967,68 \text{ mm.}$$

- Utilizando una regla de 3, para una medida de  $(1 * 0,1633) m.^2$ :

$$\frac{23,04 \text{ mm.}}{1 \text{ m.}^2} \times \frac{(1 * 0,1633)m.^2}{x2} = 3,7624 \text{ mm.}$$

$$x2 = 3,7624\text{mm.} * 7 = 26,3370 \text{ mm.}$$

- Utilizando una regla de 3, para una medida de  $(1 * 0,6872) m.^2$ :

$$\frac{23,04 \text{ mm.}}{1 m.^2} \times \frac{(1 * 0,6872) m.^2}{x3} = 15,8331 \text{ mm.}$$

$$x3 = 15,8331 \text{ mm.} * 6 = 94,9985 \text{ mm.}$$

- Utilizando una regla de 3, para una medida de  $(0,6872 * 0,1633) m.^2$  :

$$\frac{23,04 \text{ mm.}}{1 m.^2} \times \frac{(0,6872 * 0,1633) m.^2}{x4} = 2,5855 \text{ mm.}$$

$$x4 = 2,5855 \text{ mm.} * 1 = 2,5855 \text{ mm.}$$

- Total de lluvia acumulada =  $(x1+x2+x3+x4)$  mm.

$$\checkmark \quad \text{Total} = (967,68 + 26,3370 + 94,9985 + 2,5855) \text{ mm.} \\ = 1\,091,6010 \text{ mm.}$$

- ✓ Conversión de milímetros a metros:

$$1091.6010 \text{ mm.} \times \frac{1m.}{1\,000 \text{ mm.}} = 1,0916 \text{ m.}$$

- ✓ Cálculo del volumen de agua captada en el área útil del techo:

Volumen =  $(1.0916 * 7,6872 * 6,1633)m.^3 = 51,7184 m.^3$  fue lo captado con la ayuda del área del techo y los milímetros de lluvia que cayeron en noviembre.

- Cálculo de agua de lluvia captada en diciembre con una precipitación de 5,04 mm.
  - Se utilizó proporcionalidad en el área sobrante que no completó un metro cuadrado ( $m.^2$ ).
  - Utilizando una regla de 3, para una medida de  $(1 * 1) m.^2$ :

$$\frac{5,04 \text{ mm.}}{1 m.^2} \times \frac{(1 * 1) m.^2}{x1} = 5,04 \text{ mm.}$$

$$x1 = 5,04 \text{ mm.} * 42 = 211,68 \text{ mm.}$$

- Utilizando una regla de 3, para una medida de  $(1 * 0,1633) m.^2$ :

$$\frac{5,04 \text{ mm.}}{1 m.^2} \times \frac{(1 * 0,1633) m.^2}{x2} = 0,8230 \text{ mm.}$$

$$x2 = 0,8230 \text{ mm.} * 7 = 5,7612 \text{ mm.}$$

- Utilizando una regla de 3, para una medida de  $(1 * 0,6872) m.^2$ :

$$\frac{5,04 \text{ mm.}}{1 m.^2} \times \frac{(1 * 0,6872) m.^2}{x3} = 3,4635 \text{ mm.}$$

$$x3 = 3,4635 \text{ mm.} * 6 = 20,7809 \text{ mm.}$$

- Utilizando una regla de 3, para una medida de  $(0,6872 * 0,1633)m.^2$  :

$$\frac{5,04 \text{ mm.}}{1 \text{ m.}^2} \times \frac{(0,6872 * 0,1633) \text{ m.}^2}{x4} = 0,5656 \text{ mm.}$$

$$x4 = 0,5656 \text{ mm.} * 1 = 0,5656 \text{ mm.}$$

- Total de lluvia acumulada =  $(x1+x2+x3+x4)$  mm.
  - ✓ Total =  $(211,68 + 5,7612 + 20,7809 + 0,5656)$  mm. = 238,7876 mm.

- ✓ Conversión de milímetros a metros:

$$238,7876 \text{ mm.} \times \frac{1 \text{ m.}}{1000 \text{ mm.}} = 0,2388 \text{ m.}$$

- ✓ Cálculo del volumen de agua captada en el área útil del techo:

Volumen =  $(0,2388 * 7,6872 * 6,1633)m.^3 = 11,3134 \text{ m.}^3$  fue lo captado con la ayuda del área del techo y los milímetros de lluvia que cayeron en diciembre.

Tabla XXV. **Resumen del volumen de agua de lluvia para el 2014**

<b>MESES</b>	<b>METROS CÚBICOS(m.<sup>3</sup>)</b>
Enero	2,5895
Febrero	10,3482
Marzo	18,2720
Abril	79,4183
Mayo	1612,2507
Junio	573,6591
Julio	533,5260
Agosto	719,6810
Septiembre	552,9878
Octubre	311,3656
Noviembre	51,7184
Diciembre	11,3134
<b>Anual</b>	<b>4477,13</b>

Fuente: elaboración propia.

#### **2.2.2.4.6. Recopilación de datos históricos de uso pluvial en EMPAGUA**

Se investigó el rango y el consumo de agua por metro cúbico en la ciudad capital, también los cálculos de los costos que incluyen dentro de la tarifa de cobro mensualmente. Según figura 68.

- Metros cúbicos consumidos en el período establecido.
- En función de consumo mensual y del rango tarifario se cobra así:

Figura 68. **Rango y consumo de agua por metro cúbico**

<i>Rango de Consumo en Mt.3</i>	<i>Costo / m3</i>
<i>1 a 20</i>	<i>Q. 1.12 (Más IVA)</i>
<i>21 a 40</i>	<i>Q. 1.76 (Más IVA)</i>
<i>41 a 60</i>	<i>Q. 2.24 (Más IVA)</i>
<i>61 a 120</i>	<i>Q. 4.48 (Más IVA)</i>
<i>120 a más</i>	<i>Q. 5.60 (Más IVA)</i>

Fuente: Empresa Municipal de Agua de la ciudad de Guatemala (EMPAGUA).  
<http://empagua.com/consultas-y-sugerencias>. Consulta: 1 de mayo de 2013.

- Costo que incurre la empresa por el manejo de la cuenta del usuario, entendiéndose como tal, la toma de lectura, análisis, facturación, entrega de la factura, cobro del mismo y manejo contable.
- Se cobra el 20 por ciento de lo que corresponde al valor del consumo de agua, únicamente a los inmuebles que gozan con el mismo. El alcantarillado se refiere a la evacuación de aguas servidas, drenajes de lluvias, etc.
- Es el interés que EMPAGUA cobra a los usuarios que mantienen un saldo pendiente de pago en sus cuentas.
- Estos se relacionan con los servicios brindados por EMPAGUA a los clientes y que no fueron cancelados oportunamente en las cajas registradoras de la empresa.

- Es el adeudo que el usuario mantiene con la empresa durante el mes previo de facturación.
- Se refiere a la suma de los cargos del mes y saldos anteriores.

Dependiendo del rango de consumo que se tenga, así será aplicada la tarifa que le corresponde. Según figura 69.

Figura 69. **Precio del servicio por rangos de consumo de agua de EMPAGUA**

<i>Rango por consumo</i>	<i>Multiplicar cada m3 por</i>	<i>Alcantarillado</i>	<i>Cargo fijo</i>
1-20	Q. 1.12	20%	Q. 16.00
21 a 40	Q.1.76	20%	Q. 16.00
41 a 60	Q. 2.24	20%	Q. 16.00
61 a 120	Q.4.48	20%	Q. 16.00
121 a más	Q.5.60	20%	Q. 16.00

Fuente: Empresa Municipal de Agua de la ciudad de Guatemala (EMPAGUA).

<http://empagua.com/consultas-y-sugerencias>. Consulta: 1 de mayo 2013.

Se hizo un análisis del ahorro económico con base en el precio que cobra EMPAGUA por metro cúbico utilizado, comparado con los metros cúbicos que se lograron captar en cada mes del 2014, y lo que las personas ahorrarán con este sistema.

- Cálculo:
  - Datos:
    - La cantidad promedio de litros diarios utilizados dentro de la vivienda son 117 por persona.
    - 4 personas dentro de la vivienda.
    - 30 días por mes.
  - ✓ Conversión de litros de agua a metros cúbicos:

117 Litros \* 4 personas \* 30 días = 14040 Litros\*mes.

$$14\ 040\ \text{L.} * \text{mes} * \frac{1\ 000\ \text{ml.}}{1\text{L.}} * \frac{1\text{cm.}^3}{1\text{ml.}} * \frac{1\text{m.}^3}{(100\text{cm})^3} = 14,04\text{m.}^3 * \text{mes.}$$

- Cálculo del costo ahorrado por consumo de agua por metro cúbico en EMPAGUA utilizando el sistema de captación pluvial:

- **Cálculo de consumo de agua**

Figura 70. **Rango utilizado por mes dentro de la vivienda**

Rango por consumo	Multiplicar cada m3 por	Alcantarillado	Cargo fijo
1-20	Q. 1.12	20%	Q. 16.00

Fuente: Empresa Municipal de Agua de la ciudad de Guatemala (EMPAGUA).  
<http://empagua.com/consultas-y-sugerencias>. Consulta: 1 de mayo 2013.

Dentro de la casa autosostenible se instaló un sistema de captación pluvial para reducir el pago de EMPAGUA, se compararon los metros cúbicos captados con los demandados por las cuatro personas que habitan la vivienda, llegando a la conclusión que las personas consumen mensualmente 14,04 metros cúbicos, si no se utilizara un sistema de captación tendrían que pagar un total de Q.42,64 al mes.

- Cálculo del pago mensual utilizando 14,04 m.<sup>3</sup> de agua sin el sistema de captación:

- ✓ Precio por metro cúbico:

$$14,04m.^3 * Q.1,12 * 1,12 = Q.17,61$$

- ✓ Cargo fijo:

$$Q.16,00 * 1,12 = Q.17,92$$

- ✓ Alcantarillado = (metros cúbicos + cargo fijo) \* 20 %

$$\text{Alcantarillado} = (Q.17,61 + Q.17,92) * 0,20 = Q.7,11$$

- ✓ Precio a pagar = (precio por metro cúbico + cargo fijo + alcantarillado)

$$\text{Precio a pagar} = (Q.17,61 + Q.17,92 + Q.7,11)$$

$$\text{Precio a pagar} = Q.42,64$$

- Cálculo del pago mensual utilizando  $2,59m.^3$  de agua captada en enero:

- ✓ Precio por metro cúbico:

$$(14,04m.^3 - 2,59m.^3) * Q. 1.12 * 1.12 = Q. 15,39$$

- ✓ Cargo fijo:

$$Q. 16,00 * 1.12 = Q. 17,92$$

- ✓ Alcantarillado = (metros cúbicos + cargo fijo) \* 20 %

$$\text{Alcantarillado} = (Q. 15,39 + Q. 17,92) * 0,20 = Q. 6,66$$

- ✓ Precio a pagar = (precio por metro cúbico + cargo fijo + alcantarillado)

$$\text{Precio a pagar} = (Q. 15,39 + Q. 17,92 + Q. 6,66)$$

$$\text{Precio a pagar} = Q. 39,97$$

$$\text{Ahorro} = Q. 42,64 - Q. 39,97 = Q. 2,67$$

- Cálculo del pago mensual utilizando  $10,53m.^3$  de agua captada en febrero:

- ✓ Precio por metro cúbico:

$$(14,04m.^3 - 10,53m.^3) * Q. 1.12 * 1.12 = Q. 4,40$$

✓ Cargo fijo:

$$Q.16,00 * 1.12 = Q.17,92$$

✓ Alcantarillado = (metros cúbicos + cargo fijo) \* 20 %

$$\text{Alcantarillado} = (Q.4,40 + Q.17,92) * 0,20 = Q.4,46$$

✓ Precio a pagar = (precio por metro cúbico + cargo fijo + alcantarillado)

$$\text{Precio a pagar} = (Q.4,40 + Q.17,92 + Q.4,46)$$

$$\text{Precio a pagar} = Q.26,78$$

$$\text{Ahorro} = Q.42,64 - Q.26,78 = Q.15,85$$

▪ Cálculo del pago mensual utilizando  $11.31m.^3$  de agua captada en diciembre:

✓ Precio por metro cúbico:

$$(14,04m.^3 - 11.31m.^3) * Q. 1.12 * 1.12 = Q. 3,42$$

✓ Cargo fijo:

$$Q.16,00 * 1.12 = Q.17,92$$

✓ Alcantarillado = (metros cúbicos + cargo fijo) \* 20 %

$$\text{Alcantarillado} = (\text{Q.3,42} + \text{Q.17,92}) * 0,20 = \text{Q.4,27}$$

✓ Precio a pagar = (precio por metro cúbico + cargo fijo + alcantarillado)

$$\text{Precio a pagar} = (\text{Q.3,42} + \text{Q.17,92} + \text{Q.4,27})$$

$$\text{Precio a pagar} = \text{Q.25,61}$$

$$\text{Ahorro} = \text{Q.42,64} - \text{Q.25,61} = \text{Q.17,03}$$

Tabla XXVI. **Resumen del pago y ahorro por mes en EMPAGUA**

MESES	METROS CÚBICOS CAPTADOS POR MES	METROS CÚBICOS DEMANDADOS AL MES	FALTANTE DE $m^3$ EN EL SISTEMA DE CAPTACIÓN PLUVIAL	EXCESO DE $m^3$ EN EL SISTEMA DE CAPTACIÓN PLUVIAL	PRECIO A PAGAR	AHORRO
Enero	2,5895	14,04	11,45	0	Q.39,97	Q.2,67
Febrero	10,3482	14,04	3,69	0	Q.26,78	Q.15,85
Marzo	18,2720	14,04	0	4,23	Q.0,00	Q.42,64
Abril	79,4183	14,04	0	65,38	Q.0,00	Q.42,64
Mayo	1612,2507	14,04	0	1598,21	Q.0,00	Q.42,64
Junio	573,6591	14,04	0	559,62	Q.0,00	Q.42,64
Julio	533,5260	14,04	0	519,49	Q.0,00	Q.42,64
Agosto	719,6811	14,04	0	705,64	Q.0,00	Q.42,64
Septiembre	552,9878	14,04	0	538,95	Q.0,00	Q.42,64
Octubre	311,3656	14,04	0	297,32	Q.0,00	Q.42,64
Noviembre	51,7184	14,04	0	37,68	Q.0,00	Q.42,64
Diciembre	11,3134	14,04	2,73	0	Q.25,61	Q.17,03
Anual	4477,13	168,48	17,87	4459,26	Q.92,36	Q.419,31

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XXVII se puede apreciar la cantidad de agua captada durante todo el año, y el precio que se debe pagar a EMPAGUA. Sin el sistema de captación se hubiera cancelado una cantidad de Q.511,68 durante el año, pero en cambio con el sistema implementado se obtuvo un ahorro de Q.419,31 en el año.

#### **2.2.2.5. Creación de filtros**

Se realizó la creación de filtros ecológicos para atrapar los sedimentos que contiene el agua de lluvia.

Los filtros se fabricaron de materiales a bajo costo cada uno se colocó en recipientes plásticos, entre los materiales que se utilizaron están: el piedrín, la piedra pómez y el carbón activado.

##### **2.2.2.5.1. Funcionamiento**

Para el funcionamiento del sistema de filtración se utilizaron tres tipos de filtrado, el almacenaje de agua de lluvia y el almacenaje de agua filtrada.

Su funcionamiento fue tipo cascada para que caiga de una estación a otra, sin ayuda de ningún dispositivo. Al estar en la primera estación donde se encuentra el piedrín quedarán todos los sedimentos grandes, en la segunda estación donde está la piedra pómez se quedarán los sedimentos más pequeños, en la última estación está el carbón activado este sirve como bactericida y purificador.

#### **2.2.2.5.2. Descripción y uso de materiales**

La filtración del agua de lluvia se realizó porque al utilizar canaletas instaladas en el techo y al recolectar el agua se encontraron sedimentos (basura orgánica e inorgánica), por lo que fue necesario filtrarla.

- Se describirán una serie de materiales utilizados para la elaboración de dichos filtros:
  - Recipiente plástico de 1,5 litros
  - Recipiente plástico de 75 litros de almacenaje
  - Adaptador macho PVC de ½ pulgada
  - Adaptador hembra PVC de ½ pulgada
  - Empaque de ½ pulgada
  - Tubo PVC de ½ pulgada
  - Llaves de paso PVC de ½ pulgada
  - Codos PVC de ½ pulgada
  - Piedra pómez granulada
  - Piedrín de 1 pulgada
  - Carbón activado
  
- Uso de materiales:
  - Recipiente plástico de 1,5 litros: se utilizaron 4 recipientes con esta capacidad en cada uno de ellos se colocaron el piedrín, piedra pómez y el carbón activado. Según figura 71.

Figura 71. Recipiente plástico con capacidad de 1,5 litros para filtros



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, área de prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

- Recipiente plástico con capacidad de 75 litros: se utilizaron dos recipientes uno para almacenar el agua recolectada del techo, para luego filtrada se almacenará en otro, fueron comprados en una venta de plásticos en la Terminal zona 4. Según figura 72.

Figura 72. **Tanque almacenador de agua de lluvia con capacidad de 75 litros**



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, área de prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

- Adaptador macho PVC de ½ pulgada: el adaptador se colocó dentro de los recipientes para poder adaptarle una hembra de ½ para transportar el agua. Según figura 73.

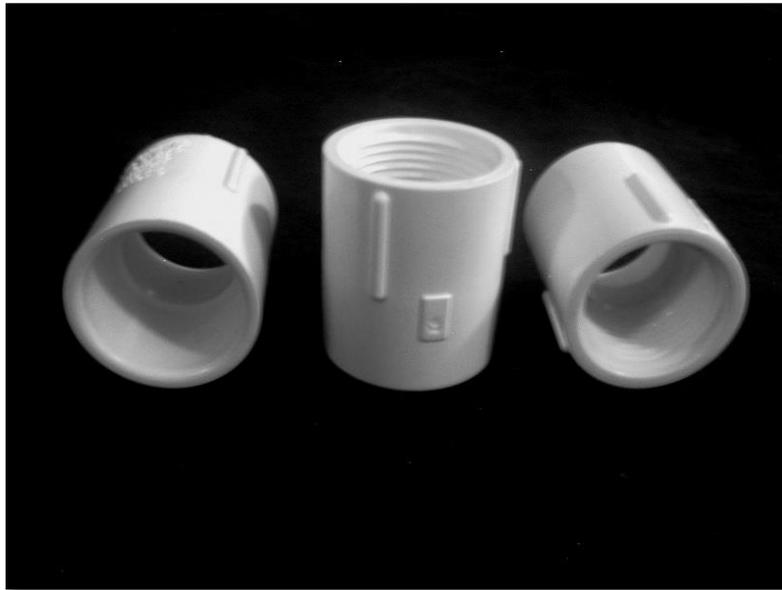
Figura 73. **Adaptador macho PVC de ½ pulgada**



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, área de prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

- Adaptador hembra PVC de ½ pulgada: este adaptador se colocó afuera del recipiente plástico para poder adaptarle un tubo de ½ pulgada. Según figura 74.

Figura 74. **Adaptador hembra PVC de ½ pulgada**

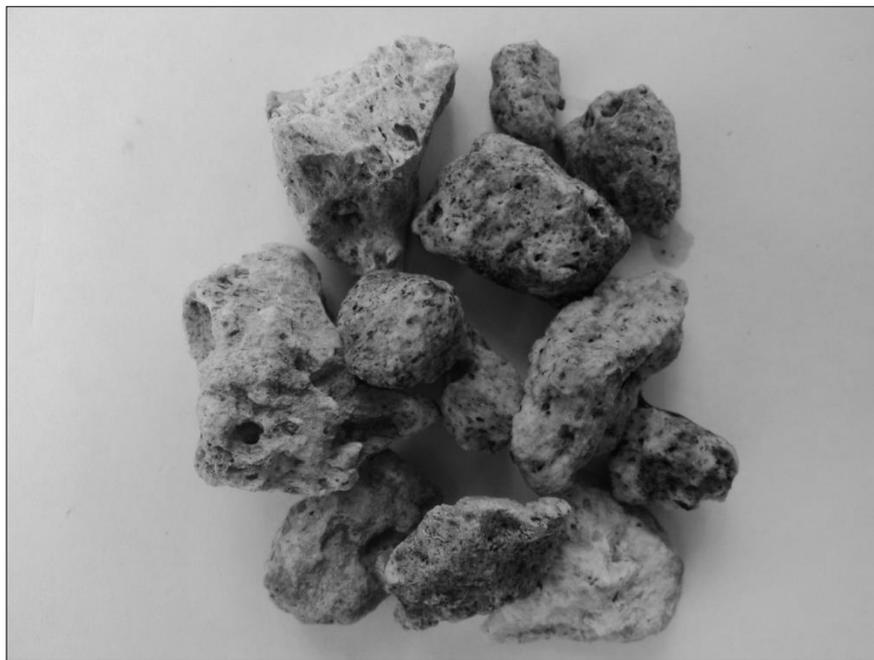


Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, área de prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

- Empaque de ½ pulgada: el empaque se colocó entre el recipiente plástico y el adaptador macho, para evitar las fugas de agua.
- Tubo PVC ½ pulgada: el tubo se cortó a una medida de 15 cm. para poder transportar el agua, de un recipiente a otro.

- Llave de paso PVC de ½ pulgada: sirve para controlar el caudal al que saldrá el agua del tanque almacenador de agua de lluvia a los filtros.
- Codo PVC ½ pulgada: sirve para cambiar de dirección de la tubería cuando baja del tanque almacenador a uno de los filtros.
- Piedra pómez: es una piedra de origen volcánico y de diferentes formas. Aunque es de dureza media, debido a su alta friabilidad, el poder abrasivo es muy bajo, produciendo un efecto muy suave sobre la superficie trabajada. Según figura 75.

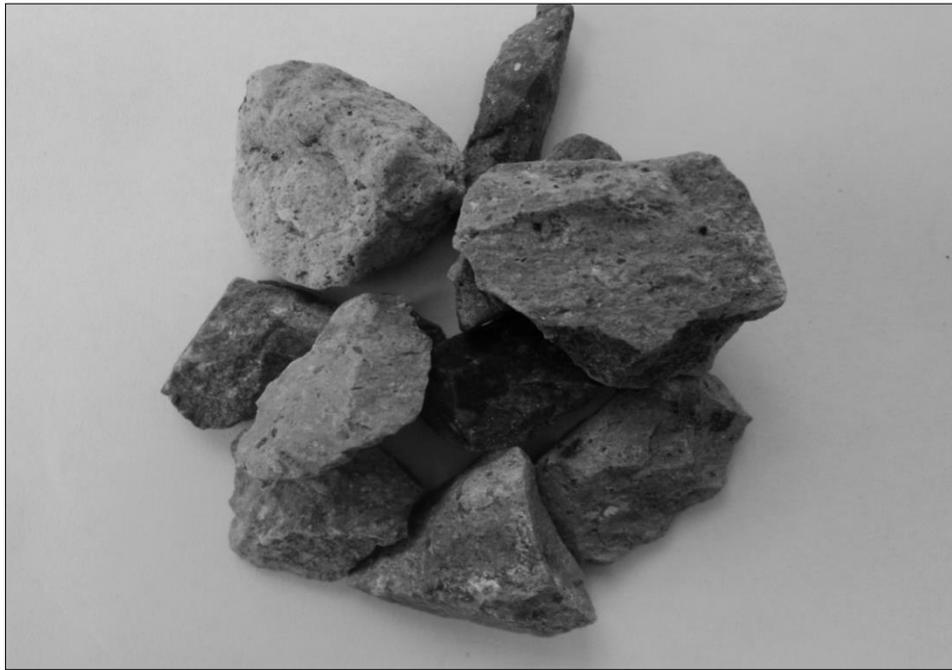
Figura 75. **Piedra pómez (pumita)**



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, área de prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

- Piedrín de 1 pulgada: es roca tritura con variación del tamaño, en este proceso los sedimentos quedan atrapados. Según figura 76.

Figura 76. **Piedrín de 1 pulgada**



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, área de prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

- **Carbón activado:** se utiliza en la extracción de metales, la purificación de agua potable, en medicina para casos de intoxicación, en el tratamiento de aguas residuales, clarificación de agua, en filtros de purificación, es bactericida por lo que fue el último proceso en el que se colocó. Según figura 77.

**Figura 77. Carbón activado**



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, área de prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

### **2.2.2.5.3. Descripción del proceso de elaboración**

En el proceso para la elaboración de los filtros se describirán una serie de pasos:

- Paso 1: perforar los recipientes con una medida de  $\frac{1}{2}$  pulgada con la ayuda de un barreno.
- Paso 2: colocar el empaque en el adaptador macho de  $\frac{1}{2}$  pulgada y enroscarlo en el recipiente plástico.
- Paso 3: colocar el adaptador hembra y cortar el tubo PVC de 15 centímetros. e ir ensamblando de un filtro a otro, a modo que el proceso se logre por cascada.
- Paso 4: colocar la llave de paso en el tanque almacenador de agua de lluvia y poder regular su caudal para que el proceso de filtrado se logre llevar a cabo.
- Paso 5: al estar ensamblado todo el sistema de filtrado se coloca en cada recipiente el material orgánico, empezando por la granulometría más grande, el primero es el pedrín de 1 pulgada, piedra pómez y, por último carbón activado.

Figura 78. Propuesta del procedimiento para la elaboración de filtros

	<b>CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b>	
INSTRUCTIVO DE ELABORACIÓN		Versión 01
Realizado por:	FIRMAS:	FECHA:
Aprobado por:		Página 1 de 1

Interesado: \_\_\_\_\_ Proyecto: \_\_\_\_\_ Guatemala: \_\_\_\_ de: \_\_\_\_ 20\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_ Teléfono: \_\_\_\_\_

PASOS A SEGUIR PARA LA CREACIÓN DE UN FILTRO:	
No. De pasos	DESCRIPCIÓN:
1	Se perfora cada uno de los recipientes plásticos de 1,5 litros de capacidad y se colocan los adaptadores macho y hembra de 1/2 pulgada, los empaques son para evitar las fugas
2	Se miden 15 centímetros de tubo PVC de 1/2 pulgada y se colocan en la entrada de uno de los filtros y el otro en la salida, y así sucesivamente con los tres filtros
3	Se introduce cada tipo de material orgánico y se coloca su respectiva tapa, para evitar que entren otro tipo de sedimentos
4	Al momento de instalar todo el sistema se tiene que tomar en cuenta la caída de agua que proviene de la canaleta, para que el agua se almacene en el tanque
5	Luego se gradúa el caudal con la ayuda de una llave de paso, para lograr una mejor filtración en cada una de las estaciones
6	Se colocan los filtros a una distancia apropiada para que su funcionamiento sea por gravedad

Fuente: elaboración propia.

Figura 79. Sistema de filtración instalado



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, área de prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

#### **2.2.2.5.4. Guía para la elaboración de filtros**

Para la creación de los filtros se utilizaron tres recipientes plásticos con capacidad de 1,5 litros y dos tanques almacenadores con una capacidad de 75 litros.

Los pasos para la creación se describirán a continuación:

- Pasos a seguir:
  - Paso 1: perforar cada uno de los recipientes plástico de 1.5 litros de capacidad y colocarles los adaptadores macho y hembra de ½ pulgada, los empaques son para evitar las fugas.
  - Paso 2: medir 15 cm. de tubo PVC de ½ pulgada y colocarlos en la entrada de uno de los filtros y el otro en la salida, y así sucesivamente con los tres tipos de filtros.
  - Paso 3: introducir cada tipo de materiales orgánicos y colocarle su respectiva tapa, para evitar que entren otro tipo de sedimentos.
  - Paso 4: al momento de instalar todo el sistema se tiene que tomar en cuenta la caída de agua que proviene de la canaleta para que el agua se almacene en el tanque.
  - Paso 5: luego graduar el caudal con la ayuda de una llave de paso para lograr una mejor filtración en cada una de las estaciones.

- Paso 6: colocar los filtros a una distancia apropiada para que su funcionamiento sea por gravedad.

Figura 80. **Propuesta del procedimiento para la elaboración de filtros**

	<b>CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b>	
<b>Guía para el proceso de elaboración de filtros</b>		Versión 01
Revisado por: Aprobado por:	Firma:	FECHA:
		Página 1 de 1
Interesado: _____ Proyecto: _____ Guatemala: _____ de: _____ 20__		
Dirección: _____ Teléfono: _____		
<b>PASOS A SEGUIR PARA LA CREACIÓN DE FILTROS:</b>		
No. De pasos	DESCRIPCIÓN:	
1	Perforar los recipientes con una medida de 1/2 pulgada con la ayuda de un barreno	
2	Colocar el empaque en el adaptador macho de 1/2 pulgada y enroscarlo en el recipiente plástico	
3	Colocar el adaptador hembra y cortar el tubo PVC de 15 centímetros e ir ensamblando de un filtro a otro, a modo que el proceso se logre por cascada	
4	Colocar la llave de paso en el tanque almacenador de agua de lluvia y poder regular su caudal para que el proceso de filtrado se logre llevar a cabo	
5	Al ensamblar todo el sistema de filtrado se colocara en cada recipiente el material orgánico, empezando por la granulometría más grande, el primero es el de piedrín de 1 pulgada, piedra pómez y, por último carbón activado	

Fuente: elaboración propia.

#### **2.2.2.5.5. Pruebas**

Para las pruebas se recolectó agua pluvial con la ayuda de canaletas y se almacenó en un tanque, por lo que se prosiguió a filtrarla.

Se hizo una serie de pruebas con diferentes granulometrías y tipos de materiales; a continuación se describirán:

- Prueba 1: en un inicio se utilizó arena de río, pero el agua se tornaba sucia y por la granulometría tan pequeña se filtraba al tanque almacenador.
- Prueba 2: se colocaron esponjas al final de los filtros, pero con haber sustituido la arena, no hizo falta colocarlas, por lo que se optó a retirarlas.
- Prueba 3: al utilizar solamente el piedrín, la piedra pómez y el carbón activado se concluyó que los filtros separaron los sedimentos que contiene el agua, por lo que el agua se almacenó de una manera limpia y transparente.

#### **2.2.2.5.6. Resultados**

Como resultado final, se optó por utilizar los tres tipos de materiales: piedrín, piedra pómez y carbón activado que brindaron un mejor resultado, que cuando pasaban por otros dos procesos los cuales no eran tan indispensables, por lo que el precio era más accesible.

### **2.2.3. Análisis económico**

El análisis económico estudia la estructura y evolución de los resultados del proyecto (ingresos y gastos) y de la rentabilidad de los capitales utilizados.

#### **2.2.3.1. Análisis para la programación del proyecto**

Para este tipo de análisis se utilizó una planeación del proyecto el cual está conformado por: actividades, estimación de recursos, tiempo para cada actividad y la descripción de cada interrelación entre cada actividad.

Para la programación se requiere detallar las fechas de inicio y terminación para cada actividad, para lo que se utilizó un modelo de red éste es un modelo esquemático, en el que se representa la relación entre puntos, que se representan con nodos, indicando dicha relación mediante arcos.

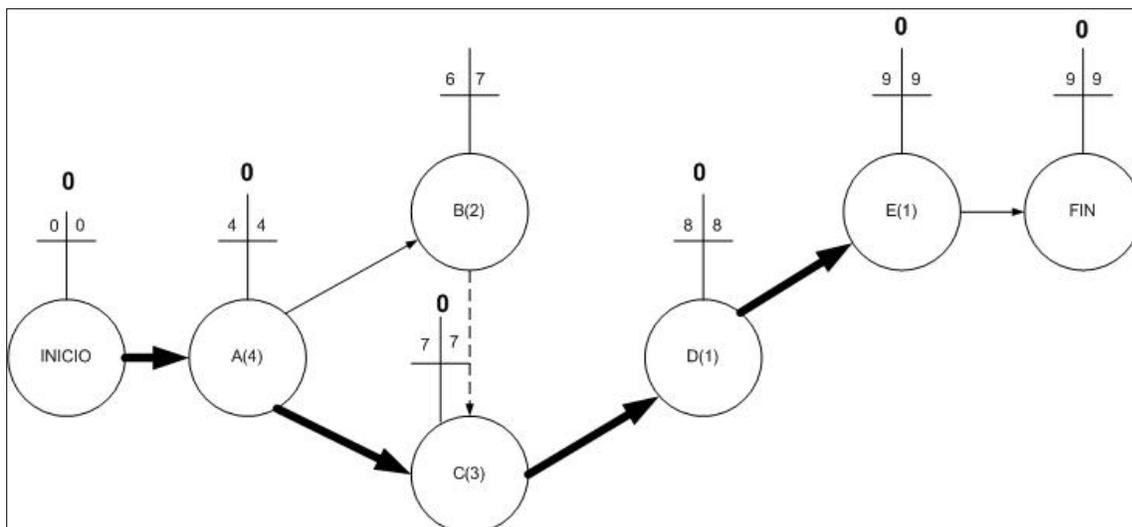
Para ello se utilizó un diagrama de actividades en los nodos (CPM), en la cual se encontró una ruta crítica, esta no es más que la ruta más larga a través de una red, esta es muy importante ya que determina la duración del proyecto. CPM, es un modelo determinístico, ya que considera que los tiempos de las actividades se conocen y se pueden variar combinando el nivel de recursos utilizados.

Tabla XXVII. **Actividades para la construcción de la casa autosostenible**

Actividad	Descripción	Predecesor	Duración (semanas)
A	Cimientos, paredes	Ninguno	4
B	Plomería, electricidad	A	2
C	Techos	A	3
D	Implementación del sistema de captación	C	1
E	Implementación del sistema de almacenaje	D	1

Fuente: elaboración propia.

Figura 81. **Diagrama CPM para la duración del proyecto de la casa autosostenible**



Fuente: elaboración propia.

Ruta crítica: A + C + D + E

Ruta crítica: 4 + 3 + 1 + 1 = 9 semanas

- Cálculo del precio de la mano de obra que se necesitará para la construcción de la casa autosostenible:

- $9 \text{ semanas} * \frac{6 \text{ días}}{1 \text{ semana}} * \frac{8 \text{ horas}}{1 \text{ día}} = 432 \text{ horas}$

### **2.2.3.2. Distribución del costo de producción**

En esta sección se desarrollarán diferentes aspectos económicos como lo son: inventarios de materia prima, mano de obra, gasto de fabricación, con el fin de determinar el costo del proyecto.

#### **2.2.3.2.1. Materia prima**

La materia prima es el recurso que se usa en la producción, con el fin de poder transformarlo en un producto final, en este caso son los prototipos, con lo cual nuestra materia prima son los envases de PET de 2,5 litros, para lo cual se fijó un precio de Q 0,10 por cada libra de envase PET, este material servirá para la elaboración de las paredes ecológicas.

Dentro de la elaboración de las paredes ecológicas se utilizarán materiales directos e indirectos.

- Materiales directos:
  - Envases PET de 2,5 litros:

$$1500 \text{ envases PET} * \frac{61 \text{ gramos}}{1 \text{ envase PET}} * \frac{1 \text{ libra envase PET}}{450 \text{ gramos}}$$

$$= 203,33 \text{ Libras de envases de PET}$$

$$\text{Cantidad de libras} = 203,33 \text{ libras de envases PET}$$

$$\text{Total en quetzales materia prima} = 203,33 * 0,10 = Q.20,33$$

Tabla XXVIII. **Costo de envases PET**

Cantidad de envases	Costo por libra (Q.)	Total (Q.)
1 500	0,10	20,33

Fuente: elaboración propia.

- Celdas fotovoltaicas de cobre (Cu):

$$50 \text{ placas de Cobre} * \frac{1 \text{ libra de Cu.}}{16 \text{ placas de Cu.}} = 3,125 \text{ libras de Cu.}$$

$$\text{Cantidad de libras} = 3,125 \text{ libras de Cu.}$$

$$\text{Total en quetzales materia prima} = 3,125 * Q. 95,00 = Q. 296,875$$

Tabla XXIX. **Costo de las libras de cobre**

Cantidad de libras de Cu.	Costo por libra (Q.)	Total (Q.)
3,125	95	296,875

Fuente: elaboración propia.

- Creación del sistema de almacenaje:

Tabla XXX. **Costo de productos PVC de ½ pulgada, para el sistema de almacenaje**

Cantidad (unidad)	Descripción	Costo por unidad (Q.)	Total (Q.)
2	Tanques 75 litros	50,00	100,00
2	Llaves de paso PVC ½ pulgada	5,00	10,00
8	Adaptadores macho ½ pulgada	2,50	20,00
8	Adaptadores hembra ½ pulgada	2,50	20,00
16	Empaque de caucho ½ pulgada	1,00	16,00
TOTAL:			166,00

Fuente: elaboración propia.

- Creación de filtros orgánicos:

Tabla XXXI. **Costo de productos PVC de ½ pulgada para la creación de filtros orgánicos**

Cantidad	Descripción	Costo (Q.)	Total (Q.)
3 unidades	Envases plásticos 2 L.	9,00	27,00
6 unidades	Adaptadores macho de ½ pulgada	2,50	15,00
6 unidades	Adaptadores hembra de ½ pulgada	2,50	15,00
12 unidades	Empaques de caucho de ½ pulgada	1,00	12,00
½ saco	Piedrín de ¾ de grosor	14	14,00
½ saco	Piedra pómez	15	15,00
1 Lb.	Carbón activado	15	15,00
TOTAL			113,00

Fuente: elaboración propia.

- Materiales indirectos:

Tabla XXXII. **Costo de materiales indirectos**

Cantidad	Descripción	Costo
50 unidades	Caimanes Q2,50 c/u	Q.125,00
1 libra	Sal	Q.1,00
3 bolsas	Palillos de madera Q.5,00 c/u	Q.15,00
2 botes	Silicón Q.20 c/u	Q.40,00
1 Panel	Panel de madera	Q.50,00
1 bote de gel	Gel para cabello	Q.5,00
1 jeringa 10 ml	Inyectar agua con NaCl	Q.3,00
4 botes	Pegamento para zapatos	Q.40,00
Total		Q.279,00

Fuente: elaboración propia.

- Costo total:

Tabla XXXIII. **Costo total de materia prima**

Descripción	Cantidad (Q.)
Materiales directos	596,20
Materiales indirectos	279,00
Total	875,20

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo para la mano de obra, según el código de trabajo, el pago del salario mínimo al día es de Q.68,00, la hora ordinaria tiene un valor de Q.8,50,
  - Por lo que, para determinar el precio de mano de obra se pretende contratar a tres personas:

- 432 horas \* Q.8,50 = Q.3 672,00 \* 3 personas= Q.1 016,00
- ✓  $432 \text{ horas} * \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ horas}} = 54 \text{ días}$
- ✓ El costo de la mano de obra para la construcción de la casa autosostenible con la contratación de 3 personas sería de Q.11 016,00,

Tabla XXXIV. **Costo total de mano de obra**

Descripción	Núm. de personas	Cantidad (Q.)
Pago diario por persona Q.68,00 por 54 días	3	11 016,00
Total		11 016,00

Fuente: elaboración propia.

#### 2.2.3.2.2. Gasto de fabricación

Los gastos de fabricación son todos aquellos costos que no están incluidos directamente en la elaboración del producto final, pero son parte del proceso. Dentro de los gastos cabe mencionar el pago por consumo de energía eléctrica, para lo que se desarrolló lo siguiente:

- Gasto por consumo de electricidad para acelerar la oxidación de la placa de cobre:

- Se utilizó una hornilla eléctrica con las siguientes especificaciones, el consumo en watts es de 1 000,

- Datos:

- Consumo de la hornilla eléctrica= 1000 watts/1 000 = 1 Kilowatt.
- Costo Kwh= Q. 1,80
- Horas de consumo eléctrico diario= 8 horas

- ✓ Cada placa necesitaba 30 minutos para su oxidación

$$30 \text{ minutos} * \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ minutos}} = 0,5 \text{ horas}$$

$$\frac{0,5 \text{ horas}}{1 \text{ placa}} * \frac{8 \text{ horas}}{x \text{ placas}} = 16 \text{ placas por día}$$

$$\frac{16 \text{ placas}}{1 \text{ día}} * \frac{25 \text{ placas}}{x \text{ días}} = 1,56 \text{ días}$$

- Días de consumo eléctrico para la elaboración de 25 placas de cobre = 2 días

- Cálculos

- Consumo diario de energía

$$\text{Energia(KW * hora)} = (1 \text{ Kw})(8) = 8 \text{ Kwh}$$

- Consumo mensual

$$\text{Consumo al mes} = (8 \text{ Kw})(2) = 16 \text{ Kwh}$$

- Costo mensual de kilowatts hora consumidos

$$\text{Consumo mensual 1} = (16 \text{ Kwh}) \left( \frac{Q. 1,80}{\text{Kwh}} \right) = Q. 28,80$$

Tabla XXXV. **Detalle del gasto eléctrico mensual**

Descripción	Precios (Q.)	Consumó (Kwh)	Total (Q.)
Cargo fijo por cliente (si IVA)	9,95	-	9,95
Energía (sin IVA)	1.80	16	28,80
Total cargo (sin IVA)			38,75
Total cargo (con IVA)			42,206
Tasa municipal (sin IVA) (13 %)			5,037
		Total del mes	47,29

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVI. **Total de gasto de fabricación de 25 placas de cobre**

Descripción	Cantidad (Q.)
Gasto eléctrico, hornilla eléctrica	47,29
Total	47,29

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVII. **Cuadro resumen de los costos para la fabricación de la casa autosostenible**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad (Q.)</b>
Materia prima	875,20
Mano de obra	11 016,00
Gastos de fabricación	47,29
Costo del proyecto	11 938,49

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XXXVII, se muestra el resumen de los costos que se emplearán para la fabricación de la casa autosostenible y los distintos sistemas ecológicos, para realizar dicho proyecto se necesitará una inversión de Q.11 938,49.



### 3. MINIMIZACIÓN EN EL CONSUMO DE AGUA DENTRO DE LA VIVIENDA

#### 3.1. Consumo

A continuación se realiza una descripción del proceso de minimización del consumo de agua dentro de la vivienda.

##### 3.1.1. Recolección de datos históricos

En la página de la Municipalidad de Guatemala, el servicio que presta la Empresa de Agua (EMPAGUA), los rangos de consumo van a depender de los metros cúbicos consumidos por el usuario cada mes, la empresa se basa en los rangos de consumo de agua para el cobro mensual. Según figura 82.

Figura 82. **Precio del servicio por rangos de consumo de agua de EMPAGUA**

<i>Rango por consumo</i>	<i>Multiplicar cada m3 por</i>	<i>Alcantarillado</i>	<i>Cargo fijo</i>
1-20	Q. 1.12	20%	Q. 16.00
21 a 40	Q.1.76	20%	Q. 16.00
41 a 60	Q. 2.24	20%	Q. 16.00
61 a 120	Q.4.48	20%	Q. 16.00
121 a más	Q.5.60	20%	Q. 16.00

Fuente: Empresa Municipal de Agua de la ciudad de Guatemala (EMPAGUA).  
<http://empagua.com/consultas-y-sugerencias>. Consulta: 1 de mayo de 2013.

### 3.1.2. Pronósticos para demandas futuras

En la tabla XXXIX se muestra un resumen semanal de los litros de agua que consume cada persona dentro de la vivienda.

Tabla XXXVIII. Consumo de agua diaria por persona

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Actividad	Litros	Litros	Litros	Litros	Litros	Litros	Litros
Ducharse	70	69	70	68	69	71	70
Cepillarse los dientes	30	27	29	30	31	28	32
Usar el inodoro	15	15	14	16	13	14	17
Lavarse las manos	2	2	3	3	2	3	4
Sub-Total:	117	113	116	117	115	116	123
						<b>Total:</b>	<b>817</b>
						<b>Promedio:</b>	<b>117</b>

Fuente: elaboración propia.

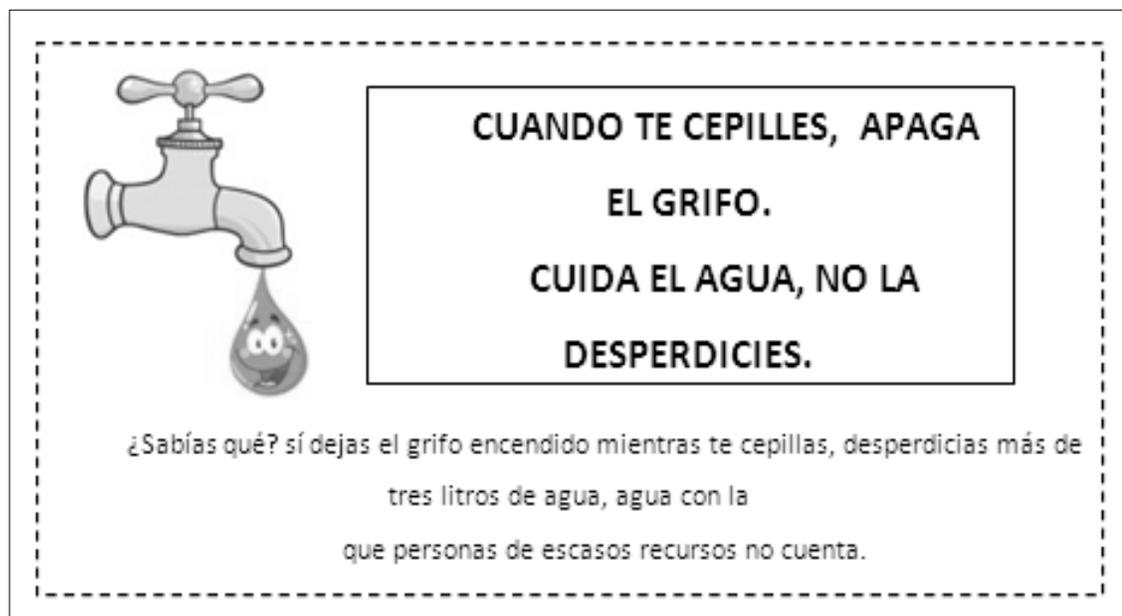
### 3.2. Concientización

Como no se cuenta con una vivienda dentro de las instalaciones de la sección de la Calidad en el Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC. En caso de llevarse a cabo la construcción de alguna casa se pueden tomar algunas propuestas para mejorar la calidad de vida de las personas que se encuentren dentro de ella.

### 3.2.1. Rotulación

Dentro de la vivienda debería de haber una manera en que los miembros del hogar supieran la importancia de cuidar el agua y no desperdiciarla, en muchos casos rotular el área donde se utiliza el recurso sirve de mucho, ya que el hecho de verlo diariamente crea un tipo de hábito para no desperdiciar y valorar más el agua. Según figura 83.

Figura 83. **Propuesta de rótulos para el uso adecuado del agua dentro de la vivienda**



Fuente: elaboración propia.

Con el apoyo de investigadores, se pudo colocar todo el sistema de captación de agua de lluvia en una casa elaborada por personas dentro del área de aglomerados y prefabricados del Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC, para demostrar que el sistema funcionaba con la ayuda de materiales reciclados y que el funcionamiento era el mismo que uno convencional con la diferencia que el costo es mucho más bajo.

En el sistema de captación de agua de lluvia, su almacenamiento y filtración se identificó de la manera adecuada, para que las personas tuvieran un mejor concepto de todo el proceso. Según figura 84.

Figura 84. **Rotulación del sistema de recolección, filtración y tanques almacenadores**



Fuente: Área de aglomerados y prefabricados del Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

### 3.2.2. Trifoliar informativo

En el siguiente trifoliar se da una idea de cómo cuidar el agua, dando una serie de alternativas para evitar el consumo excesivo de este vital líquido. Según figuras 85 y 86.

Figura 85. Trifoliar informativo para la concientización del uso adecuado del agua dentro de la vivienda

<p><b>Información General</b></p>	 	 
<p><b>Decano de la Facultad de Ingeniería</b>          Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  <b>Directora del Centro Investigaciones de Ingeniería</b>          Inga. Telma Maricela Cano Morales  <b>Jefe de Sección de Gestión de la Calidad</b>          Ing. Oswin Antonio Melgar Hernández  <b>Auxiliar, Gestión de la Calidad</b>          Yoselin Mackenzie Gómez  <b>Colaboradores:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Krysthel Jiménez Espisita de la Sección de la Calidad, septiembre 2012.</li> </ul>	<p><b>DARLE UN USO APROPIADO AL AGUA PUEDE HACER LA DIFERENCIA</b></p> 	<p><b>CONCIENTIZACIÓN PARA EL USO ADECUADO DEL AGUA DENTRO DE LA VIVIENDA</b></p> <p><b>CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA USAC</b>  <b>GESTIÓN DE LA CALIDAD</b>  <b>PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA</b>  <b>CASA AUTO SOSTENIBLE</b></p>
	<p><b>! CUIDA EL AGUA!</b></p> 	

Fuente: elaboración propia.

Figura 86. Trifoliar informativo para evitar el desperdicio de agua

<p><b>MEDIDAS NECESARIAS PARA EL USO ADECUADO DEL AGUA</b></p> <p>Recuerda que después de lavarte las manos tienes que cerrar el grifo del lavamanos.</p> <p>¿Sabías qué? Cuando te lavas las manos desperdicias y dejas el grifo encendido consumes un promedio de 3 litros de agua. Así que trata de usar lo necesario para no desperdiciar este valioso recurso.</p>  <p>¡ALTERNATIVA!</p> <p>Para evitar mal gastar el agua podrías utilizar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• balde</li> <li>• cubeta</li> <li>• palangana</li> </ul> 	<p><b>DUCHARSE</b></p> <p>Al momento de tomar una ducha, <b>sabías qué?</b> Gastas en promedio más de 70 litros de agua con la ducha encendida.</p>  <p>UNA DE LAS MEJORES MANERAS DE <b>AHORRAR</b> sería qué? mientras te enjabonas apagues la ducha, esto evitará que se desperdicie el agua.</p> 	<p><b>CEPILLARSE LOS DIENTES</b></p> <p>Quando lavas tus dientes sin apagar el grifo, <b>SABIAS QUE?</b> Desperdicias más de 30 litros de agua.</p>  <p>UNA MANERA ADECUADA DE UTILIZAR EL AGUA MIENTRAS TE CEPILLAS SERÍA:</p> <p><b>UTILIZAR UN VASO</b></p> 
--	---	---

Fuente: elaboración propia.

### **3.3. Tecnología**

Para el tipo de tecnología se utilizará un sistema de reutilización de agua, la cual provendrá de los lavamanos y ducha, para luego ser utilizada en la descarga del inodoro.

#### **3.3.1. Descripción de materiales**

Para la reutilización de agua del lavamanos y ducha, pasará por unos filtros ecológicos.

- Se describirán una serie de materiales utilizados para la elaboración de dichos filtros:
  - Recipiente plástico de 1,5 litros
  - Recipiente plástico de 75 litros de almacenaje
  - Adaptador macho PVC de ½ pulgada
  - Adaptador hembra PVC de ½ pulgada
  - Empaque de ½ pulgada
  - Tubo PVC de ½ pulgada
  - Llaves de paso PVC de ½ pulgada
  - Codos PVC de ½ pulgada
  - Piedrín de 1 pulgada
  - Piedrín de ½ pulgada
  - Piedrín de ¾ de pulgada

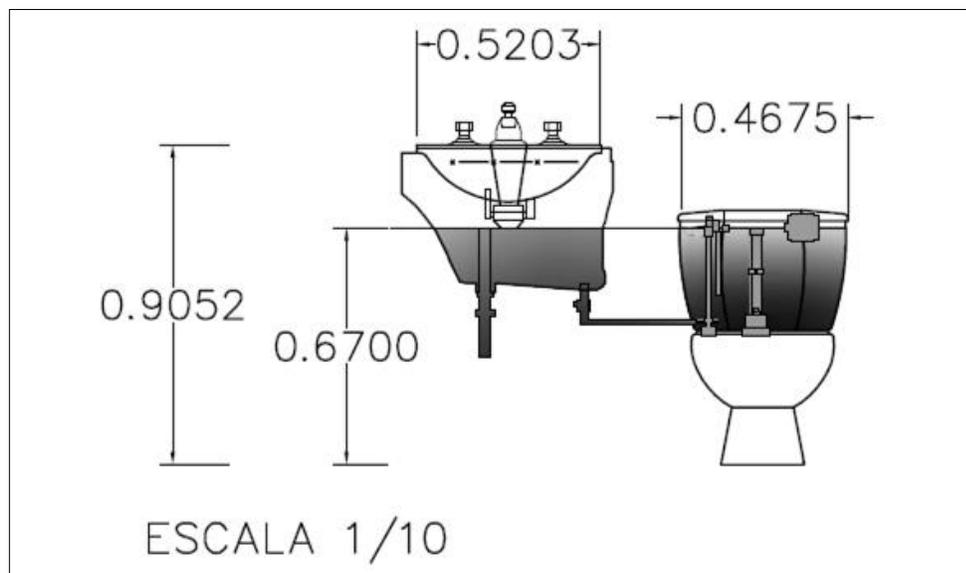
- Uso de materiales:
  - Recipiente plástico de 1,5 litros: se utilizarán 3 recipientes con esta capacidad, en cada uno de ellos se colocará el piedrín de 3 medidas distintas.
  - Recipiente plástico de 75 litros: se utilizará un recipiente con esta capacidad, para almacenar el agua filtrada que se reutilizará.
  - Adaptador macho PVC de ½ pulgada: el adaptador se colocará dentro de los recipientes para poder adaptarle una hembra de ½ para transportar el agua.
  - Adaptador hembra PVC de ½ pulgada: este adaptador se colocará afuera del recipiente plástico para poder adaptarle un tubo de ½ pulgada.
  - Empaque de ½ pulgada: el empaque se colocará entre el recipiente plástico y el adaptador macho, para evitar las fugas de agua.
  - Tubo PVC ½ pulgada: el tubo se cortará a una medida de 15 cm. para poder transportar el agua, de un recipiente a otro.
  - Llave de paso PVC de ½ pulgada: sirve para medir el caudal al que saldrá el agua del tanque almacenador de agua de lluvia a los filtros.

- Codo PVC ½ pulgada: sirve para cambiar de dirección de la tubería cuando baja del tanque almacenador a uno de los filtros.
- Piedrín de ¾, 1/2, y 1 pulgada: es roca triturada con variación de granulometría, en este proceso los sedimentos quedan atrapados.

### 3.3.2. Diseño del sistema ahorrador de agua

Para la elaboración del sistema ahorrador de agua dentro de la vivienda, se propuso hacer un diseño de ahorro en el baño, colocando un tanque almacenador en el lavamanos para luego hacer una instalación en el inodoro, que se llenará por gravedad, para lo que se cotizó un inodoro con una capacidad de descarga de 5 litros. Según figura 87.

Figura 87. **Propuesta para el diseño del sistema ahorrador de agua**



Fuente: elaboración propia.

### 3.3.3. Funcionamiento

El funcionamiento de todo el sistema consiste en que al momento de utilizar el agua en grifos y ducha, lo que se va por el desagüe pasa por tres estaciones de filtrado, los que están formados por granulometrías diferentes de piedrín, esto servirá para que cualquier sedimento quede atrapado, para almacenarse en un tanque con capacidad de 75 litros y luego pasar al depósito del inodoro para ser utilizada en cada descarga.

### 3.4. Minimización en el uso del sistema pluvial

A continuación se describe el proceso de minimización del sistema pluvial.

#### 3.4.1. Comparación del sistema implementado con el actual

En el sistema actual se hizo un estudio sobre el consumo de los litros de agua utilizados por cada persona dentro de la vivienda, en una semana, se describirá a continuación:

Tabla XXXIX. **Consumo de litros de agua por persona dentro de la vivienda**

Actividad	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Usar el inodoro	15	15	14	16	13	14	17
						Total:	87
						Promedio:	12,43

Fuente: elaboración propia.

Cada persona que habita en la vivienda tienen un consumo de agua por utilizar el inodoro de 12,43 litros de agua diarios, lo que implica que se gastan

mensualmente 373 litros, lo que da un total consumido por las cuatro personas de 1 492 litros de agua.

Implementando el sistema ahorrador las personas si reutilizaran el agua podrían ahorrarse 1 492 litros captados de agua pluvial y utilizarlos en otro que hacer de la casa.



## **4. CAPACITACIÓN PARA LAS PERSONAS A QUIENES SE LES IMPLEMENTARÁN LOS SISTEMAS ECOLÓGICOS DENTRO DE LA VIVIENDA**

### **4.1. Planificación**

Según la planificación se tomarán en cuenta una serie de capacitaciones las cuales tendrán como finalidad enseñarle al consumidor final a conocer de una manera adecuada el uso y la utilización de los sistemas ecológicos para así poder verificar con el tiempo su buen funcionamiento, se contará con una serie de encuestas y *checklist* en donde se revisará el uso y mantenimiento correcto de cada uno de los mismos.

Esto tendrá como fin lograr que cada persona con una vivienda ecológica pueda aprovechar los recursos naturales, como el agua pluvial y hacer un uso adecuado de ella.

#### **4.1.1.1. Costo del evento**

A las personas que se les impartirán las charlas y capacitaciones no se les cobrará ningún precio por su participación.

A continuación se hará una descripción de lo que se necesitará para llevar a cabo el evento:

Tabla XL. **Costo por evento**

<b>Cantidad de personas por vivienda</b>	<b>Costo de alquiler por lugar</b>	<b>Costos varios (refrigerio, papelería y útiles)</b>	<b>Costo total</b>
4	Q.100,00 a Q.150,00	Q.50,00	Q.150,00 a Q.200,00

Fuente: elaboración propia.

## 4.2. Programación

Se desarrollará una calendarización de actividades para poder desarrollar la capacitación a las personas a las que se les implementarán los sistemas ecológicos, y los tipos de capacitaciones que se les impartirán con el fin de que comprendan el uso y funcionamiento de los mismos.

### 4.2.1. Programación de horarios

Dentro de los horarios para la organización de las actividades que se llevarán a cabo se colocarán los días y la hora en que se darán las conferencias impartidas por personas capacitadas en el tema de los sistemas ecológicos.

El horario de la capacitación es el que se muestra a continuación:

Tabla XLI. **Horarios de capacitación**

<b>DÍA</b>	<b>HORARIO</b>	<b>DURACIÓN DE LA CAPACITACIÓN AL MES</b>
Sábado	8:00 am a 12:00 pm	8 horas

Fuente: elaboración propia.

#### **4.2.1.1. Tiempo de ejecución de las capacitaciones**

Las capacitaciones, serán desarrollados los días sábados, ya que así no afectará las actividades laborales de las personas a las que se les implementarán los servicios y el horario de las capacitaciones serán en el transcurso de mañana, con un total de 2 sábados, esto dependerá del tipo de capacitación que se les dé.

#### **4.2.2. Calendarización de actividades**

La creación de la calendarización de actividades es necesaria para poder aplicar los conocimientos proporcionados por las capacitaciones a desarrollar, con el fin de tener un mejor control sobre las personas a las que se les dará la capacitación y poder darles un seguimiento de retroalimentación.

Dentro de la calendarización de actividades se propuso una hoja que se muestra en la tabla XLIII.



#### **4.2.3.1. Uso adecuado de los sistemas ecológicos**

Para el uso correcto y adecuado de los sistemas se informó a las personas de la sección de Gestión de la Calidad, del Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC, sobre la forma en que cada uno de ellos funcionaba. Para el primer sistema ecológico se mencionarán las celdas fotoquímicas, su elaboración es complicada ya que utilizan equipos y reactivos químicos.

Los reactivos son peligrosos y necesitan supervisión de personas que trabajan con dichos reactivos.

La elaboración de celdas fotovoltaicas utilizando placas de cobre es una manera más sencilla y menos costosa para generar pequeñas cantidades de corriente (mA.).

Las celdas son fáciles de colocar en un panel que está inclinado a 45 grados, se deslizan una tras otra, luego se colocan los lagartos, positivo (rojo) y negativo (negro) conectados en paralelo para la obtención de corriente.

Para la captación de agua de lluvia, la clave siempre serán: la inclinación que se le dé a la canaleta, los tanques adecuados para la captación.

La conexión de tubería de PVC no debe contener ninguna fuga para que el agua no se desperdicie, colocando desniveles en la división de cada filtro para que su funcionamiento sea en forma de cascada y así poder evitar el estancamiento del agua y que filtre de la mejor forma.

#### 4.2.4. Determinación de la cantidad de horas necesarias

Para la elaboración de los sistemas ecológicos se tomaron tiempos para tener un aproximado de cuanto se invertirá para armar los sistemas.

Tabla XLIII. **Horas empleadas para la elaboración de los sistemas ecológicos**

Sistema ecológico	Horas de elaboración
Celdas fotoquímicas con TiO <sub>2</sub>	1:35 min.
Celdas fotovoltaicas con placas de Cobre	2 horas
Canaletas con Bambú y PET	1:45 min.
Filtros	35 min.
Tanques almacenadores	25 min.
Total	6 horas

Fuente: elaboración propia.

#### 4.3. Metodología

La metodología que se utilizará principalmente serán las conferencias donde se expondrá la mejor forma de utilizar los sistemas ecológicos.

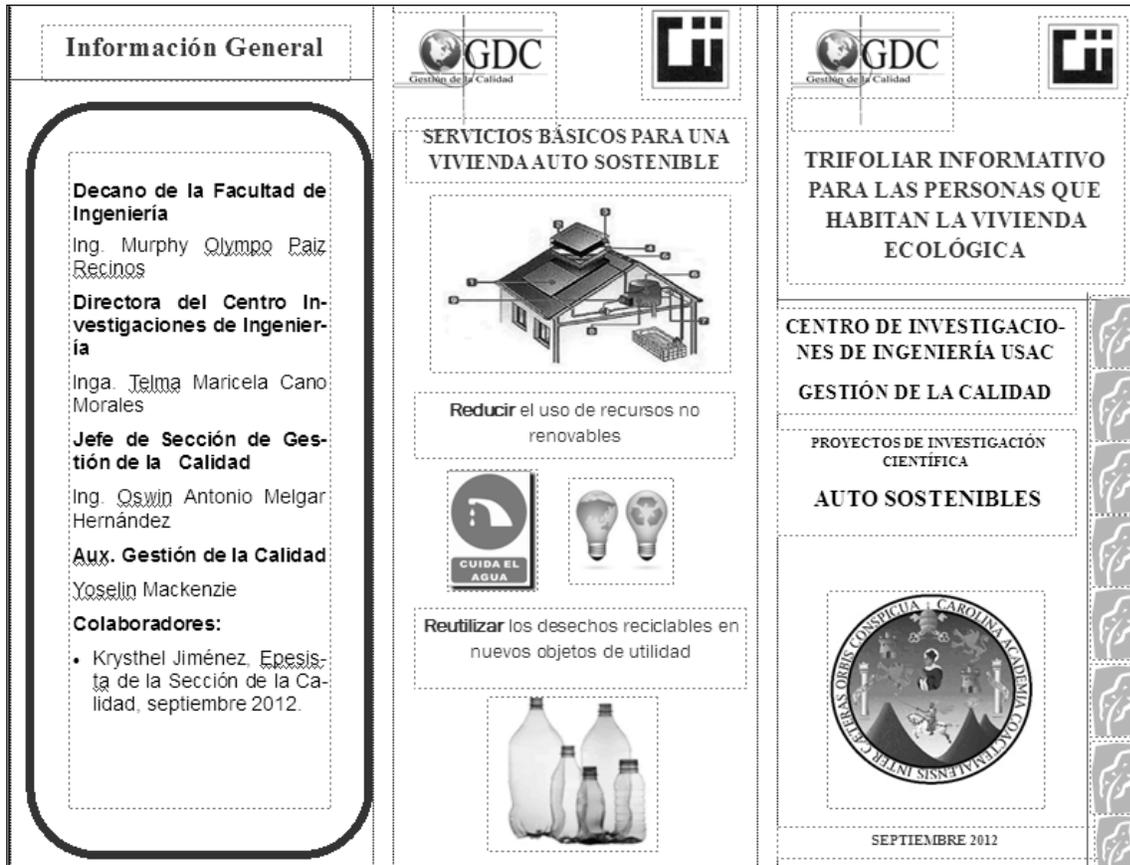
### **4.3.1. Conferencias**

El fin de impartir las conferencias es que se pueda explicar a las personas que vivirán dentro de la casa autosostenible, y exponerles nuevas técnicas o mejoras para los servicios, con lo que se busca que las personas interactúen con el conferencista y expongan sus dudas para ver de qué manera se pueden resolver.

#### **4.3.1.1. Trifoliar**

El trifoliar contiene la información necesaria para el reciclaje de los envases PET, que servirán para la creación de los paneles para las paredes ecológicas. Al igual que la creación de filtros con materiales ecológicos, su funcionamiento y el beneficio que tiene crearlos. Según figuras 88 y 89.

Figura 88. Propuesta para la portada del trifoliar informativo



Fuente: elaboración propia.

Figura 89. Propuesta para la parte informativa del trifoliar

<p style="text-align: center;"><b>VIVIENDA AUTOSOSTENIBLE</b></p>  <p style="text-align: center;"><b>Construcciones con diferentes técnicas y materiales</b></p> <p>Este concepto de vivienda tiene en cuenta las características propias de <i>biq</i>-construcciones, tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El sol, ahorro energético y utilización de energías renovables</li> <li>• Utilización de materiales naturales y transpirables</li> <li>• El reciclaje y la gestión racional del agua</li> <li>• La minimización de la contaminación electromagnética</li> <li>• El bajo costo económico y social</li> </ul> <p>El primer paso es hacer un estudio geobiológico del lugar.</p> <p>Los materiales pueden ser de adobe, piedra, madera, cáñamo paja etc, entre los reciclados: neumáticos, vidrios, contenedores, etc.</p> <p>Se implementarán servicios entre los cuales podemos mencionar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Captación de agua de lluvia</i></li> <li>• <i>Colectores solares con celdas fotovoltaicas</i></li> <li>• <i>Calentadores solares para agua</i></li> <li>• <i>Paneles solares</i></li> <li>• <i>Depurador solar de agua</i></li> <li>• <i>Filtros artesanales de agua</i></li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>ENVASES PET</b></p> <p>Los envases PET, pueden ser reutilizados para la construcción de paneles que servirán para crear paredes ecológicas.</p>  <p style="text-align: center;"><b>VENTAJAS DE RECICLAR</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Es innovador y ecológico</li> <li>• Se puede convertir en un proyecto industrial</li> <li>• Bajo costo de los envases PET reciclado</li> <li>• Los paneles elaborados se pueden utilizar en la construcción de las paredes para la vivienda</li> <li>• El consumo de materia prima es cotidiano, esto garantiza la existencia de la misma</li> </ul> 	<p style="text-align: center;"><b>CREACIÓN DE FILTROS ORGÁNICOS</b></p> <p>Para la creación de filtros con materiales orgánicos se utilizará: piedrín, piedra pómez y carbón activado. En el piedrín quedarán los sedimentos que están en el techo. La piedra pómez atraparà los sedimentos más diminutos. El carbón activado sirve como bactericida.</p> <p style="text-align: center;"><b>BENEFICIOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los materiales son de bajo costo, y fáciles de conseguir</li> <li>• El ensamblaje de los filtros es fácil</li> <li>• El agua pluvial se almacena en un tanque, para cuando pasa por los filtros, se almacena en otro, su filtración es rápida y confiable</li> </ul> 
---	---	---

Fuente: elaboración propia.

#### 4.4. Evaluación

Dentro de la evaluación se utilizarán hojas de *checklist*, y de ponderación de calificación del capacitador con el fin de darle seguimiento a las capacitaciones desarrolladas, con lo cual verificar el cumplimiento de las mejoras dentro del área de trabajo.

#### 4.4.1. Propuesta de encuesta durante la capacitación para el consumidor final

Este tipo de encuesta consiste en hacer una serie de preguntas a las personas que estarán viviendo en la casa autosostenible, durante las conferencias para verificar si el uso y funcionamiento de los servicios están siendo comprendidos. Según figura 90.

Figura 90. Propuesta de encuesta durante la capacitación

ENCUESTA PARA EL USUARIO FINAL		
Fecha: _____	No. de serie: _____	Nombre del evaluador: _____
A continuación se le hará una serie de preguntas, las cuales deberá responder para hacer mejoras dentro de los sistemas ecológicos que se le implementaron a la vivienda:		
<b>PREGUNTAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LOS SISTEMAS ECOLÓGICOS</b>		
Pregunta 1		
<input type="checkbox"/>	BUENO	<input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/> PUEDE MEJORAR
Pregunta 2		
<input type="checkbox"/>	BUENO	<input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/> PUEDE MEJORAR
Pregunta 3		
<input type="checkbox"/>	BUENO	<input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/> PUEDE MEJORAR
Pregunta 4		
<input type="checkbox"/>	BUENO	<input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/> PUEDE MEJORAR
Pregunta 5		
<input type="checkbox"/>	BUENO	<input type="checkbox"/> MALO <input type="checkbox"/> PUEDE MEJORAR
Observaciones		

Fuente: elaboración propia.

#### 4.4.2. Propuesta de hoja de *checklist* para la verificación del uso y funcionamiento de los sistemas ecológicos

Es una hoja de verificación en la cual, los formatos creados para la realización de actividades repetitivas y así poder tener un mejor control del uso y funcionamiento de los servicios ecológicos y verificar si las personas están obteniendo mejores resultados y le están dando un uso adecuado. Se usa principalmente para hacer comprobaciones sistemáticas. Según figura 91.

Figura 91. Propuesta de *checklist* para verificar el uso y funcionamiento de los sistemas ecológicos

CHECK LIST	
Servicio implementado: _____	
Nombre de usuario: _____	Fecha: _____ No. de serie: _____
Puntos verificados 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/>	Supervisor: _____
<b>1. Descripción a verificar</b>	
Pregunta 1	<input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> Puede mejorar
Pregunta 2	<input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> Puede mejorar
Pregunta n	<input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> Puede mejorar
<b>2. Descripción a verificar</b>	
Pregunta 1	<input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> Puede mejorar
Pregunta 2	<input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> Puede mejorar
Pregunta n	<input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> Puede mejorar
<b>3. Descripción a verificar</b>	
Pregunta 1	<input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> Puede mejorar
Pregunta 2	<input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> Puede mejorar
Pregunta n	<input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> Puede mejorar
<b>4. Descripción a verificar</b>	
Pregunta 1	<input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> Puede mejorar
Pregunta 2	<input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> Puede mejorar
Pregunta n	<input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> Puede mejorar
<b>n. Descripción a verificar</b>	
Pregunta 1	<input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> Puede mejorar
Pregunta 2	<input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> Puede mejorar
Pregunta n	<input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> Puede mejorar
<b>Observaciones</b>	
<div style="border: 1px solid black; height: 40px; width: 100%;"></div>	

Fuente: elaboración propia.

## **4.5. Resultados**

Dentro de los resultados se dará una breve explicación de lo que se puede mejorar con el uso de los sistemas ecológicos, sus ventajas y desventajas, para poder tener una mejora continua con el uso y funcionamiento de los mismos.

### **4.5.1. Mejoramiento del uso en los sistemas ecológicos**

Para el uso de los sistemas ecológicos se hicieron mejoras donde se puede mencionar:

- La creación de celdas fotovoltaicas de cobre, se analizó que con los marcos hechos de madera con el transcurrir del tiempo, la madera absorbe el agua y genera fugas en el sistema, para su mejoramiento se sustituyeron los palillos de madera por caucho de 1 centímetro de grosor de 10X12 centímetros. Se pueden mencionar algunas desventajas:
  - El precio de una plancha de caucho de 30X30 cm. tiene un valor de Q30,00.
  - Para cortar los rectángulos de caucho se debe utilizar herramienta apropiada, en este caso se utilizó una sierra de cinta, tomando las precauciones adecuadas para el uso de dicha máquina.
- Dentro de las ventajas al realizar dicha mejora se puede mencionar:
  - Mayor durabilidad, el caucho es un aislante, y por su composición química no permite la absorción de ningún líquido.

- Mejor manipuleo al construir los marcos para las celdas.
- Para mejorar la calidad del agua filtrada se agregaron dos tapones de cloro por los 75 litros de agua filtrada, esto fue para eliminar las bacterias por un tiempo mayor, que solo pasar por carbón activado.

#### **4.5.2. Detección de mejora continua para las necesidades de las personas dentro de una vivienda**

Para poder mejorar las necesidades a las que las personas se enfrentan dentro de su vivienda son las mismas, todos necesitan proveerse de agua potable, para preparar alimentos, para beber, para mantener limpia su ropa, ducharse, regar sus jardines, lavar su auto, cepillarse, etc., aunque unos con mayor proporción que otros.

En Guatemala llueve más de una tercera parte del año, con un aproximado de 1591,72 mm de lluvia, la cual se puede utilizar para reducir la tarifa de agua potable, ya que al excederse de los litros permitidos su costo aumenta. Se pueden mencionar algunas ventajas y desventajas que tendrá la recolección de agua de lluvia, tomando en cuenta las siguientes para mejorar las necesidades de las personas de escasos recursos:

- Ventajas
  - Mejora la calidad física y química del agua a utilizar.
  - Sistema independiente, ideal para comunidades dispersas y alejadas.

- No requiere energía eléctrica para la operación del sistema.
- Existe la posibilidad de usar recursos locales; como el bambú y el envase PET para la creación de canaletas.
- Fácil de operar y mantener, requiere poco tiempo para la recolección del agua de lluvia.
- Pueden ser utilizadas otras fuentes de agua en sitios donde las lluvias son poco frecuentes.
- Desventajas
  - Puede representar un relativo alto costo de inversión por el valor de los tanques y accesorios.
  - Funcional en zonas con lluvias permanentes.
  - La cantidad de agua almacenada, depende de la capacidad del tanque.
  - La calidad del agua debe ser monitoreada con pruebas de laboratorio físico-químicas y microbiológicas para evitar enfermedades.
  - Requiere mantenimiento, limpieza permanente de los filtros de piedrín, piedra pómez, carbón activado y desinfección suplementaria.

## CONCLUSIONES

1. Se formuló una propuesta para la construcción de un prototipo de casa autosostenible con materiales reciclados.
2. Los materiales que se utilizaron fueron reciclables y a bajo costo, como la creación de filtros con materiales orgánicos, canaletas hechas de bambú y envases PET, y la propuesta para las paredes ecológicas que serán de envases PET.
3. Con la propuesta para la elaboración de un techo a dos aguas con un área de 54,3819 metros cuadrados, se logra captar una cantidad de agua pluvial adecuada para satisfacer la demanda de las personas que habitarán la vivienda y esto se logra con la ayuda de canaletas colocadas en las caídas de agua, para luego pasar por un sistema de almacenaje y filtración.
4. Se crearon prototipos donde se aprovechó la luz solar para generar voltaje con la ayuda de un panel solar, no se obtuvieron los resultados esperados, ya que para poder generar la energía necesaria para iluminar una bombilla de 13 watts, se necesita un dieléctrico de mayor permitividad para generar un voltaje más alto, lo cual elevaría los costos de elaboración.

5. Con la propuesta de un sistema ahorrador de agua dentro de la vivienda, se podrá reutilizar el agua del lavamanos en el inodoro por gravedad, con este sistema las personas podrán ahorrarse 5 litros de agua por descarga.
  
6. Se proponen formularios de encuesta, *checklist*, al igual que trifoliales informativos para que los consumidores finales puedan tener un mejor control y un uso adecuado para los sistemas ecológicos dentro de la vivienda.

## RECOMENDACIONES

1. Para la creación de las paredes ecológicas se recomienda utilizar a dos empleados en una jornada diurna, para cumplir con las 9 semanas que durará el proyecto.
2. Darle a los filtros orgánicos un mantenimiento adecuado por lo menos dos veces al año, para evitar la contaminación del agua.
3. Al utilizar una mayor cantidad de carbón activado se podrá conseguir que las personas puedan beber el agua pluvial sin necesidad de hervirla.
4. Por el precio tan alto del yoduro de potasio, no se pudo conseguir un voltaje adecuado para encender una bombilla de 13 watts, ya que este dieléctrico es el que tiene mayor conductividad, por lo que se recomienda utilizar mayores cantidades de sal de mesa (NaCl), esta a su vez se obtiene a un precio favorable en el mercado.
5. Para minimizar el consumo innecesario de agua dentro de la vivienda, las personas deberán tener una conciencia ecológica y evitar así el desperdicio de tan vital líquido.
6. Al dar la inducción del uso adecuado de los sistemas ecológicos dentro de la vivienda, las personas deberán de adquirir un compromiso para utilizar de la mejor manera posible, tales sistemas.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Guatemala. RE-4 Reglamento Específico de Norma de Urbanización y Construcción de Proyectos Habitacionales de Interés Social del Municipio de Guatemala. *Ampliación de la regulación urbana municipal relativa a las normas de urbanización y construcción de vivienda de interés social o de quinta categoría*. Municipalidad de Guatemala, 2013. 27 p.
2. Empresa Municipal de Agua de la Ciudad de Guatemala. [en línea]. <<http://empagua.com/consultas-y-sugerencias>>. EMPAGUA. [Consulta: 1 de mayo de 2013].
3. Instituto Nacional de Sismología, Vulcanografía, Meteorología e Hidrología. [en línea]. <<http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/lluvia.jpg>>. INSIVUMEH [Consulta: 1 de mayo de 2013].
4. YOUNG FREEDMAN, Hugh D.; ROGER A. *Física universitaria, con física moderna. volumen 2*. 12a ed. México: Pearson Educación, 2009. 815 p.

