



DIVISION DE CIENCIAS Y ARTES PARA EL DISEÑO

Especialización, Maestría y Doctorado en Diseño

EL PET COMO SISTEMA ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCION DE MUROS EN LA VIVIENDA

Arq. Claudia Reyes Palapa

Tesis para optar por el grado de Maestra en Diseño

Línea de investigación Arquitectura Bioclimática

Miembros del Jurado

Dr. Aníbal Figueroa Castrejón

Dr. J Jesús Nieto Miranda

Directores de la tesis

Mtra. Adriana de la Luz Cisneros Ramos

Mtra. Gloria Castorena Espinosa

Mtro. Héctor Valerdi Madrigal

México, D.F a 9 de Diciembre del 2013.

Resumen

En la actualidad uno de los muchos problemas que aqueja a la sociedad es el tema del medio ambiente, el cambio climático y la contaminación ambiental, en los últimos años uno de los elementos que ha contribuido a la contaminación es el envase de pet, de uso muy común en la vida cotidiana actual. Existen diversos métodos de reciclaje del pet que permiten volver a utilizarlo, así mismo se tiene la inquietud de darle un segundo uso sin someterlo a algún tipo de transformación para aprovechar sus cualidades físicas.

En el presente trabajo se realiza una investigación que nos permite comprobar que el pet en un segundo uso se puede utilizar como un sistema constructivo alternativo. Se efectuó la construcción dos prototipos elaborados con botellas de pet, rellenándolas, el primero, con aserrín y el otro con tepetate, recubriendo ambos con concreto y finalmente con pintura color blanco en su exterior. Se colocaron dattalogers a 30, 60 y 90 cm en su interior para obtener la temperatura y la humedad diariamente durante el invierno y la primavera por periodos de 15 días, así mismo, en primavera, aplicando en ambos pintura blanca en su exterior, en un clima semi-frio seco.

Los resultados obtenidos indican que en el prototipo relleno de aserrín la temperatura, en el periodo de invierno, tomada a 30 cm es menor a las de 60 y 90 cm en las últimas horas del día. La humedad en esta misma prueba a 60 y 90 cm es casi la misma no así en 30 cm donde aumenta. La humedad exterior muestra menores porcentajes que en el interior. El prototipo relleno con tepetate en el periodo de invierno se comporta estable y presenta confort interno. Se registran temperaturas más bajas en el exterior por lo que deducimos que el material está conservando la temperatura en el interior. La humedad se incrementa a 90%, "a menor temperatura mayor humedad". Los resultados obtenidos posibilitan realizar una comparativa que permite identificar que ambos materiales pueden ocuparse para la construcción de muros, siendo el modelo con relleno de tepetate el que proporciona mayor estabilidad térmica en comparación con el de aserrín. En cuanto al tema de altos porcentajes de humedad podemos decir que se puede solucionar con controles estratégicos pasivos como promover la ventilación que nos permitirá deshumidificación o la ganancia solar directa en los días que nos indica el análisis climático, así mismo nos permitirá ubicar la temperatura en la zona de confort. Se realizó un análisis comparativo económico con materiales tradicionales, obteniendo como resultado que el muro construido con el material alternativo propuesto cuenta con un precio más bajo que el de materiales tradicionales.

Se concluye que el pet reutilizado es sistema alternativo de construcción de muros en la vivienda.



INDICE

Introducción	i
Planteamiento del problema	i
Justificación	ii
Objetivo	iii
Hipótesis general	iv
Hipótesis particulares	iv
Aportación	iv
Procedimiento	v
Metas	v
1. Generalidades	
1.1 ¿Qué es el Pet?	1
1.2 Surgimiento del Pet	1
1.3 Propiedades del Pet	2
1.4 Productos de Pet	3
1.4.1 Pet de grado textil	3
1.4.2 Pet de grado botella	3
1.4.3 Pet de grado film	4
1.5 Clasificación del Pet	4
1.5.1 Polietileno tereftalato	5
1.5.2 Polietileno de alta densidad	6
1.5.3 Policloruro de vinilo (pvc)	7
1.5.4 Polietileno de baja densidad (ldpe)	8



1.5.5 Polipropileno	9
1.5.6 Poliestireno	9
1.5.7. Otros	11
1.6 Procesos industriales de reutilización del Pet	13
1.6.1 Moldeo por extrusión	13
1.6.2 Moldeo por extrusión soplado	13
1.6.3 Inyección soplado	14
1.6.4 Moldeo baja presión.....	15
1.7 Reciclaje del Pet	15
2. Pet en la construcción	
2.1 En el mundo	19
2.1.1 Sistema de construcción con paneles de poliestireno expandido con inserto en mallas metálicas	19
2.1.2 Nuevos materiales para construcción: los plásticos reciclados	20
2.1.3 Ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados aptos para la autoconstrucción	21
2.1.4 Construcción con botellas	21
2.1.5 Autoconstrucción en Olavarría una experiencia en gestión y recursos humanos	22
2.1.6 Casa hecha con botellas de plástico en Nigeria	23
2.1.7 La casa de botellas pet, ejemplo de reutilización y arquitectura modular	23
2.1.8 EcoARK, impresionante edificio construido con botellas pet	24



2.2 En México	25
2.2.1 Crea el IPN técnica para construcción con pet y cartón	25
2.2.2 Diseñan prototipos de casas hechas con botellas de pet y con paja	26
2.2.3 Participación de la mujer en un sistema de autoconstrucción sustentable	27
2.2.4 Construyen casa de pet y vidrio en San Pablo del Monte, Tlaxcala	28
2.3 Propuesta	29
3. Modelo experimental para muros de pet	
3.1 Ubicación	31
3.2 Construcción de prototipo	31
3.3 Obtención de datos	38
3.4 Análisis climático	40
3.5 Análisis de costos	45
4 Modelo numérico	46
5 Resultados	
5.1 Modelo experimental	50
5.1.1 Obtención de datos	50
5.1.2 Análisis de costos	62
5.2 Modelo numérico	64

**6 Análisis de resultados**

6.1 Modelo experimental	69
6.1.1 Obtención de datos	69
6.1.2 Análisis de costos	78
6.2 Modelo numérico.....	79
6.3 Conclusiones	83

Bibliografía

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Productos de PET grado textil	3
Figura 1.2 Productos de PET grado botella	4
Figura 1.3 Productos de PET grado film	4
Figura 1.4 Clasificación de los termoplásticos	5
Figura 1.5 Diversos productos fabricados de Polietileno tereftalato	6
Figura 1.6 Diversos productos fabricados de Polietileno alta densidad	7
Figura 1.7 Productos fabricados de Policloruro de vinilo (PVC)	8
Figura 1.8 Productos fabricados de polietileno de baja densidad (LDPE)	8
Figura 1.9 Productos fabricados de polipropileno	9
Figura 1.10 Productos fabricados de poliestireno cristal	10
Figura 1.11 Productos fabricados de poliestireno alto impacto	10
Figura 1.12 Productos fabricados de poliestireno expandido	11
Figura 1.13 Productos fabricados de policarbonatos	12
Figura 1.14 Productos fabricados de nylon	12
Figura 1.15 Proceso de extrusión	13
Figura 1.16 Proceso de extrusión soplado	14
Figura 1.17 Proceso de inyección soplado	14
Figura 1.18 Proceso de moldeo baja presión	15
Figura 1.19 Selección manual de las botellas de PET	16
Figura 1.20 Retiro de etiquetas en botellas de PET	16
Figura 1.21 Lavado y secado de hojuelas de PET	17

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.22 Hojuelas limpias y almacenadas	17
Figura 1.23 Proceso de reciclado del PET	18
Figura 2.1 Paneles de poliestireno expandido con inserto en mallas metálicas	20
Figura 2.2 Productos obtenidos por el CEVE	20
Figura 2.3 Ladrillos desarrollados por el CEVE	21
Figura 2.4 Construcción hecha por Andreas Froese	22
Figura 2.5 Machimbloques empleados en el proyecto “El Hornero”	22
Figura 2.6 Vivienda construida en Nigeria con botellas de plástico	23
Figura 2.7 Vivienda construida con PET en Argentina	24
Figura 2.8 Edificio EcoARK construido en Taiwán	25
Figura 2.9 Construcción desarrollada por el IPN de PET y cartón en Yucatán	26
Figura 2.10 Construcción desarrollada por el CIDETEQ de PET y paja en Qro.	27
Figura 2.11 a) Bloque de concreto aligerado con envases de PET y b)Mujer participante en el proyecto durante la construcción de un muro para su vivienda	28
Figura 2.12 Muro de Casa construida con PET en Tlaxcala	29
Figura 3.1Ubicacion de los modelos construidos	31
Figura 3.2 Almacén de botellas en la UAM	32
Figura 3.3 Atención del personal del almacén	32
Figura 3.4 Selección fina de botellas	32
Figura 3.5 Traslado de botellas seleccionadas	32
Figura 3.6 Llenado de botellas	33
Figura 3.7 Corte de la parte superior	33
Figura 3.8 Corte del fondo de botella	33
Figura 3.9 Cilindro utilizados como conectores	34
Figura 3.10 Botellas con conector	34

INDICE DE FIGURAS

Figura 3.11 Trazo en el piso para armar panel	34
Figura 3.12 Botellas con conector	34
Figura 3.13 Botellas en sentido horizontal	35
Figura 3.14 Amarres con alambre recocado	35
Figura 3.15 Detalle de Amarres con alambre recocado	35
Figura 3.16 Perfil del panel	35
Figura 3.17 Paneles terminados listos para recibir aplanado	35
Figura 3.18 Panel de 1.22 x 1.22 con aplanado	36
Figura 3.19 Panel con 15cms de espesor	36
Figura 3.20 Colocación panel Sur	36
Figura 3.21 Colocación panel Poniente	36
Figura 3.22 Colocación panel Oriente	37
Figura 3.23 Colocación panel Norte	37
Figura 3.24 Colocación de techo y cinturón de acero	37
Figura 3.25 Sello de poliuretano en ranuras	37
Figura 3.26 Cubo pintado de color blanco pintura base agua	38
Figura 3.27 Data loggers empleados en la obtención de datos	39
Figura 3.28 Colocación de los Data loggers internos en el prototipo	39
Figura 3.29 Hoja de cálculo desarrollada por el Dr. Víctor Fuentes Freixnet	41
Figura 3.30 Rosas del viento mensuales	44
Figura 4.1 Corte realizado en el modelo.	46
Figura 4.2 Geometría del modelo prototipo reproducida en CAD	47
Figura 4.3 Mallado del modelo en el programa de elementos finitos	48
Figura 4.4 Posiciones consideradas en la simulación por MEF	49
Figura 5.1 Temperaturas en el periodo de invierno con PET relleno de aserrín	51
Figura 5.2 Humedad en el periodo de invierno con PET relleno de aserrín	51

Figura 5.3 Temperaturas en el periodo de primavera con PET relleno de aserrín	52
Figura 5.4 Humedad en el periodo de primavera con PET relleno de aserrín	53
Figura 5.5 Temperaturas en el periodo de primavera con PET relleno de aserrín y paredes Externas del cubo pintadas de blanco	54
Figura 5.6 Humedad en el periodo de primavera con PET relleno de aserrín y paredes externas del cubo pintadas de blanco	54
Figura 5.7. Temperaturas en el periodo de invierno con PET relleno de tepetate	56
Figura 5.8 Humedad en el periodo de invierno con PET relleno de tepetate	56
Figura 5.9 Temperaturas en el periodo de primavera con PET relleno de tepetate	57
Figura 5.10 Humedad en el periodo de primavera con PET relleno de tepetate	57
Figura 5.11 Temperaturas en el periodo de primavera con PET relleno de tepetate y paredes externas del cubo pintadas de blanco	58
Figura 5.12 Humedad en el periodo de primavera con PET relleno de tepetate y paredes externas del cubo pintadas de blanco	59
Figura 5.13 Comparativo de temperaturas internas registradas en primavera	59
Figura 5.14 Comparativo de humedades internas registradas en primavera	60
Figura 5.15 Comparativo de temperaturas internas registradas en invierno	60
Figura 5.16 Comparativo de humedades internas registradas en invierno	61
Figura 5.17 Vista frontal (ventana en el cubo) de la distribución de temperaturas obtenidas por MEF en el aire contenido en el centro del cubo con PET relleno de aserrín	65
Figura 5.18 Vista frontal (ventana en el cubo) de la distribución de temperaturas obtenidas por MEF en aire contenido en el centro de cubo con PET relleno de tepetate	66
Figura 5.19 Distribución de temperaturas obtenidas por MEF en el PET y el aserrín	67
Figura 5.20 Distribución de temperaturas obtenidas por MEF en el PET y el tepetate	68
Figura 6.1 Límites de confort temperatura y humedad horaria	69

INDICE DE FIGURAS

Figura 6.2 Temperaturas en el periodo de invierno con PET relleno de aserrín	69
Figura 6.3 Humedad en el periodo de invierno con PET relleno de aserrín	70
Figura 6.4 Temperaturas en el periodo de primavera con PET relleno de aserrín	70
Figura 6.5 Humedad en el periodo de primavera con PET relleno de aserrín	71
Figura 6.6 Temperaturas en el periodo de primavera con PET relleno de aserrín y paredes	71
Figura 6.7 Humedad en el periodo de primavera con PET relleno de aserrín y paredes externas del cubo pintadas de blanco	72
Figura 6.8 Temperaturas en el periodo de invierno con PET relleno de tepetate	72
Figura 6.9 Humedad en el periodo de invierno con PET relleno de tepetate	73
Figura 6.10 Temperaturas en el periodo de primavera con PET relleno de tepetate	73
Figura 6.11 Humedad en el periodo de primavera con PET relleno de tepetate	74
Figura 6.12 Temperaturas en el periodo de primavera con PET relleno de tepetate y paredes externas del cubo pintadas de blanco	74
Figura 6.13 Humedad en el periodo de primavera con PET relleno de tepetate y paredes externas del cubo pintadas de blanco	74
Figura 6.14 Comparativo de temperaturas internas registradas en invierno	75
Figura 6.15 Comparativo de humedades internas registradas en invierno	75
Figura 6.16 Comparativo de temperaturas internas registradas en primavera	76
Figura 6.17 Comparativo de humedades internas registradas en primavera	76
Figura 6.18 Vista frontal Norte (ventana en el cubo) de la distribución de temperaturas (K) obtenidas por MEF en el aire contenido en el centro del cubo con pet relleno de aserrín	79
Figura 6.19 Vista frontal Norte (ventana en el cubo) de la distribución de temperaturas(K) obtenidas por MEF en aire contenido en el centro de cubo con pet relleno de tepetate	80
Figura 6.20 Distribución de temperaturas obtenidas por MEF en el pet y el aserrín	81
Figura 6.21 Distribución de temperaturas obtenidas por MEF en el pet y el tepetate	82

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Población ocupada formal e informalmente por tipo de unidad económica empleadora	
textil	29
Tabla 3.1 Temperaturas y humedades horarias	42
Tabla 4.1 Mallado y sus propiedades utilizadas en la simulación por MEF.....	48
Tabla 5.1 Tabla de Datos de temperatura y humedad pet relleno de aserrín periodo de invierno	50
Tabla 5.2 Tabla de Datos de temperatura y humedad pet relleno de aserrín periodo de primavera	52
Tabla 5.3 Tabla de Datos de temperatura y humedad pet relleno de aserrín periodo de primavera con pintura blanca	53
Tabla 5.4 Tabla de Datos de temperatura y humedad pet relleno de Tepetate periodo de invierno	55
Tabla 5.5 Tabla de Datos de temperatura y humedad pet relleno de tepetate periodo de primavera	56
Tabla 5.6 Tabla de Datos de temperatura y humedad pet relleno de tepetate periodo de primavera con pintura blanca	58
Tabla 5.7 Precios unitarios pet relleno de tepetate	62
Tabla 5.8 Precios unitarios Pet relleno de aserrín	63
Tabla 5.9 Precios unitarios muro de tabicón	64
Tabla 6.1 Temperaturas y porcentajes promedio	77
Tabla 6.2 Comparativa de precios	78
Tabla 6.3 Comparativa de ahorro	78



Generalidades del Pet





1.1 ¿Qué es el pet?

El polietileno tereftalato (pet) según la Asociación Nacional del Envase de pet [1] (ANEP) de Madrid, España, es un polímero plástico que se obtiene mediante un proceso de polimerización de ácido tereftálico y monoetilenglicol. Es un polímero lineal, con un alto grado de cristalinidad y termoplástico en su comportamiento, lo cual lo hace apto para ser transformado mediante procesos de extrusión, inyección, inyección-soplado y termoformado, pertenece al grupo de materiales sintéticos denominados poliésteres.

El pet es un tipo de materia prima plástica derivada del petróleo, correspondiendo su fórmula a la de un poliéster aromático. Su denominación técnica es polietileno tereftalato o politereftalato de etileno, es un material plástico cuyos componentes químicos pueden ser deformados bajo la influencia del calor y de la compresión, conservando su nueva forma al enfriarse y dejar de deformarse o transformarse, pero que pueden ser nuevamente reblandecidos por el calor y vueltos a moldear.

En la vida cotidiana el pet se encuentra en diferentes presentaciones por ejemplo:

- Botellas de shampoo o detergentes.
- Envases de medicamento o de aceites comestible, industrial y de belleza.
- Cosméticos.

La presentación más común o de mayor consumo es el envase de agua, y sobre todo de bebidas carbonadas (refrescos).

1.2 Surgimiento del pet.

El pet fue patentado como un polímero para fibra por J. R. Whinfield y J. T. Dickson en 1941 [2]. La producción comercial de fibra de poliéster comenzó en 1955, a partir de ese momento, el pet ha presentado un continuo desarrollo tecnológico hasta lograr un alto nivel de sofisticación basado en el crecimiento de la demanda del producto a escala mundial y a la diversificación de uso.

La primera comercialización de pet grado botella se da en Estados Unidos, aunque a partir de 1974 ya se producía en Europa donde se fabricaban envases ligeros, transparentes y resistentes, principalmente para bebidas, los cuales al principio eran botellas gruesas y rígidas y en algunos casos de vidrio, hoy en día, sin perder sus excelentes propiedades como envase, son mucho más ligeros.



Es hasta mediados de los años ochenta cuando llega a México, su aparición ha traído una gran revolución y evolución en el mercado, convirtiéndose en el envase ideal para la distribución con extraordinarias cualidades para el transporte de bebidas y productos de consumo humano, ocupando uno de los primeros lugares de consumo en el mercado mundial.

1.3 Propiedades del pet.

a) Propiedades Químicas.

El pet tiene una buena resistencia en general especialmente a grasas, aceites, alimentos, soluciones diluidas de ácidos minerales, sales, jabones, hidrocarburos alifáticos y alcoholes, pero presenta poca resistencia a solventes, sustancias aromáticas y acetonas, entre otros.

Algunas características relevantes del pet son:

Biorientación: Esta propiedad mecánica y de barrera evita que la botella estalle al caer al piso.

Cristalización: Permite lograr resistencia térmica para utilizar bandejas termoformadas en hornos a elevadas temperaturas de cocción.

Esterilización: El pet resiste esterilización química con óxido de etileno y radiación gamma.

b) Propiedades Físicas.

El pet y su capacidad para cumplir diversas especificaciones técnicas han sido las razones por las que el material ha alcanzado un desarrollo relevante en la producción de fibras textiles desde su descubrimiento y en la producción de una gran diversidad de envases.

Entre las características más importantes que presenta el pet, se encuentran:

- Buenas propiedades térmicas.
- Buen comportamiento frente a esfuerzos permanentes.
- Muy buena barrera a CO₂ (bióxido de carbono) y aceptable barrera a O₂ (oxígeno) y humedad.
- Totalmente reciclable
- Cristalinidad.
- Alta resistencia al desgaste.



- Muy buen coeficiente de deslizamiento.
- Buena resistencia química.
- Aprobado para su uso en productos que deban estar en contacto con productos alimentarios.
- Ligero
- Alto grado de transparencia y brillo, que conserva el sabor y el aroma de los alimentos.

1.4 Productos de pet.

En el mercado existen 3 líneas de productos de pet que son:

1.4.1 Pet de grado textil. Fue empleado durante la segunda guerra mundial para reemplazar el algodón o el lino, a diferencia de otros materiales sintéticos, al poliéster (nombre común del pet de grado textil) se le reconoce por tener, para el proceso textil, alta resistencia a la deformación y estabilidad dimensional, así como el fácil cuidado de las prendas elaboradas de este material que consiste en secado rápido y no hay necesidad de planchar. Cabe mencionar que se utiliza realizando mezclas con algodón en diversos porcentajes, para rellenos de almohadas, lonas y otros artículos.



Figura 1.1 Productos de pet grado textil.

1.4.2 Pet de grado botella. Esta línea es tal vez la que más demanda ha tenido, desde su aparición en Europa ha experimentado un gran crecimiento debido a las características que ofrece en cuanto a resistencia contra agentes químicos, transparencia, ligereza, menores costos de fabricación y comodidad en su manejo.



Figura 1.2 Productos de pet grado botella.

1.4.3 Pet de grado film. Es empleado para la fabricación de film, todas las películas fotográficas, de rayos y de audio.



Figura 1.3 Productos de pet grado film.

Como se puede apreciar, la gama de productos que incluyen pet es muy grande y como consecuencia de los grandes niveles de consumo es la generación de residuos sólidos excesivos.

1.5 Clasificación de pet.

El código de identificación internacional indica la clasificación de lo termoplásticos, dicho código consiste en un icono de tres flechas formando un triángulo y en medio un número que va del 1 al 7.



Figura 1.4 Clasificación de los termoplásticos.

De acuerdo a las características que tienen cada una de las tres líneas que se mencionaron anteriormente para la selección correcta del pet y diferenciar unos de otros, existe un código de identificación mundial para los termoplásticos. A continuación se presentan las características de los termoplásticos así como los métodos de moldeo, usos y aplicaciones.

1.5.1 Polietileno tereftalato.

Características: Transparencia y brillo con efecto lupa, barrera de los gases, rígido, apto para producir frascos, botellas, películas, láminas, planchas y piezas, irrompible, admite cargas de colorantes, debe ser tratado antes de ser moldeado (secado), excelentes propiedades mecánicas, biorientable, cristalizable (permite lograr resistencia térmica para utilizar bandejas termo formadas en hornos a elevadas temperaturas de cocción) y liviano.

Métodos de moldeo: Inyección, extrusión, inyección/soplado, termoformado y extrusión de película plana.

Usos y aplicaciones: Se utiliza para envases de bebidas carbónicas, aguas minerales, aceites comestibles y medicinales, zumos, té, vinos y bebidas alcohólicas, detergentes y productos de limpieza, productos cosméticos, productos capilares, fármacos, salsas y otros alimentos, productos químicos y lubricantes, productos para tratamientos agrícolas, películas, alimentarios (ej. cobertura de empaques de sándwiches), cintas de audio/video, fotografía, aplicaciones eléctricas, electrónicas, embalajes especiales, blisters, rayos X.



Figura 1.5 Diversos productos fabricados de Polietileno tereftalato.

Otros usos: tubos, perfiles, marcos, paredes, construcción, piezas inyectadas y fibras textiles, entre otros.

Al pet reciclado se suele utilizar en fibras textiles (desde ropa, trajes y vestidos hasta mochilas) y en objetos como bandejas de comidas y reglas plásticas.

1.5.2 Polietileno de alta densidad.

Características: Rígido, económico, barrera a la humedad, resiste bajas temperaturas, excelente resistencia térmica y química, muy buena resistencia al impacto, es sólido, incoloro, traslúcido y casi opaco, es tenaz y a la vez muy ligero, presenta dificultades para imprimir, pintar o pegar sobre él, es reciclable, su superficie es lisa.

Métodos de moldeo: Inyección, rotomoldeo, extrusión-soplado, extrusión, extrusión de película plana, extrusión con soplado posterior.

Usos y aplicaciones: Dispositivos protectores (casco, rodilleras, coderas, guantes), envases (alimentos, productos químicos, artículos de limpieza, productos de belleza, voligoma, cremas, shampoo), contenedores (tachos de basura, cajas de herramientas, cajones, contenedores industriales, bidones, macetas, tapas de gaseosa), envases por película (leche, diversos alimentos, bolsas de residuos), productos de sección constante (tuberías, aislantes de cables).



Figura 1.6 Diversos productos fabricados de polietileno alta densidad.

1.5.3 Policloruro de vinilo (pvc).

Características: Es ligero y no inflamable por lo que es clasificado como material no propagador de la llama, tampoco conduce la electricidad, es un excelente material como aislante para cables, no se degrada, ni se disuelve en agua y además es totalmente reciclable, resistente a la intemperie, resistente a hongos y bacterias, no es tóxico, tiene un alto valor energético.

Métodos de moldeo: Calandrado, extrusión, inyección, soplado, vaciado, moldeo rotacional, sinterización, lecho fluidizado, aspersión, electricidad y electrónica, compresión, inmersión.

Usos y aplicaciones: Botellas de shampoo, botellas para aceite de cocina, frascos y botes (alimentos, fármacos, cosmética, limpieza, etc), carcasas y partes de computadoras, aislante de cables, enchufes, ropa impermeable, guantes, calzado (botas, zapatillas), marroquinería (bolsos, valijas, carteras, tapicería), goggles (gafas para natación), tapas de licuadoras, tapitas de bebida, paneles para tablero para el auto, manubrios de bicicleta, blisters, tubos y bolsas para sangre y diálisis, tarjetas de crédito, juguetes, muñecas, pelotas, juguetes playeros inflables, piscinas para niños, algunos artículos para el cuidado del bebé, tuberías para conducción de agua potable y sanitarios, mangueras, pisos, papel tapiz, muebles de jardín (reposeras, mesas, etc), piezas para muebles (manijas, rieles, burletes, etc), persianas.



Figura 1.7 Productos fabricados de policloruro de vinilo (pvc).

1.5.4 Polietileno de baja densidad (ldpe).

Características: Los polímeros de polietileno de baja densidad (ldpe) utilizados en la industria presentan buenas propiedades mecánicas. Se trata de polímeros con buena procesabilidad y resistencia al impacto, al rasgado y al punzonado, parcialmente amorfo y parcialmente cristalino.

Métodos de moldeo: Extrusión, inyección, troquelado, soplado en molde.

Usos y aplicaciones: Sus aplicaciones más importantes son bolsas y elementos para publicidad de varios tipos, bolsa para empaque congelados, tubería de riego, filmes para bolsas y saco, inyección de piezas técnicas, tuberías de polietileno de baja densidad están fabricadas con el adecuado porcentaje de negro de carbono que lo protege de la radiación ultravioleta, piezas para juguetes, tapas para envases usados en el hogar, envases de alta resistencia usados en laboratorios químicos y biológico.



Figura 1.8 Productos fabricados de polietileno de baja densidad (ldpe).



1.5.5 Polipropileno.

Características: Efecto bisagra, resistente a altas temperaturas. (135°C), barrera a los aromas, alta resistencia, liviano, alta transparencia y brillo, ya sea rígido, alta resistencia química, lo cual anula la posibilidad de contaminación de las sustancias en contacto con la pieza, aptitud de ser compuesto por otras sustancias, es un material fácil de reciclar, posee alta resistencia al impacto, posee una gran capacidad de recuperación elástica, es un material más rígido que la mayoría de los termoplásticos.

Métodos de moldeo: Inyección, extrusión, soplado por inyección, termoformado

Usos y aplicaciones: Aplicaciones para el hogar (muebles, juguetes, macetas, etc.), aplicaciones médicas y de higiene personal (jeringas desechables, pañales, etc.), industria automotriz (paragolpes, baterías, parlantes, etc.), alimenticia (envases de snack -golosinas, galletitas-, garrafones de agua, envases para yogurt, catsup, miel.



Figura 1.9 Productos fabricados de polipropileno.

1.5.6 Poliestireno.

a) Poliestireno cristal.

Características: Sólido, incoloro, rígido, frágil, flexibilidad limitada, aislamiento eléctrico, fácil procesamiento.

Métodos de moldeo: Inyección, extrusión, termoformado,



Usos y aplicaciones: Empaques de comida, estuches, casetes, papelería, envases desechables.



Figura 1.10 Productos fabricados de poliestireno cristal.

b) Poliestireno de alto impacto.

Características: Mejor resistencia al impacto que el poliestireno cristal, opaco, buena procesabilidad, copia detalles de molde con gran fidelidad,

Métodos de moldeo: Inyección, extrusión, termoformado

Usos y aplicaciones: Componentes para autos, juguetes, máquinas de afeitar desechables, artículos para PC (teclado, Mouse, etc.), artículos para el hogar, aparatos telefónicos, envases de productos lácteos.

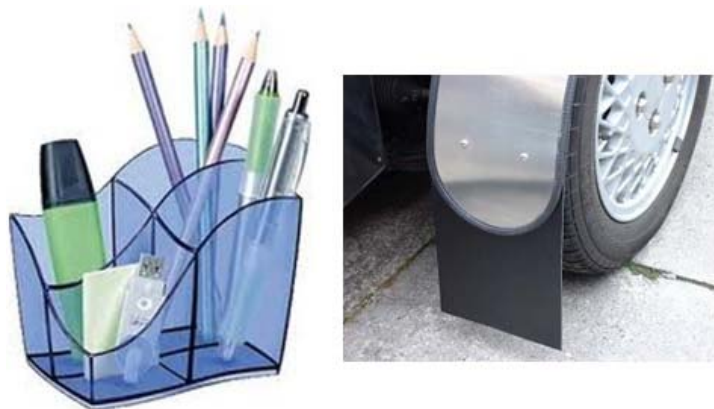


Figura 1.11 Productos fabricados de poliestireno alto impacto.



c) Poliestireno expandido.

Características: Ligero, resistente, color blanco, aislamiento térmico, higiénico no se descompone, pudre o enmohece, absorción de los impactos, poco peso, gran poder aislante, estable a las temperaturas y económico.

Métodos de moldeo: Termoformado, inyección

Usos y aplicaciones: En la construcción como aislante térmico y acústico, bandejas para alimentos congelados, envases de contacto directo con los productos alimenticios, tabla de surf, empaques y embalajes, vasos térmicos.



Figura 1.12 Productos fabricados de poliestireno expandido.

1.5.7. Otros.

a) policarbonatos.

Características: Es amorfo y transparente, aguanta temperatura de trabajo hasta 135°C y tiene altas propiedades mecánicas, tenacidad, y resistencia química. Es 250 veces más resistente al impacto que el vidrio, inflamable, excelente transmisión de luz, poco peso, menos de la mitad que el vidrio comparándolo con uno de igual espesor, se pueden trabajar curvas en frío, no propaga llama, aislamiento térmico, aislante acústico.

Métodos de moldeo: Varios.

Usos y aplicaciones: Carcasas de protección para maquinaria y equipos peligrosos, viseras para la cara, tapas para cuadros eléctricos, para casetas de obra, coches blindados, protección anti choque, señalización urbana y de carreteras, letreros, protección de anuncios luminosos, CDs y DVDs, lentes de sol, micas, materiales antibalas. Para la elaboración de resinas epoxicas -adhesivos e industria plástica,



resinas fenólicas-Industria de la madera y la carpintería, resinas amídicas - elementos moldeados como enchufes, asas de recipientes poliuretano- espuma de colchones, rellenos de tapicería.



Figura 1.13 Productos fabricados de policarbonatos.

b) Nylon.

Características: Cuenta con propiedades físicas parecidas a las de un metal, fácil moldeo, resistencia a temperaturas de trabajo de hasta 1200°C, resistencia al desgaste, deformaciones a elevadas temperaturas, uno de sus inconvenientes es que es absorbente y suele hincharse esto disminuye sus propiedades mecánicas.

Usos y aplicaciones: Elaboración de piezas que necesitan gran resistencia al desgaste, piezas sometidas a choques, sacudidas e inversiones de sentido, cojinetes



Figura 1.14 Productos fabricados de nylon.



1.6 Procesos industriales de reutilización del pet.

1.6.1 Moldeo por extrusión.

Consiste en moldear productos continuamente, ya que el material es empujado por un tornillo a través de un cilindro que se acaba en forma de boquilla, de esta manera produce una tira de longitud indefinida. Cambiando la forma de la boquilla se pueden obtener distintos perfiles. También se emplea este procedimiento para la fabricación de tuberías, inyectando aire a presión a través de un orificio en la punta del cabezal. Regulando la presión del aire consiguiendo tubos de distintos espesores.

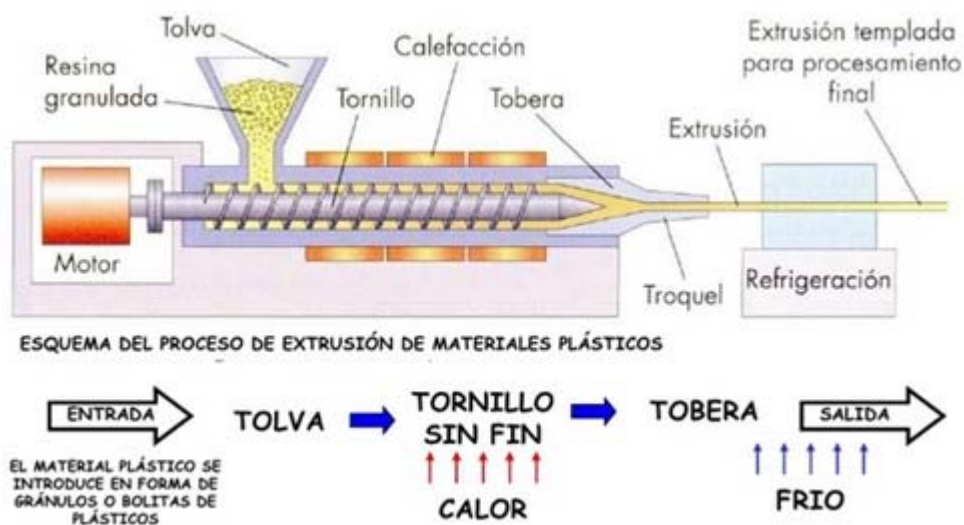


Figura 1.15 Proceso de extrusión.

1.6.2 Moldeo por extrusión soplado.

Este tipo de moldeo consiste en la fabricación de cuerpos huecos por medio de extrusión o inyección, y luego se modifica su forma bajo temperatura inyectando aire en un molde hueco cerrado frío, de esta manera se solidifica el plástico definitivamente a la forma que se requiera.

La extrusión permite producir versatilidad de formas simples, es posible producir envases con asa incorporada que se sopla conjuntamente con el cuerpo del envase. Con este sistema principalmente se fabrican envases de plásticos biodegradables.

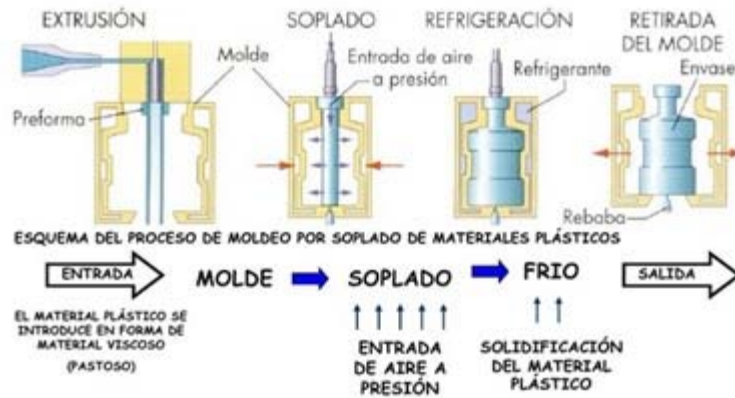


Figura 1.16 Proceso de extrusión soplado.

1.6.3 Inyección soplado.

De esta manera se moldean por inyección las preformas con espesores de pared variables, posteriormente la preforma caliente se estira de forma controlada (calculando el tamaño) y se inyecta finalmente aire para que el contacto con las paredes frías del molde endurezcan el envase de modo casi instantáneo.

La inyección-estirado-soplado nació para fabricar envases para bebidas carbónicas en materiales transparentes.

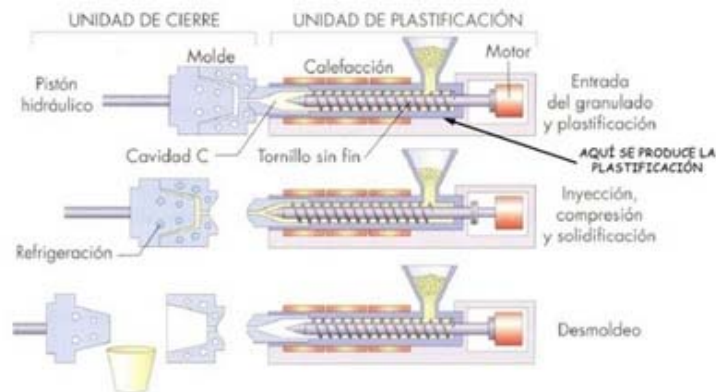


Figura 1.17 Proceso de inyección soplado.



1.6.4 Moldeo baja presión.

Se emplea para dar forma a láminas plásticas mediante la aplicación de calor y presión hasta adaptarlas a un molde. Se emplean dos procedimientos:

-Se efectúa el vacío absorbiendo el aire que hay en la lámina y el molde, de tal manera que esta se adapte a la forma del molde. Este tipo de moldeo se emplea para la obtención de envases de productos en moldes que producen la forma de los objetos.

-Se aplica aire a presión contra la lámina de plástico hasta adaptarla al molde. Este procedimiento se denomina moldeo por soplado, como en el caso de la extrusión, aunque sean dos técnicas diferentes. Se emplea para la fabricación de cúpulas, piezas huecas etc.

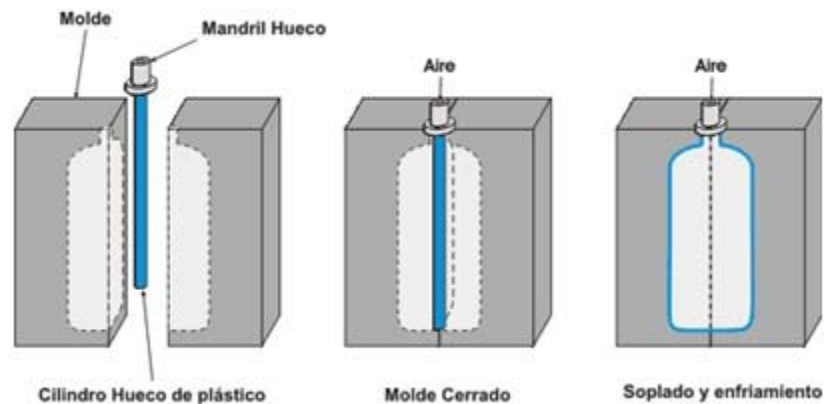


Figura 1.18 Proceso de moldeo baja presión.

1.7 Reciclaje del pet.

Para comenzar con el reciclaje del pet el primer paso para su recuperación es la selección manual de las botellas en una banda transportadora, este paso es extremadamente importante, porque si el pet se contamina con pvc, su valor comercial disminuirá drásticamente. Dependiendo de su nivel de contaminación, puede quedar inservible. Otro motivo por lo que es muy recomendable este primer paso es porque en esta etapa es relativamente fácil separar las botellas de pvc de las botellas pet. Una vez molidas, la separación es casi imposible, debido a los pesos específicos similares de estos dos materiales.



Figura 1.19 Selección manual de las botellas de pet.

El siguiente paso es llevar al material a un equipo rascador de etiquetas donde dentro de un baño de agua se remueven las etiquetas y además se perforan las botellas. De esta manera entra agua a su interior y se aplastan con facilidad. Este equipo, se utiliza con frecuencia, tiene en su interior barras y segmentos de cintas helicoidales soldadas sobre una flecha, por medio de las cuales es posible eliminar el 80% de las tapas y etiquetas de las botellas.



Figura 1.20 Retiro de etiquetas en botellas de pet.

La operación utiliza solamente agua a temperatura del ambiente, sin detergentes y sin aditivos químicos, logrando un material recuperado con suficiente limpieza para la mayoría de las aplicaciones.

Para lograr un alto grado de limpieza en el material recuperado, el agua se puede calentar, el agua caliente ocasiona un ligero cambio en la coloración de las botellas de pvc por lo tanto facilita la identificación de aquellas botellas que no han sido separadas durante el proceso de selección manual.

Ocasionalmente, en lugar de este equipo rascador de etiquetas se puede utilizar un equipo turbo lavador, llamado también lavador por fricción. Este equipo puede desgarrar y lavar directamente las botellas

Posteriormente, las botellas pasan a otra banda transportadora permitiendo su inspección y la eventual selección de algunas botellas de pvc. Esta banda alimenta a un molino que tritura las botellas bajo el



agua, produciendo hojuelas grandes, las cuales alimentan a uno o dos equipos de lavado y flotado para separar las tapas y las etiquetas.

De esta manera las hojuelas de pet quedan muy limpias. El siguiente paso es secar las hojuelas y conducir las a otro molino triturador que las reduce de tamaño para que sean apropiadas para extrusión o inyección.



Figura 1.21 Lavado y secado de hojuelas de pet.

Finalmente las hojuelas se transportan por un turboventilador a un silo de almacenaje que permite llenar cajas, contenedores o costales. Este ventilador además de transportar el material también elimina la humedad remanente que puede tener el material reciclado.



Figura 1.22 Hojuelas limpias y almacenadas.

Estos equipos permiten adaptarlos a diferentes condiciones y a diferentes cantidades de producciones según requerimientos de producción. Aunque estos equipos utilizan grandes cantidades de agua, la cual se puede tratar para su reutilización en el mismo proceso o para otras finalidades.



En ciertos casos las hojuelas, ya limpias, se pueden filtrar en un equipo de extrusión pre cristalizándolas y listas para realizar nuevamente el moldeo

La figura 1.23 muestra el proceso completo de reciclado del pet y sus diferentes etapas, algunas descritas anteriormente.

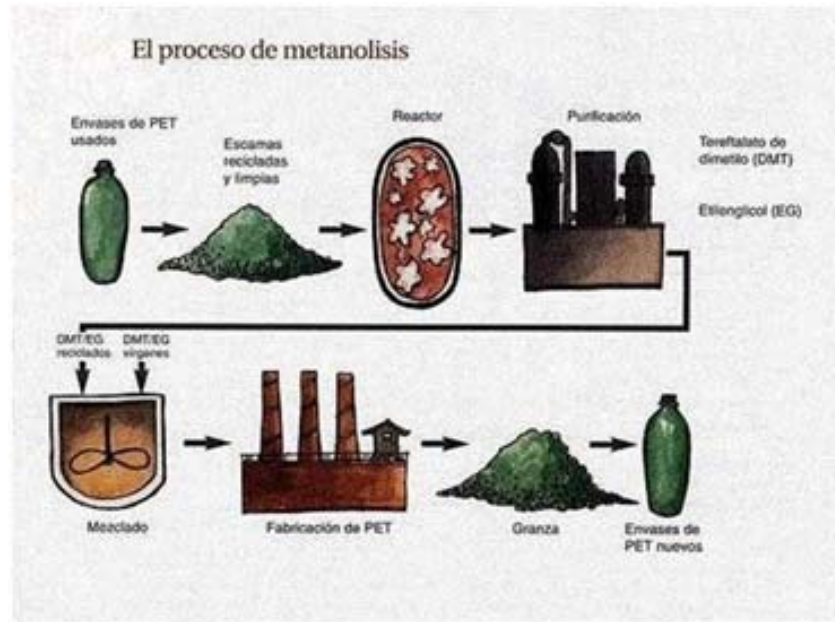


Figura 1.23 Proceso de reciclado del pet.



Pet en la construcción





2. PET EN LA CONSTRUCCION

2.1 EN EL MUNDO

En la actualidad existen a nivel mundial una gran variedad de propuestas para reutilizar y reciclar el pet en la construcción de vivienda, con la finalidad de favorecer a las comunidades de escasos recursos principalmente y de ayudar a limpiar el ambiente.

El pet como materia prima nace en Europa, y existen diversos ejemplos de vivienda construida a base de botellas y de otros desechos industriales que van desde papel, llantas, cartones, pasando por los restos de autos chocados.

En Latinoamérica la reutilización y reciclaje de este ha tenido éxito en los últimos años en países como Honduras, Uruguay, México y sobre todo en Argentina, donde han tenido gran auge los proyectos con eco-tecnologías, elaborando elementos útiles para la vivienda como son tanques para contener agua o mobiliario para la misma vivienda.

Otros ejemplos significativos los podemos encontrar en Taiwán e Inglaterra y algunos otros en África específicamente Nigeria.

A continuación se enlistan algunos ejemplos de la utilización y reciclado del pet en la construcción de vivienda.

2.1.1 Sistema de construcción con paneles de poliestireno expandido con inserto en mallas metálicas.

Este sistema de construcción innovador resistente a los sismos y con altas propiedades de aislamiento termo-acústico tiene más de 30 años de antigüedad, utilizándose para edificar casas y departamentos en diferentes países de todos los continentes. Ver figura 2.1.

Varios experimentos en distintos países demostraron (por la ligereza de los paneles que facilita su desplazamiento, transporte e instalación) una significativa reducción de los tiempos de ejecución de obra en comparación a los sistemas tradicionales de construcción, abaratando los costos de la obra hasta en más del 20%.

Distintos ensayos y pruebas de laboratorio en España y otros países del mundo demostraron que los paneles de poliestireno expandido inserto en mallas metálicas poseen alta resistencia para soportar cargas estructurales [3].



Figura 2.1 Paneles de poliestireno expandido con inserto en mallas metálicas.

2.1.2 Nuevos materiales para construcción: los plásticos reciclados.

El Centro Experimental de la Vivienda Económica de Córdoba (CEVE) propone una nueva alternativa tecnológica para la producción de la vivienda de interés social más económica y ecológica que otros sistemas constructivos tradicionales, basado en un reciclado integral de los plásticos mencionados, para la fabricación de elementos constructivos, triturados y mezclados con cemento portland, en reemplazo de los áridos de un hormigón tradicional [4]. Ver figura 2.2.



Figura 2.2 Productos obtenidos por el CEVE.



2.1.3 Ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados aptos para la autoconstrucción.

El CEVE desarrolla tecnología sustentable utilizando como materia prima plásticos reciclados, ha perfeccionado componentes de construcción livianos, de buena aislación térmica, y resistencia mecánica suficiente para cumplir la función de cerramiento lateral de viviendas (figura 2.3).

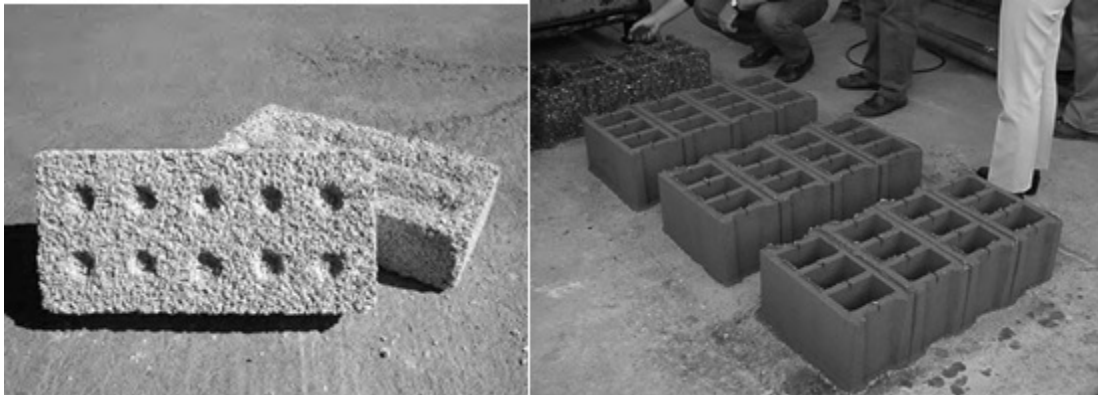


Figura 2.3 Ladrillos desarrollados por el CEVE.

2.1.4 Construcción con botellas.

La iniciativa que surgió hace siete años en Honduras, ya se ha propagado en Bolivia, Brasil, Argentina y Colombia. Sus promotores argumentan que al dejar de percibir los plásticos como inservibles se genera un mayor cuidado del ambiente y se promueve el desarrollo social de las clases menos favorecidas, ya que pueden acceder a vivienda propia a bajos costos.

Andreas Froese, el alemán que ideó la técnica de construir con plástico (figura 2.4), asegura que las botellas son más duraderas que los bloques de concreto que comúnmente se utilizan en las construcciones. Según él, los envases plástico pueden durar hasta 300 años, incluso mucho más que el cemento empleado para unirlos. Para la construcción de una casa ecológica pueden usarse, aproximadamente, unas 8.000 botellas [5].

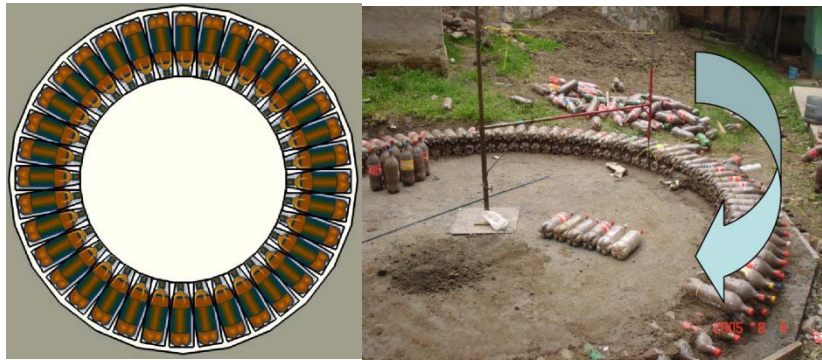


Figura 2.4 Construcción hecha por Andreas Froese.

2.1.5 Autoconstrucción en Olavarría una experiencia en gestión y recursos humanos.

Una experiencia de autoconstrucción asistida se realiza en Olavarría, provincia de Buenos Aires, planeada por la municipalidad a través de la dirección de vivienda, con la participación de las facultades de ingeniería y ciencias sociales de la Universidad Nacional del Centro.

Sobre la base de algunos principios básicos, tanto en lo referente al problema general de la vivienda como a los aspectos característicos de la autoconstrucción, se realiza esta experiencia que se gestiona a partir de la confluencia de dos grupos de investigación: INDUSVIV (industrialización de viviendas) de la facultad de ingeniería y NURES (núcleo regional de estudios sociales) de la facultad de ciencias sociales, la asociación vecinal Hipólito Irigoyen y el instituto municipal de la vivienda.

El programa comunal de autoconstrucción “El Hornero” (figura 2.5) en un principio fue de 800 viviendas en cuatro años. Ahora, a los tres años de implementado, supera las 1000 viviendas, muchas de las cuales se encuentran habitadas [6].

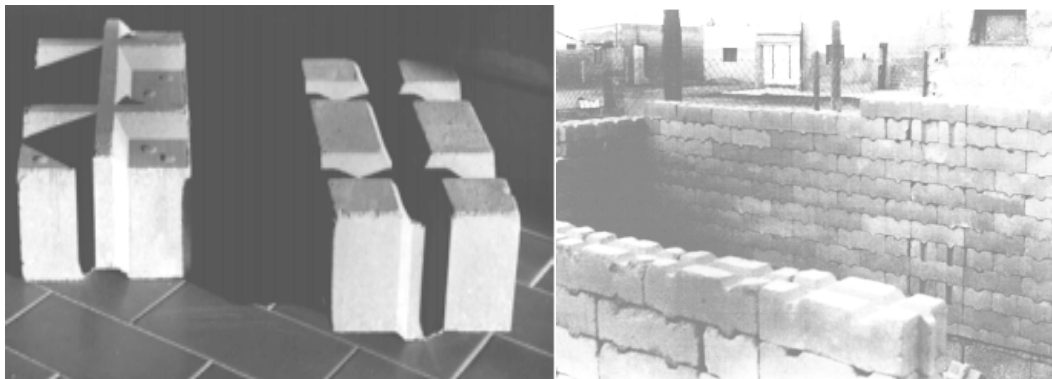


Figura 2.5 Machimbloques empleados en el proyecto “El Hornero”.



2.1.6 Casa hecha con botellas de plástico en Nigeria.

Situada en la villa de Sabon Yelwa, en Nigeria, la casa hecha con botellas de plástico de 2 habitaciones será una forma de “resolver las falta de casas en Nigeria y a la vez ayudará a eliminar la contaminación del medio ambiente” (figura 2.6).

La estructura de la casa está formada por botellas de plástico rellenas con arena, cada una con un peso aproximado de tres kilos. Las botellas son colocadas en filas y se unen utilizando una mezcla de barro y cemento con una compleja red de cuerdas, proporcionando soporte adicional a toda la estructura. Se han utilizado unas 14 mil botellas en la construcción, que fueron obtenidas como donaciones.

La casa es a prueba de fuego, de balas y resistente a los terremotos, con una temperatura interior que se mantiene constante en 18 grados centígrados. Además ha sido diseñada para minimizar la cantidad de desechos que emite [7].



Figura 2.6 Vivienda construida en Nigeria con botellas de plástico.

2.1.7 La casa de botellas pet, ejemplo de reutilización y arquitectura modular.

Se trata de una pequeña vivienda tropical localizada al norte de Argentina, donde se encuentra la casa ecológica de botellas de plástico con costo prácticamente cero (figura 2.7), que reutiliza cientos de botellas pet de dos litros recuperadas de la basura. Las dimensiones de la casa son razonables y puede construirse de manera permanente o provisional. Las paredes se levantan a partir de columnas realizadas con botellas se cortan las botellas por la mitad e introducen el cuello de una de las mitades dentro de la otra mitad. El mobiliario de la casa (cama, sofás, mesas) también está construido con botellas de plástico y con otros objetos reutilizados [8].



Figura 2.7 Vivienda construida con PET en Argentina.

2.1.8 EcoARK, impresionante edificio construido con botellas pet.

El sorprendente edificio apodado EcoARK (figura 2.8), ha sido construido ensamblando 1,5 millones de botellas de plástico para lanzar el mensaje de la importancia del reciclaje. Ubicado en Taiwan cuenta con tres plantas de altura, el EcoARK cuenta con un anfiteatro, un salón de exposiciones y una cascada de agua de lluvia usada como acondicionador de aire. El edificio, además de resultar ligero y movable, puede resistir la embestida de los terremotos [9].

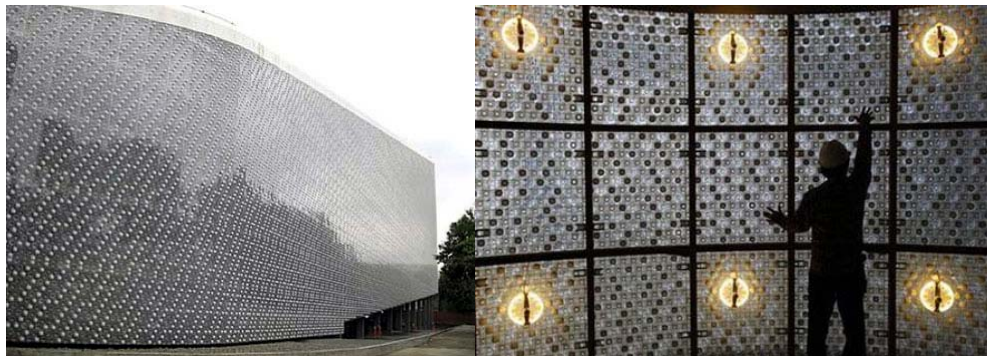


Figura 2.8 Edificio EcoARK construido en Taiwan.



2.2 EN MÉXICO

En nuestro país las propuestas para la reutilización y reciclaje de pet en la construcción son variadas y se ha dado en diversos lugares de la república, dichas propuestas tienen diferentes finalidades cuyo objetivo principal será dejar beneficios tanto al ambiente como a las personas que en ellas habiten.

Es tarea primordial de la mejora de vivienda con materiales reciclados, en este caso el pet, y se ha estado dirigiendo a las personas que más lo necesitan para que cuenten con un lugar estable, sólido, cómodo, habitable y decoroso para realizar sus actividades primarias y cotidianas.

Por otra parte con estos sistemas constructivos se pueden desarrollar viviendas, escuelas, iglesias, bares, clínicas, etc., cualquier lugar que se desee construir con un presupuesto menor al que se pudiera ocupar con materiales convencionales.

A continuación veremos algunos ejemplos de vivienda construida con pet que se han realizado en varios estados de la república, la mayoría apoyados por alguna institución como la UAM, UNAM e IPN, entre otras.

2.2.1 Crea el IPN técnica para construcción con PET y cartón.

Investigadores del Instituto Politécnico Nacional desarrollaron una técnica de construcción de vanguardia con ferrocemento y materiales de desecho como el pet y cartón (figura 2.9). Esta técnica permite la edificación de casas, escuelas o clínicas rurales, resistente a sismos, pero también a huracanes, como se demostró en el centro comunitario fabricado con ferrocemento en la costa de Yucatán y que resistió el embate del huracán Gilberto [10].

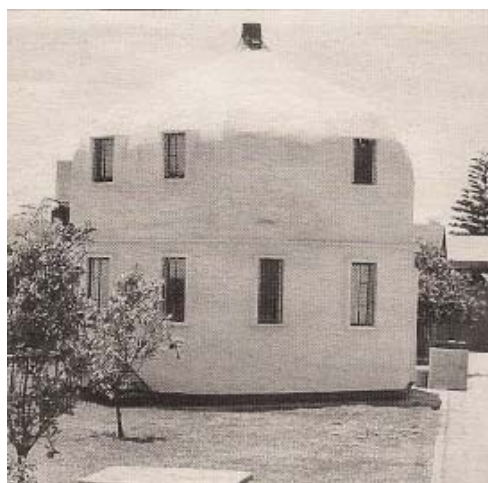


Figura 2.9 Construcción desarrollada por el IPN de pet y cartón en Yucatán.



2.2.2 Diseñan prototipos de casas hechas con botellas de PET y con paja.

En Querétaro integrantes del Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica (CIDETEQ) realizan un proyecto para la construcción de casas en comunidades urbanas y rurales de escasos recursos con botellas de plástico pet y pacas de paja (figura 2.10). Los especialistas diseñaron el prototipo de una vivienda con habitaciones de 9 metros cuadrados, que pusieron a prueba en diversas comunidades de Querétaro.

Las construcciones de botellas pet, viables también en ambientes urbanos, requieren de los cimientos tradicionales como castillos, trabes y cadenas, sobre los cuales se edifican los muros a partir de envases de plástico de 600 mililitros, rellenos de arcilla.

Es necesario cuidar el aspecto integral de la obra: bajo costo, impacto al entorno, buen aprovechamiento y tratamiento de agua, sistemas pasivos de ahorro de energía como la iluminación y la ventilación naturales, así como el aprovechamiento eficiente de la luz artificial y el manejo adecuado de residuos, para que sean un alivio real a las necesidades individuales y colectivas de las comunidades para las que han sido diseñadas [11].



Figura 2.10 Construcción desarrollada por el CIDETEQ de pet y paja en Qro.



2.2.3 Participación de la mujer en un sistema de autoconstrucción sustentable.

En Saltillo, Coahuila, se desarrolla el proyecto de innovación tecnológica aplicado a la autoconstrucción, su objetivo es probar tecnologías alternativas que permitan a la población de escasos recursos construir o ampliar sus viviendas. El proyecto se orientó a la población femenina, donde las esposas estuvieran dedicadas "al hogar". La razón por la que la propuesta está dirigida a este perfil fue que se partió del supuesto que consiste en reconocer en la estructura familiar la existencia de un "tiempo libre" (figura 2.11).

Los prototipos se diseñaron para la edificación de los muros a base de paneles de concreto aligerados con envases de pet de desecho (envases de refrescos de dos litros). Las mujeres participantes fueron elegidas con base en un estudio de factibilidad.

El proyecto de investigación consistió, en una parte, en determinar la factibilidad técnica de un desarrollo tecnológico para ser aplicado en la autoconstrucción de vivienda de bajo costo. Sin embargo, la principal aportación de este desarrollo es la participación activa de la mujer y ama de casa como factor principal en la mejora de su patrimonio familiar. El proyecto tuvo el objetivo de probar la viabilidad de una tecnología basada en el empleo de un sistema constructivo sustentable. Los resultados muestran que el sistema constructivo a base de muros de concreto aligerado con envases de pet tiene propiedades mecánicas similares a los materiales de construcción comerciales y posee un fuerte enfoque de sustentabilidad con mucho, superior a los sistemas constructivos existentes [12].

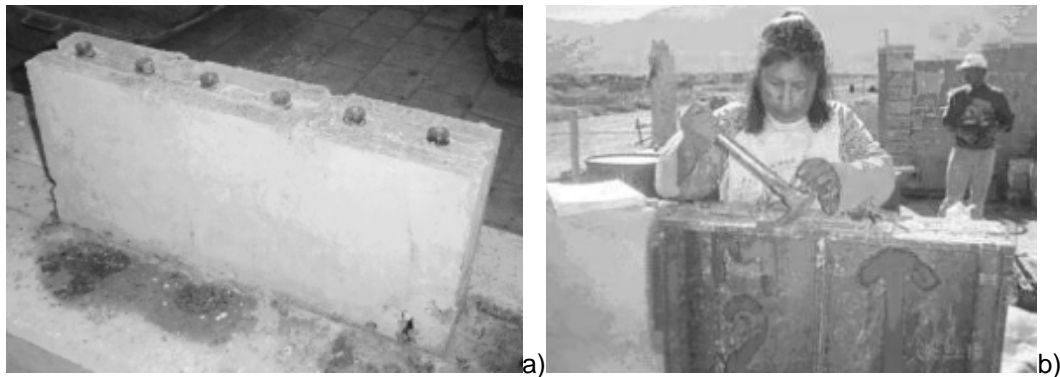


Figura 2.11 a) Bloque de concreto aligerado con envases de pet y b)Mujer participante en el proyecto durante la construcción de un muro para su vivienda.



2.2.4 Construyen casa de PET y vidrio en San Pablo del Monte, Tlaxcala

Es la primera casa hecha con botellas de plástico en el país que se construye en San Pablo del Monte, Tlaxcala, donde un pequeño grupo de voluntarios unen esfuerzos para proteger el ambiente y dignificar la vida de una familia marginada.

Se construye la primera casa hecha de botellas de pet, adaptada a la zona geológica de nuestro país y por ser una zona sísmica que necesita cimientos y muros de carga. Se seleccionan las botellas por tamaños y colores, les llaman “LADRIBOTELLAS”, van acostadas una tras otra, se repellan con mezcla con materiales naturales como tepetate, huevos podridos y sangre proveniente de los rastros. Se repella y se hacen los acabados (figura 2.12). Las medidas de la casa es 30 m², cuenta con dos recamaras, un baño y una sala comedor. La botella es 20 veces más resistente que un block convencional. Su costo aproximado es de 100 mil pesos [13].



Figura 2.12 Muro de Casa construida con pet en Tlaxcala.

2.3 PROPUESTA

En la actualidad, la preocupación y el reto principal del sector de vivienda es el de atender la demanda de las familias que tengan necesidad de está, en algunos casos pueden obtener un crédito mediante una institución gubernamental para quienes tienen un empleo formal e incluso combinándolo con un crédito mancomunado con una institución bancaria.

En nuestro país el desempleo es un grave problema pues el índice de desempleo y los empleos informales ocupan un gran porcentaje, como podemos observar en la tabla 2.1.



Tabla 2.1 Población ocupada formal e informalmente por tipo de unidad económica empleadora. [14]

Tipo de unidad económica	Población ocupada		
	Total	Formal	Informal
Sector informal	14,221,779	--	14,221,779
Trabajo doméstico remunerado	2,202,107	64,185	2,137,922
Empresas, gobierno e instituciones	25,570,482	18,816,934	6,753,548
Ámbito agropecuario	6,737,884	580,110	6,157,774
Total	48,732,252	19,461,229	29,271,023

Esto indica que el reto principal para el sector vivienda es atender a las familias de menores ingresos que no pertenecen al sector formal de la economía que les permita tener un ingreso suficiente para ser sujetos de crédito de una institución financiera.

De acuerdo a los ejemplos que se pudieron apreciar anteriormente nos podemos dar cuenta que todos los proyectos tienen un denominador en común, que es dar a las familias de escasos recursos en cualquier país una vivienda en donde puedan cubrir sus necesidades primarias, además de ayudar al ambiente y evitar el calentamiento global, la contaminación y cualquier otra anomalía que los desechos puedan afectar al planeta, incluso se ocupan de documentar la resistencia del material mediante pruebas de compresión. Pero hasta el momento ninguno de los proyectos ha mencionado estudios o pruebas realizados para demostrar que el ambiente interior es confortable, no se documentan temperaturas interiores, mediante las cuales es posible indicar el confort ambiental interno que tiene la casa, que le permitan al habitante disfrutar de cierto confort.

Tomando en cuenta estos parámetros, la presente propuesta es una alternativa para construir una vivienda digna, habitable, decorosa con una inversión mínima y la mano de obra se puede llevar a cabo con todos los miembros que en ella vayan a habitar (auto construcción).

En la presente investigación se han realizado estudios climáticos, donde se pueden observar los grados de temperatura y porcentajes de humedad que se dan en el interior de la habitación, los cuales permitirán aplicar algunas estrategias de diseño utilizando sistemas pasivos de climatización. Para asegurar que el habitante tendrá confort sin tener que ponerse o quitarse alguna prenda para conseguirlo.

Por otra parte el acomodo de las botellas es diferente con respecto a los ejemplos anteriormente vistos, de esta manera se pueden realizar paneles que permitirá construir modularmente, con un grosor óptimo como si fuera un muro de tabique convencional, amarrado con alambre utilizando botellas vacías como conectores entre botella y botella y reforzando con malla electro soldada 66-10-10 y repellido con cemento arena, todo esto permite poder integrar cada panel a la estructura previamente construida.

Se realiza un análisis numérico-experimental de la propuesta de construcción que se presenta.



Modelo experimental para muros de Pet





3. MODELO EXPERIMENTAL PARA MUROS DE PET.

El modelo experimental consistió en construir 2 modelos elaborados a base de pet y mortero cemento arena, con la finalidad de medir las temperaturas internas y externas, así como la humedad, de esta manera conocer cuál es el comportamiento térmico de estos materiales.

3.1 UBICACIÓN

Los modelos fueron construidos y colocados en la azotea de una vivienda ubicada en Andrés Molina Enríquez # 412 entre calle Balderas y autopista México Pachuca, San Pedro Xalostoc. Estado de México. En una latitud de $19^{\circ}32'31.05''$ norte, en longitud $99^{\circ}11'19.29''$ oeste (figura 3.1).



Figura 3.1 Ubicación de los modelos construidos.

3.2 CONSTRUCCION DEL PROTOTIPO.

Se construyeron dos cubos (modelos A y B) de 1.22 m por lado y tiene 1 5cm de grosor, cada una de las caras de los cubos se construyó a base de botellas de pet de 600 ml de diámetro exterior de 68 mm con

CAPITULO 3. MODELO EXPERIMENTAL PARA MUROS DE PET.



un espesor mínimo de 0.190 mm y mortero en proporciones de 1:5, "como revoque" tendrá la plasticidad y consistencia necesarias para adherirse, de tal forma que al endurecer resulte un conjunto monolítico, en sus paredes laterales y en la parte superior mientras que el panel inferior solo se construyó con concreto.

El material ocupado en la construcción fue donado por el almacén de materiales de reciclado en la Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco. En donde se encuentra en bolsas de polietileno esperando a que se las lleven a ser recicladas, ahí el personal me permitió seleccionar las botellas únicamente de 600 mililitros ya que ellos las almacenan revueltas de diferente tamaños, de ahí las traslado al lugar donde serían rellenas (figuras 3.2 -3.5).



Figura 3.2 Almacén de botellas en la UAM.



Figura 3.3 Atención del personal del almacén.



Figura 3.4 Selección final de botellas.



Figura 3.5 Traslado de botellas seleccionadas.



Previo al llenado de las botellas se estabiliza el material, tanto tepetate como el aserrín, para utilizarlo libre de humedad. Así mismo se requiere de guantes de látex y cubre bocas para comenzar el llenado de la botella, durante el proceso de llenado nos auxiliamos con una varilla o madera para evitar que queden espacios huecos dentro de la misma, posteriormente se tapan con la misma tapa rosca (figura 3.6).



Figura 3.6 Llenado de botellas.

Para la union entre botella y botella en sentido vertical se utiliza una botella a la cual se le corta tanto el fondo como la parte superior con la finalidad de que nos queden un cilindro que nos sirva como conector y ayude a la estabilidad del panel (figuras 3.7-3.10).



Figura 3.7 Corte de la parte superior



Figura 3.8 Corte del fondo de botella.



Figura 3.9 Cilindros utilizados como conectores.



Figura 3.10 Botellas con conector

Se trazó en el piso un cuadro de 1.22 x 1.22 m en donde se mediría el tamaño para ir armando el panel (figura 3.11). Se realiza fila de 5 botellas en sentido vertical para dar la altura al panel y en sentido horizontal 19 botellas las cuales se alinean auxiliándose de alambre recocido. Para dar forma al panel se coloca malla electro soldada 6-6-10-10 por ambos lados del panel de botellas, haciendo amarres con las botellas y de esta manera evitar se separen y pueda aplicarse el aplanado sin problema y llenando los huecos entre botellas (figuras 3.12-3.19).

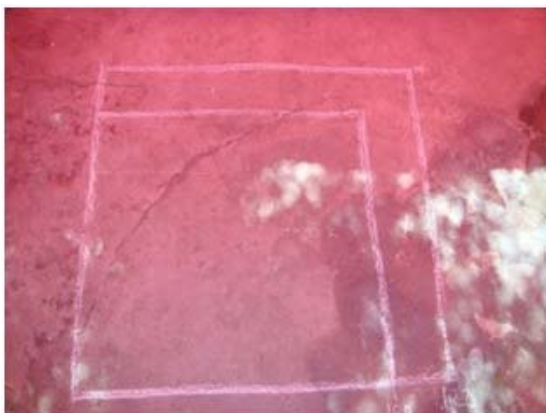


Figura 3.11Trazo en el piso para armar panel.



Figura 3.12 Botellas con conector.



Figura 3.13 Botellas en sentido horizontal



Figura 3.14 Amarres con alambre recocido



Figura 3.15 Detalle de Amarres con alambre recocido



Figura 3.16 Perfil del panel.



Figura 3.17 Paneles terminados listos para recibir aplanado.



Figura 3.18 Panel de 1.22x1.22m con aplinado.



Figura 3.19 Panel con 15cm de espesor.

Una vez armados los paneles se levantan para formar las paredes con los paneles formados con las botellas y empatarlos hasta formar el cubo, para evitar se separen durante el tiempo que estarán armados se sujetan con un cinturón de acero de 2" de ancho, alrededor de este, cubriendo las esquinas del cubo y la de la ventana con espuma de poliuretano para evitar fugas durante el tiempo de mediciones (figuras 3.20-3.25).



Figura 3.20 Colocación panel sur.



Figura 3.21 Colocación panel poniente.



Figura 3.22 Colocación panel Oriente



Figura 3.23 Colocación panel Norte



Figura 3.24 Colocación de techo y cinturón de acero.



Figura 3.25 Sello de poliuretano en ranuras.

Cada cubo tiene su particularidad, las botellas se rellenaron con diferentes materiales para realizar la comparación de comportamiento térmico del pet en cada uno, posteriormente se pintaron de blanco con pintura a base de agua (figura 3.26).



Figura 3.26 Cubo pintado de color blanco pintura base agua.

Las botellas de pet del cubo A fueron llenas de aserrín. El aserrín es un material que se genera del proceso de la madera y se obtiene en los lugares donde se trabaja la madera, sea carpinterías, madererías, fábricas de muebles de madera, y principalmente en aserraderos.

Las botellas de pet del cubo B fueron llenas de tepetate. El tepetate es un material que se destaca por su compactación o cementación, y poca retención de humedad que evita el desarrollo de la vegetación. En la construcción se usa para la estabilización de suelo en zonas de suelos suaves, color del amarillo al blanco, se encuentra en mantos de gran espesor, a cielo abierto, extracción con pico, pala, cincel, marro y es un material ligero.

3.3 OBTENCIÓN DE DATOS

Cabe mencionar que en cada cubo se deja una ventana de 20 x 20 cm en una de las caras para colocar dispositivos electrónicos Data loggers que registran datos de humedad, temperatura y punto de rocío; de marca Lascar Electronics tipo EasyLog EL-USB (figura 3.27), con la finalidad de evitar el contacto con otro material y afecte la medición que se registre con el dispositivo electrónico se colocaron suspendidos en el interior del cubo a la mitad del panel superior a 30, 60 y 90 cm en la parte media del cubo midiendo de arriba hacia abajo (figura 3.28) y otro en el exterior al lado norte a la mitad del cubo.



Figura 3.27 Data loggers empleados en la obtención de datos.



Figura 3.28 Colocación de los Data loggers internos en el prototipo.

La medición se realizó en dos periodos, uno en invierno y el otro en primavera. Un tercer periodo en primavera en el cual la variable era pintar los cubos con pintura blanca a base de agua en el exterior. En



una laptop marca Dell tipo Vostro 1320 fueron capturadas las lecturas de los Data loggers en promedio por 20 días cada media hora.

3.4 ANÁLISIS CLIMÁTICO

El clima es complejo, aunque se aprecie relativamente sin cambios varía ampliamente de un lugar a otro de la atmósfera, todo este conjunto define el estado físico del clima de un lugar dado en tiempo y periodo determinados, algunos elementos climáticos que lo componen son la temperatura, la humedad, la presión atmosférica, la velocidad y dirección del viento, la precipitación, la radiación solar y la nubosidad. Estos datos son obtenidos complementando datos de las normales climatológicas otorgadas por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) [15] y del Servicio Meteorológico Nacional [16].

En nuestro caso de estudio, localizado en San Pedro Xalostoc, para realizar el análisis climático y obtener los diagramas bioclimáticos se empleó la hoja de cálculo desarrollada por el Dr. Víctor Fuentes Freixanet, quien forma parte del laboratorio de investigaciones en arquitectura bioclimática del Departamento de Medio Ambiente para el Diseño de la División de Ciencias y Artes para el Diseño de la Universidad Autónoma Metropolitana.

La hoja de cálculo contiene los siguientes elementos que definen las características del clima en la zona de interés para el presente estudio:

- 1.- En la parte superior izquierda se encuentra el nombre de la localidad que nos ocupa, así como el periodo en el que se toman en cuenta las normales climatológicas.
- 2.-El clima y bioclima según Kôpen García.
- 3.- Latitud, longitud y altitud.
- 4.-Temperatura
- 5.- Humedad.
- 6.-Presion
- 7.-Precipitación
- 8.-Radiación solar
- 9.-Fenomenos Especiales
- 10.-Viento



CLIMA		Cb (w0)(w)(f)g
BIOCLIMA		SEMI-FRÍO SECO
LATITUD	19° 31'	
LONGITUD	99° 06'	
ALTITUD	2235 msnm	

Tabla de Datos Climáticos

ite	PARAMETROS	U	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
TEMPERATURAS															
A	MAXIMA EXTREMA	°C	24.7	25.4	28.4	30.0	30.2	28.0	25.8	25.3	25.7	24.5	24.3	24.0	30.2
A	MAXIMA	°C	21.8	23.3	25.7	26.7	26.7	24.9	23.4	23.4	22.9	22.7	22.5	21.6	23.8
A	MEDIA	°C	12.8	14.1	16.5	18.0	18.8	18.5	17.4	17.4	17.2	15.9	14.4	13.3	16.2
A	MINIMA	°C	3.9	5.0	7.3	9.3	10.9	12.0	11.5	11.4	11.4	9.1	6.3	4.9	8.6
A	MINIMA EXTREMA	°C	1.3	1.1	4.9	7.2	9.0	10.3	10.0	9.7	9.5	6.3	2.7	2.1	1.1
D	OSCILACION	°C	17.9	18.3	18.4	17.4	15.8	12.9	11.9	12.0	11.5	13.6	16.2	16.7	15.2
HUMEDAD															
A	TEMP.BULBO HUMEDO	°C	8.1	9.1	10.2	11	12.1	13	12.7	13	12.6	11.2	9.9	8.5	11.0
D	H.R. MAXIMA	%	78	71	65	66	76	88	95	96	95	90	86	84	82.5
A	H.R. MEDIA	%	55	50	46	47	54	64	70	71	71	66	62	60	59.7
D	H.R. MINIMA	%	32	29	27	28	32	40	45	46	47	42	38	36	36.8
A	TENSION DE VAPOR	mb	8.2	8.1	8.7	9.6	11.2	12.8	13.2	13.3	13.3	11.8	10.2	9.2	10.8
E	EVAPORACION	mm	97.5	113.4	169.4	161.7	151.2	117.5	100.4	96.2	89.5	92.8	84	79.4	1,353.0
PRESION															
A	MEDIA	hp	773.9	773.7	773.7	773.7	773.9	773.9	774.8	774.8	773.9	774.7	774.8	774.5	774.2
PRECIPITACION															
A	MEDIA	mm	9.3	5.9	11.5	24.7	51.9	116.5	121.7	121.7	96.1	42.2	8.0	7.6	617.1
A	MAXIMA	mm	51.0	35.6	50.5	86.0	122.5	225.3	218.0	251.1	183.5	133.4	39.2	32.1	251.1
A	MAXIMA EN 24 HRS.	mm	35.0	16.5	33.2	41.0	29.9	42.7	51.0	69.0	44.5	62.3	18.1	19.0	69.0
A	MAXIMA EN 1 HR.	mm	1.5	0.7	1.4	1.7	1.2	1.8	2.1	2.9	1.9	2.6	0.8	0.8	2.9
A	MINIMA	mm													0.0
RADIACION SOLAR															
B	RADIACION MAXIMA TOTAL	W/m2	645.0	748.0	797.0	750.0	718.0	632.0	617.0	636.0	637.0	628.0	610.0	571.0	665.8
B	RADIACION MAXIMA DIRECTA	W/m2	474.0	572.0	603.0	534.0	489.0	406.0	389.0	408.0	416.0	424.0	428.0	396.0	461.6
D	RADIACION MAXIMA DIFUSA	W/m2	171.0	176.0	194.0	216.0	229.0	226.0	228.0	228.0	221.0	204.0	182.0	175.0	204.2
A	INSOLACION TOTAL	hr	178.2	201.6	216.1	186.2	184.0	138.6	135.2	147.8	118.9	151.0	170.1	150.5	1,978.2
FENOMENOS ESPECIALES															
A	LLUVIA APRECIABLE	días	1.90	2.40	3.10	6.70	10.70	15.80	19.20	17.40	13.80	7.40	2.60	2.00	103.00
A	LLUVIA INAPRECIABLE	días													0.00
A	DIAS DESPEJADOS	días													0.00
A	MEDIO NUBLADOS	días													0.00
A	DIAS NUBLADOS	días													0.00
A	DIAS CON ROCIO	días													0.00
A	DIAS CON GRANIZO	días	0.00	0.00	0.10	0.10	0.30	0.10	0.30	0.30	0.20	0.10	0.00	0.00	1.50
A	DIAS CON HELADAS	días													0.00
A	DIAS CON TEMP.ELEC.	días	0.00	0.00	0.10	0.20	0.40	0.40	0.80	0.90	0.30	0.10	0.10	0.00	3.30
A	DIAS CON NIEBLA	días	3.90	2.40	2.20	2.20	3.40	3.30	4.40	3.60	3.80	5.80	3.60	5.70	44.30
A	DIAS CON NEVADA	días													0.00
A	VISIBILIDAD DOMINANTE	m	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
VIENTO															
C	DIRECCION DOMINANTE		E	E	O	NE	N	N	NO	NO	N	NO	N	NE	N
C	VELOCIDAD MEDIA	m/s	0.7	0.9	1.9	0.9	1.2	1.1	0.9	0.9	0.8	1.0	0.9	0.8	1.0
C	VELOCIDAD MAXIMA	m/s	1.8	2.4	1.9	1.5	1.2	1.3	1.4	1.1	0.9	1.0	1.5	2.3	2.4

A Normales Climatológicas de la red sinóptica básica de superficie y estaciones climatológicas de primer orden, (1951,1980) Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos D.G.S.M.N.

B Cálculo de la Radiación Solar Instantánea en la República Mexicana. J.F. Zayas I.I. UNAM 472. 1983

C Atlas del agua de la República Mexicana. SARH

D Datos calculados.

E Datos de Presa Tacubaya (19° 23' - 99° 13'); Normales Climatológicas de la red sinóptica básica de superficie y estaciones climatológicas de primer orden, (1970,1980)

E Datos calculados según: Docherty and Szokolay, Climate Analysis, PLEA & The University of Queensland, 1999

Figura 3.29 Hoja de cálculo desarrollada por el Dr. Víctor Fuentes Freixanet.



Tabla 3.1 Temperaturas y humedades horarias

BOGOTÁ, COLOMBIA, 1991-1999	
CLIMA	Cb (wO)(wT)g
BIOCLIMA	SEMI-FRÍO SECO
LATITUD	19° 31'
LONGITUD	99° 05'
ALTITUD	2235 msnm

TEMPERATURA				HUMEDAD RELATIVA			
Máx	mín	med	var	Máx	mín	med	var
25.1	20.1	22.6	2.5	70.0	30.0	50.0	20.0

MES	Tm	Tm	Tmed
Enero	21.8	3.9	12.8
Febrero	23.3	5.0	14.1
Marzo	25.7	7.3	16.5
Abril	28.7	9.3	18.0
Mayo	28.7	10.9	18.8
Junio	24.9	12.0	18.5
Julio	23.4	11.5	17.4
Agosto	23.4	11.4	17.4
Septiembre	22.9	11.4	17.2
Octubre	22.7	9.1	15.9
Noviembre	22.5	6.3	14.4
Diciembre	21.6	4.9	13.3
ANUAL	23.8	8.6	16.2

TEMPERATURA																								PRO
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	PRO
8.3	6.8	5.6	4.7	4.1	3.9	4.4	6.0	8.3	11.2	14.3	17.3	19.7	21.3	21.8	21.6	21.0	20.1	18.8	17.3	15.5	13.7	11.8	10.0	12.8
9.5	8.0	6.7	5.8	5.2	5.0	5.5	7.1	9.5	12.4	15.6	18.7	21.1	22.7	23.3	23.1	22.5	21.5	20.2	18.7	16.9	15.0	13.1	11.2	14.1
11.9	10.3	9.1	8.1	7.5	7.3	7.9	9.5	11.9	14.9	18.1	21.1	23.5	25.1	25.7	25.5	24.9	23.9	22.7	21.1	19.3	17.5	15.5	13.7	16.5
13.7	12.2	11.0	10.1	9.5	9.3	9.8	11.3	13.6	16.5	19.5	22.3	24.7	26.2	26.7	26.5	25.9	25.0	23.8	22.4	20.7	18.9	17.1	15.3	18.0
14.9	13.5	12.4	11.6	11.1	10.9	11.4	12.7	14.8	17.4	20.2	22.7	24.9	26.2	26.7	26.5	26.0	25.2	24.1	22.8	21.2	19.6	18.0	16.4	18.8
15.3	14.2	13.3	12.6	12.1	12.0	12.4	13.5	15.3	17.4	19.7	21.7	23.4	24.5	24.9	24.8	24.4	23.7	22.8	21.7	20.5	19.2	17.9	16.6	18.5
14.4	13.4	12.6	12.0	11.6	11.5	11.9	12.9	14.4	16.3	18.4	20.4	22.0	23.0	23.4	23.3	22.9	22.2	21.4	20.4	19.2	17.9	16.7	15.5	17.4
14.4	13.4	12.5	11.9	11.5	11.4	11.8	12.8	14.4	16.4	18.4	20.4	22.0	23.0	23.4	23.3	22.9	22.3	21.4	20.4	19.3	18.0	16.8	15.5	17.4
14.3	13.3	12.5	11.9	11.5	11.4	11.8	12.8	14.3	16.3	18.3	20.1	21.6	22.6	22.9	22.8	22.4	21.8	21.0	20.1	19.0	17.9	16.7	15.5	17.2
12.5	11.4	10.4	9.7	9.2	9.1	9.5	10.7	12.5	14.7	17.1	19.3	21.1	22.3	22.7	22.6	22.1	21.4	20.5	19.3	18.0	16.6	15.2	13.8	15.9
10.4	9.0	7.8	7.0	6.5	6.3	6.8	8.2	10.3	13.0	15.8	18.4	20.6	22.0	22.5	22.3	21.8	21.0	19.8	18.5	16.9	15.2	13.6	11.9	14.4
9.1	7.7	6.5	5.6	5.1	4.9	5.4	6.9	9.1	11.9	14.8	17.5	19.7	21.1	21.6	21.4	20.9	20.0	18.9	17.5	15.9	14.2	12.5	10.8	13.3
12.4	11.1	10.0	9.2	8.7	8.6	9.0	10.4	12.4	14.9	17.5	20.0	22.0	23.3	23.8	23.6	23.1	22.3	21.3	20.0	18.5	17.0	15.4	13.8	16.2

MES	HRM	HRm
Enero	78	32
Febrero	71	29
Marzo	65	27
Abril	66	28
Mayo	76	32
Junio	88	40
Julio	95	45
Agosto	96	46
Septiembre	95	47
Octubre	90	42
Noviembre	86	38
Diciembre	84	36
ANUAL	83	37

HUMEDAD RELATIVA																								PRO
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	PRO
66	70	74	76	77	78	77	73	67	59	51	44	37	33	32	33	34	36	40	43	48	53	57	62	55
60	64	67	69	71	71	70	66	61	54	46	40	34	30	29	29	31	33	36	39	44	48	52	56	50
55	59	61	63	65	65	64	61	56	49	43	37	31	28	27	27	29	31	33	36	40	44	48	52	46
56	60	62	64	66	66	65	62	57	50	44	38	32	29	28	28	30	32	34	37	41	45	49	53	47
65	69	72	74	76	76	75	71	65	58	50	43	37	33	32	32	34	36	39	43	47	52	56	61	54
76	80	83	86	87	88	87	82	76	68	60	52	46	41	40	41	42	45	48	52	57	61	67	71	64
82	87	90	93	94	95	93	89	83	74	66	58	51	47	46	46	47	50	53	57	62	67	73	78	70
83	88	91	94	95	96	94	90	84	75	67	59	52	48	46	47	48	51	54	58	63	68	74	79	71
83	87	90	93	94	95	94	89	83	75	67	59	53	48	47	48	48	52	55	59	64	68	74	78	71
78	82	85	88	89	90	89	84	78	70	62	54	48	43	42	43	44	47	50	54	59	63	69	73	66
74	78	81	84	85	85	85	80	74	66	58	50	44	39	38	39	40	43	46	50	55	59	65	69	62
72	76	79	82	83	84	83	78	72	64	56	48	42	37	36	37	38	41	44	48	53	57	63	67	60
71	75	78	81	82	83	81	77	71	64	56	48	42	38	37	37	39	41	44	48	53	57	62	67	60



Se aprecia que la temperatura máxima es extrema y durante los meses de enero, febrero, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre se encuentran en la zona de confort. Mientras que los meses restantes se mantiene en 30° C.

La temperatura máxima durante los meses de enero, febrero, marzo, junio, julio, agosto, septiembre octubre, noviembre y diciembre se encuentran en la zona de confort, mientras que en los meses restantes es mínima la oscilación que se presenta para poder encontrarse en la zona de confort.

Se observa que en los meses de marzo, abril y mayo son los meses en los que tenemos confort de humedad en cualquier hora del día y en cuanto a los meses de enero, febrero, junio, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre, se puede apreciar la alta humedad que se presenta en estos meses.

Los vientos para este caso se comportan así:

Enero: La actividad se registra del NO al E notablemente. Con algunos vientos casi de la misma magnitud del N y NO.

Febrero: La actividad viene del N al E con vientos de mayor magnitud del NE.

Marzo: Los vientos se registran de todas las direcciones excepto del N.

Abril: Los vientos importantes se registran en NO y NE.

Mayo: Observamos vientos importantes en el N y NE.

Junio: Se conservan como en el mes anterior con calmas en los otros puntos cardinales

Julio: Los vientos importantes se dan por el NO.

Agosto: Se registran vientos importantes del NO al N.

Septiembre: Se conservan como el mes anterior disminuyendo en el NE.

Octubre: Se registran vientos dominantes importantes del NO, N y NE.

Noviembre: Se conservan las características del mes anterior.

Diciembre: La actividad importante se registra del NE al SE teniendo registro de vientos significativos del NE, S y SE.

CAPITULO 3. MODELO EXPERIMENTAL PARA MUROS DE PET.



ROSAS DEL VIENTO MENSUALES
130 21 11 N 84° 12' 00 W 1000 m

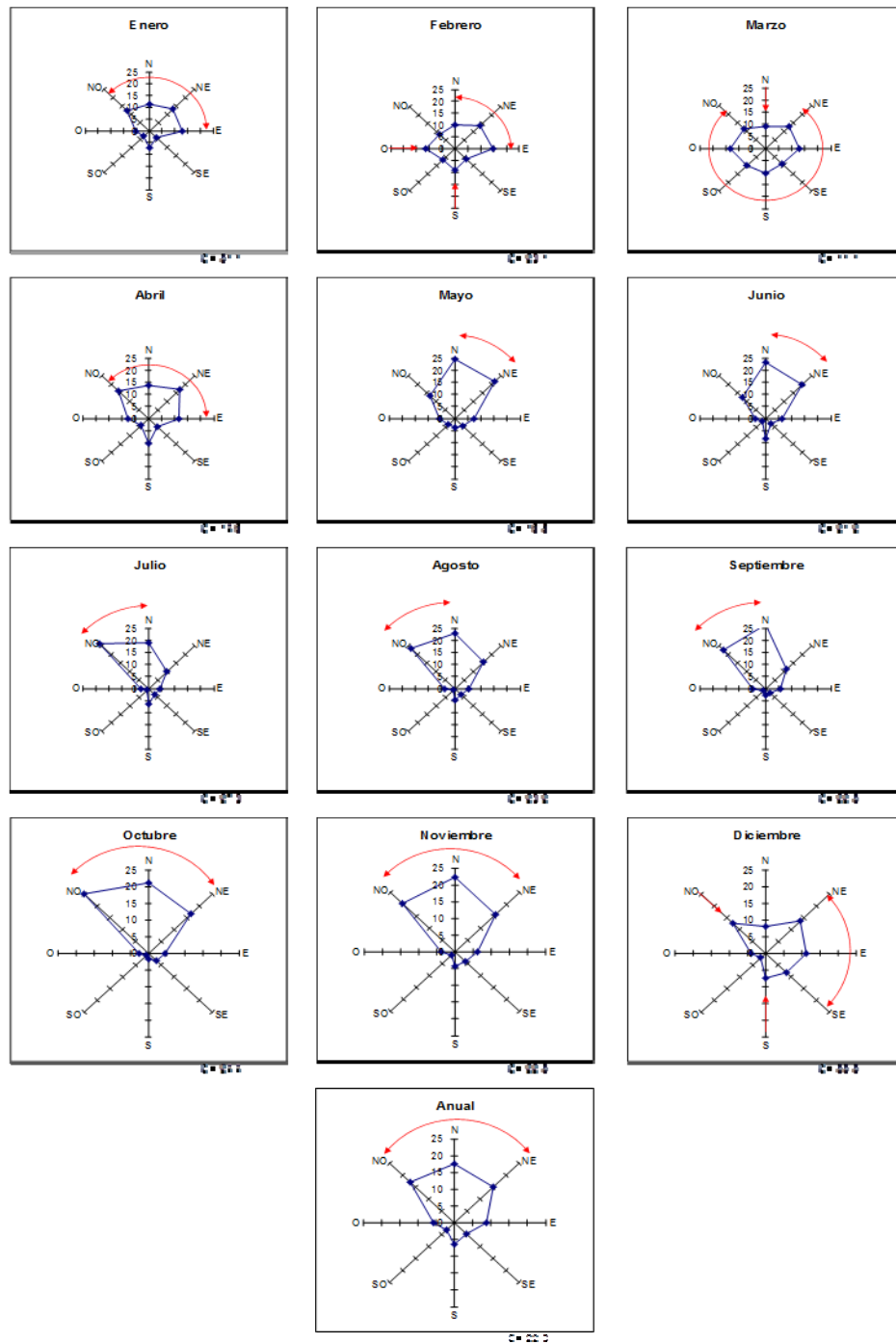


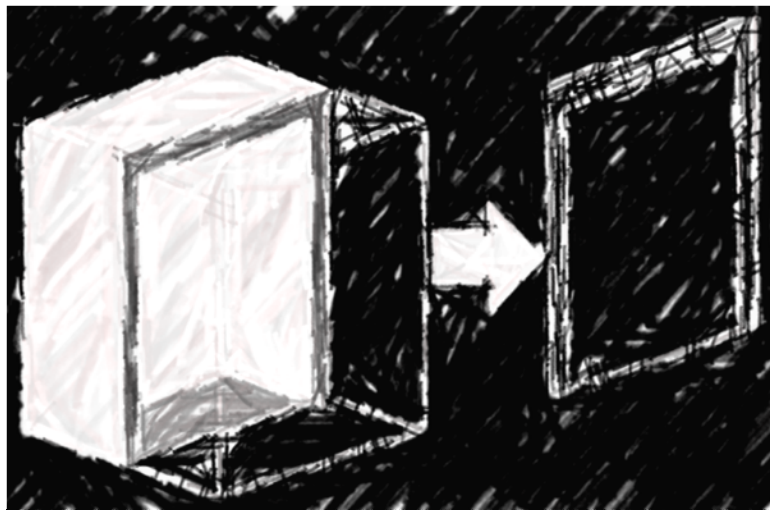
Figura 3.30 Rosas del viento mensuales.



3.5 ANÁLISIS DE COSTO.

Para determinar si la propuesta es viable desde el punto de vista económico, se realizó un estudio comparativo para la construcción de un muro o panel de 1.22 x 2.44 m con aplanado fino por ambos lados.

El análisis de los precios unitarios se realizó para los casos de muros elaborados a base de botellas de pet de 600 ml relleno de tepetate, el mismo panel relleno con aserrín y por último el panel construido con tabicón, cemento y arena.



Modelo numérico





4. MODELO NUMERICO.

Para realizar el análisis numérico se empleó el método del elemento finito (MEF), la finalidad del análisis numérico por elemento finito, es reproducir un panorama de la distribución de temperaturas en el prototipo, ocasionadas por la radiación que proporciona el sol.

Para obtener la geometría empleada en la simulación, se realiza un corte en el modelo como se muestra en la figura 4.1, a continuación se reproduce en un programa de CAD (figura 4.2), finalmente los modelos geométricos obtenidos se alimentaron a un programa de elementos finitos (EF) para su simulación.

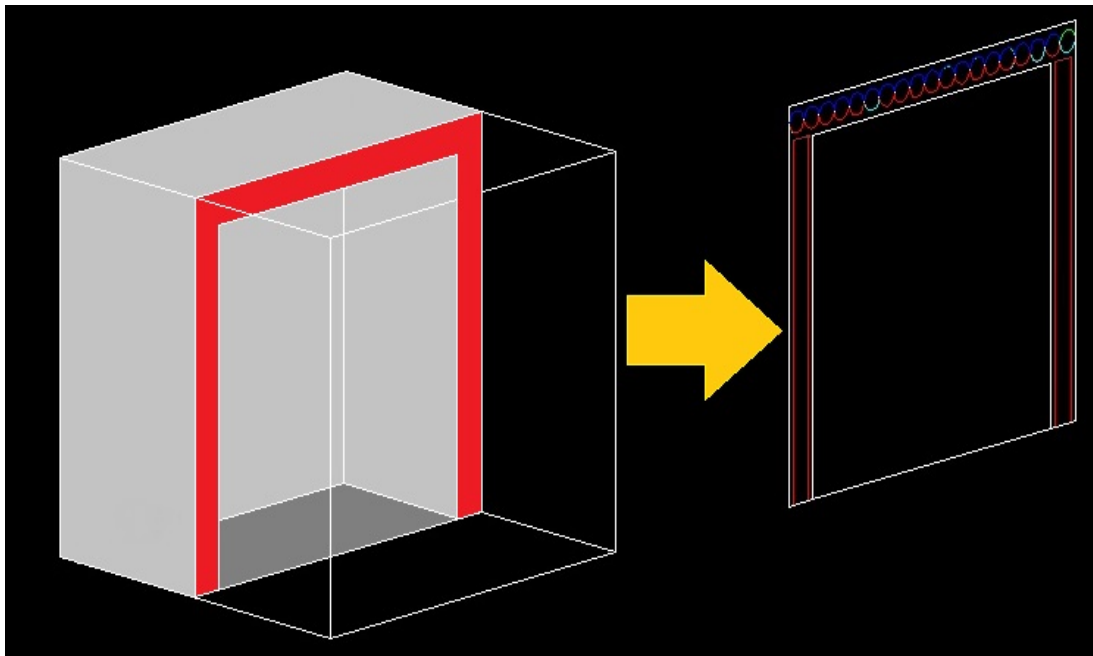


Figura 4.1 Corte realizado en el modelo.

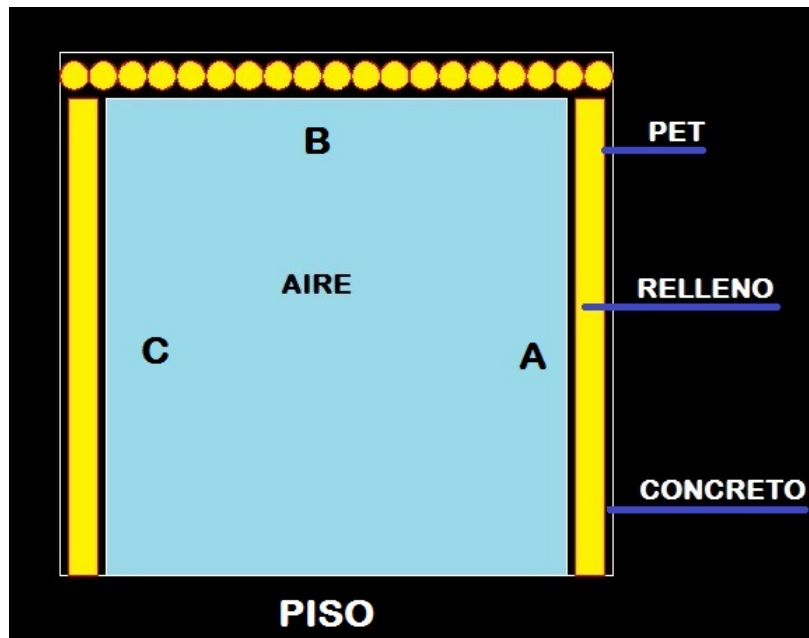


Figura 4.2 Geometría del modelo prototipo reproducida en CAD.

En la figura 4.2 la letra **A** indica la cara lateral derecha del cubo, **C** la lateral izquierda y **B** indica la cara superior del cubo o techo.

Se seleccionó un elemento tipo SHELL-4 NODOS, la figura 4.3 muestra el mallado del modelo solucionado por el método del elemento finito (MEF).

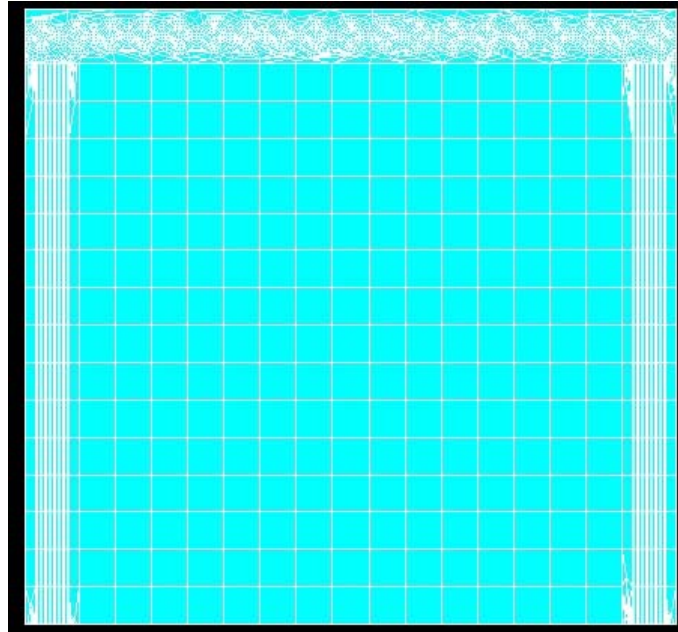


Figura 4.3 Mallado del modelo en el programa de elementos finitos.

Los materiales y propiedades empleados se indican en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Materiales y sus propiedades utilizadas en la simulación por MEF.

MATERIAL	CONDUCTIVIDAD TERMICA (W/m-°K)
PET	0.240
CONCRETO	0.128
ASERRIN	0.071
TEPETATE	1.510
AIRE	0.0262



Se consideran 6 posiciones para realizar la simulación térmica del modelo, la figura 4.4 muestra las 6 posiciones consideradas en la simulación.

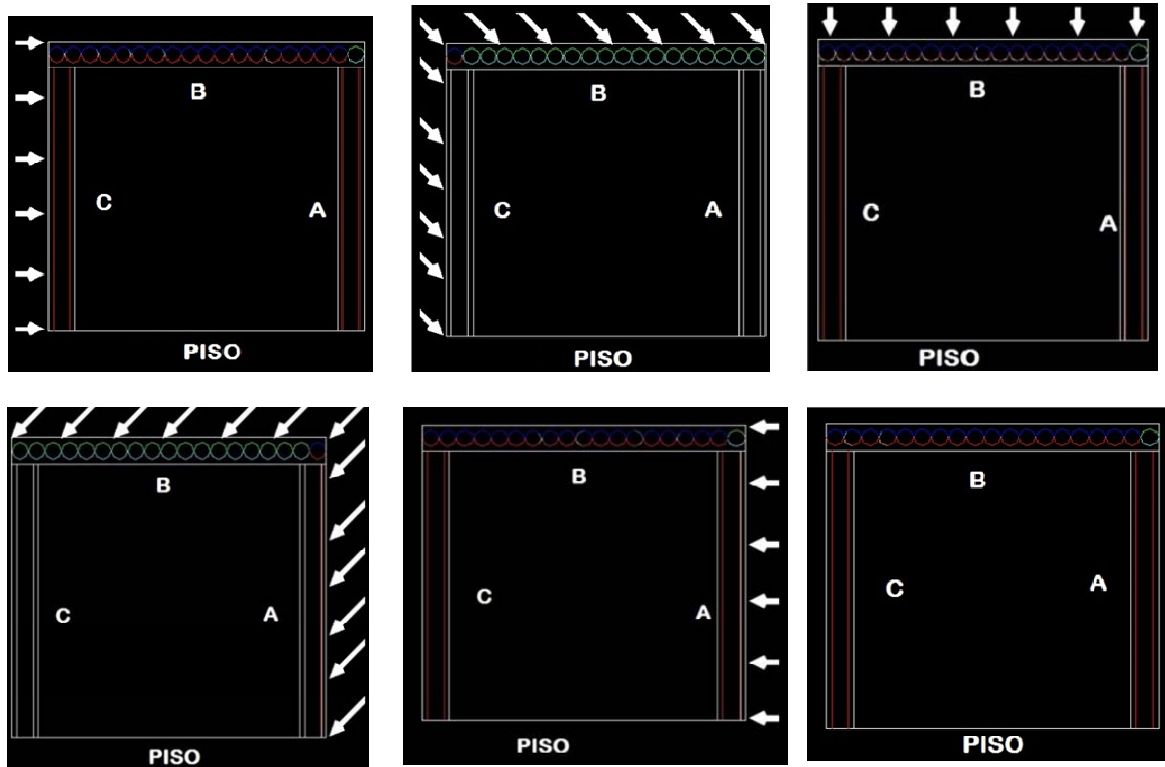
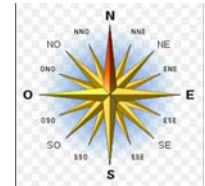
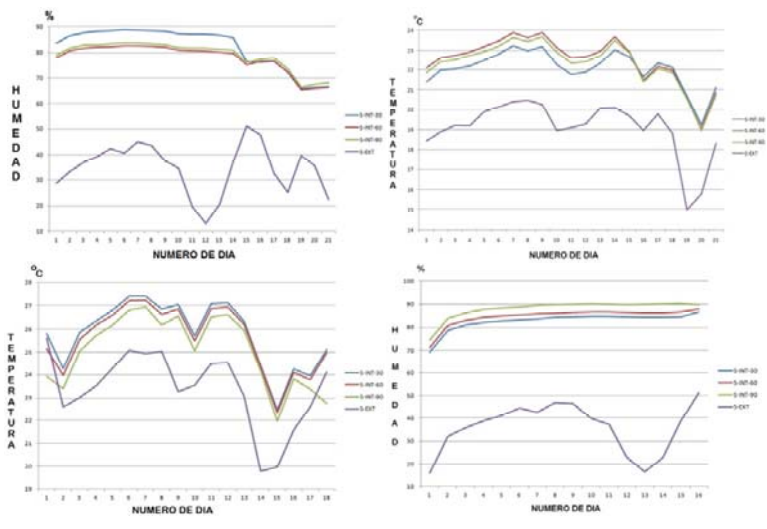


Figura 4.4 Posiciones consideradas en la simulación por MEF.

En el primer caso se considera que el sol está radiando totalmente la cara lateral derecha; en el segundo caso, es radiada la cara lateral derecha y la superior; en el tercer caso, solamente el sol radia el techo o cara superior; el cuarto caso la cara superior y la lateral izquierda están siendo sometidas a radiación; el quinto caso solamente la cara lateral izquierda; y por último, en el sexto caso ninguna cara del cubo se ve afectada por la radiación del sol.

Se considera una constante solar de 750 W/m^2 y una constante de Estefan-Boltzmann de $5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{-K}^4$.



Resultados





5. RESULTADOS

5.1 MODELO EXPERIMENTAL

5.1.1 OBTENCION DE DATOS

Se realizaron 15 mediciones de temperatura y humedad en invierno (del 20 de febrero al 6 de marzo del año 2011) y primavera (del 20 de marzo al 4 de mayo del año 2011), en ambos casos el PET se rellenó con aserrín y tepetate. Un tercer periodo en primavera (del 8 al 22 de mayo del año 2011) en el cual la variable fue pintar los cubos con pintura blanca a base de agua en el exterior.

Con los datos que se obtuvieron de los data loggers se realizaron las tablas para la elaboración de graficas que se muestran a continuación en cada periodo de medición.

En la tabla 5.1 podemos apreciar los datos de temperatura y humedad correspondientes a las siguientes figuras. La figura 5.1 muestra los resultados obtenidos en la medición de la temperatura al rellenar el PET con aserrín en la época de invierno y la figura 5.2, las mediciones de humedad para la misma prueba.

Tabla 5.1 Tabla de Datos de temperatura y humedad pet relleno de aserrín periodo de invierno

INVIERNO ASERRIN								
DIA	TEM	TEMP	TEM	TEM	HUM	HUM	HUM	HUM
	INT-30	INT-60	INT-90	EXT	INT-30	INT-60	INT-90	EXT
1	24.75	24.78	24.88	18.45	98.80	98.33	100.00	24.13
2	24.57	24.66	24.72	18.90	98.98	98.60	100.00	29.19
3	23.32	23.35	23.46	19.21	98.90	98.54	100.00	35.40
4	24.16	24.14	24.23	19.19	99.07	98.80	100.00	41.21
5	23.86	23.92	24.03	19.90	99.11	98.85	100.00	37.36
6	24.43	24.46	24.48	20.15	99.07	98.70	100.00	33.72
7	24.41	24.43	24.55	20.42	98.86	98.40	100.00	42.92
8	23.10	23.13	23.31	20.49	98.86	98.52	100.00	46.19
9	21.22	21.31	21.50	20.27	100.00	99.54	100.00	51.47
10	21.83	21.95	22.02	18.95	100.00	99.68	100.00	47.00
11	22.29	22.33	22.41	19.11	99.94	99.66	100.00	37.24
12	23.04	23.03	23.06	19.28	99.92	99.61	100.00	35.05
13	23.88	23.90	23.90	20.08	99.77	99.52	100.00	34.89
14	24.34	24.34	24.35	20.10	99.63	99.40	100.00	37.04
15	23.11	23.24	23.38	19.68	94.26	93.13	94.86	33.40

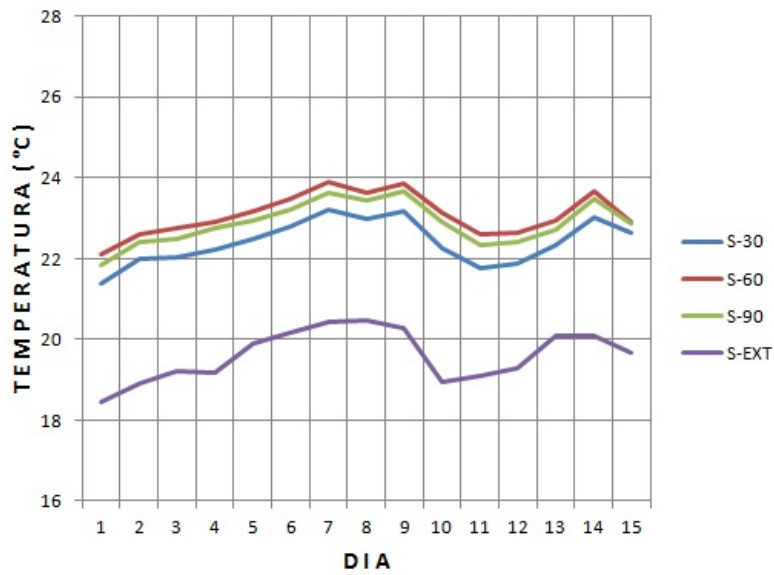


Figura 5.1 Temperaturas en el periodo de invierno con PET relleno de aserrín.

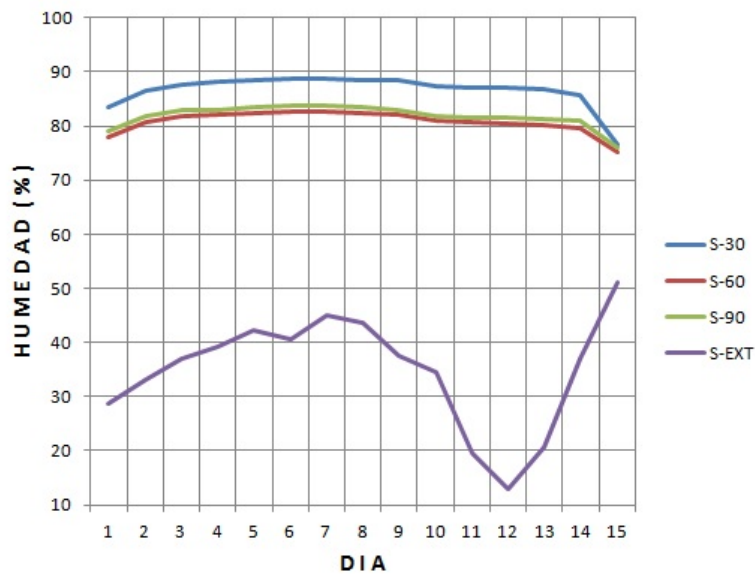


Figura 5.2 Humedad en el periodo de invierno con PET relleno de aserrín.



En la tabla 5.2 podemos apreciar los datos de temperatura y humedad correspondientes a las siguientes figuras. La figura 5.3 muestra los resultados obtenidos en la medición de la temperatura al rellenar el PET con aserrín y la figura 5.4 las mediciones de humedad en la época de primavera.

Tabla 5.2 Tabla de Datos de temperatura y humedad pet relleno de aserrín periodo de primavera

PRIMAVERA ASERRIN								
DIA	TEM	TEMP	TEM	TEM	HUM	HUM	HUM	HUM
	INT-30	INT-60	INT-90	EXT	INT-30	INT-60	INT-90	EXT
1	25.81	25.14	23.93	25.62	92.29	91.67	93.52	24.79
2	24.27	23.98	23.40	22.60	97.54	96.30	98.78	33.17
3	25.85	25.55	25.03	23.02	99.40	98.31	99.98	36.16
4	26.35	26.18	25.72	23.53	99.92	99.06	100.00	36.30
5	26.82	26.59	26.17	24.30	99.99	99.24	100.00	39.30
6	27.41	27.21	26.82	25.09	100.00	99.53	100.00	36.72
7	27.40	27.24	26.94	24.93	100.00	99.29	100.00	34.31
8	26.85	26.63	26.18	25.05	99.99	99.43	100.00	26.72
9	27.04	26.85	26.56	23.28	99.88	99.10	100.00	30.66
10	25.71	25.49	25.06	23.54	99.99	98.92	99.95	33.00
11	27.08	26.88	26.51	24.49	99.90	99.03	99.99	27.59
12	27.14	26.95	26.61	24.53	99.68	98.61	99.99	35.76
13	26.32	26.19	25.93	23.05	98.91	97.58	99.68	42.27
14	24.41	24.34	24.16	19.76	98.55	96.94	99.36	46.99
15	22.47	22.36	21.97	19.97	98.90	97.19	98.83	43.72

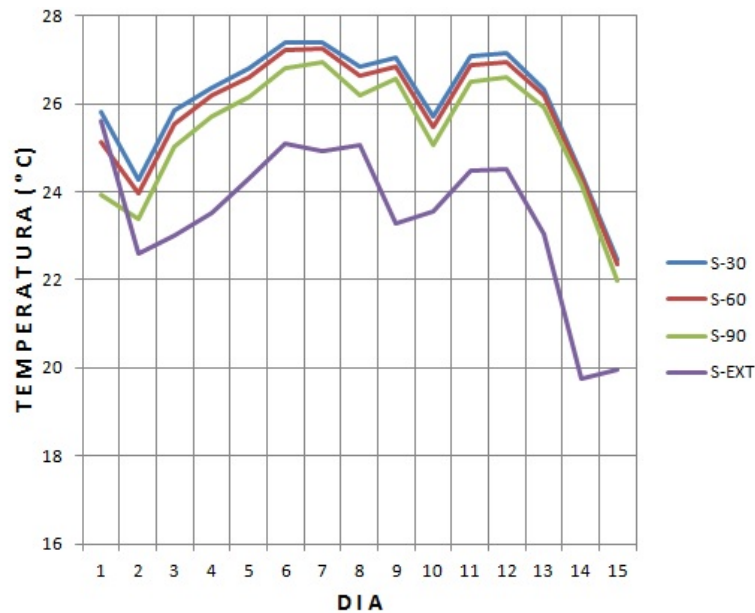


Figura 5.3 Temperaturas en el periodo de primavera con PET relleno de aserrín.

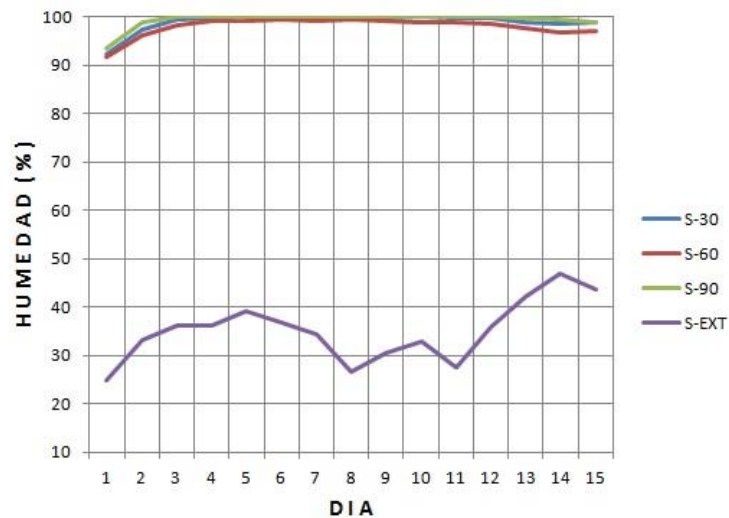


Figura 5.4 Humedad en el periodo de primavera con PET relleno de aserrín.

En la tabla 5.3 podemos apreciar los datos de temperatura y humedad correspondientes a las siguientes figuras. La figura 5.5 muestra los resultados obtenidos en la medición de la temperatura al rellenar el PET con aserrín en la época de primavera pintado de blanco las paredes externas del cubo y la figura 5.6, las mediciones de humedad para la misma prueba.

Tabla 5.3 Tabla de Datos de temperatura y humedad pet relleno de aserrín periodo de primavera con pintura blanca.

PRIMAVERA ASERRIN PAREDES PINTADAS								
DIA	TEM	TEMP	TEM	TEM	HUM	HUM	HUM	HUM
	INT-30	INT-60	INT-90	EXT	INT-30	INT-60	INT-90	EXT
1	24.24	24.21	24.04	25.53	100	99.38	100	24.27
2	25.13	25.13	24.95	25.03	100	98.78	100	29.49
3	24.16	24.17	24.05	24.27	100	98.44	99.95	35.51
4	24.92	24.91	24.82	25.35	100	98.41	100	41.33
5	24.81	24.85	24.71	25.56	99.98	98.05	99.94	37.08
6	25.31	25.34	25.15	25.82	99.81	97.94	99.91	33.82
7	25.13	25.2	25.08	24.29	99.48	97.43	99.76	43.06
8	23.85	23.96	23.82	23.28	99.45	97.31	99.51	46.79
9	22.07	22	21.92	22.46	100	100	100	51.03
10	22.84	22.86	22.76	23.58	100	100	100	46.75
11	23.31	23.32	23.18	23.96	100	99.45	100	37.25
12	23.93	23.92	23.78	24.94	100	99.36	100	34.96
13	24.72	24.72	24.56	25.2	100	99	100	35.01
14	25.09	25.1	24.93	24.83	99.91	98.45	100	36.8
15	22.16	22.17	22.1	23.81	83.42	82.52	83.27	27.83

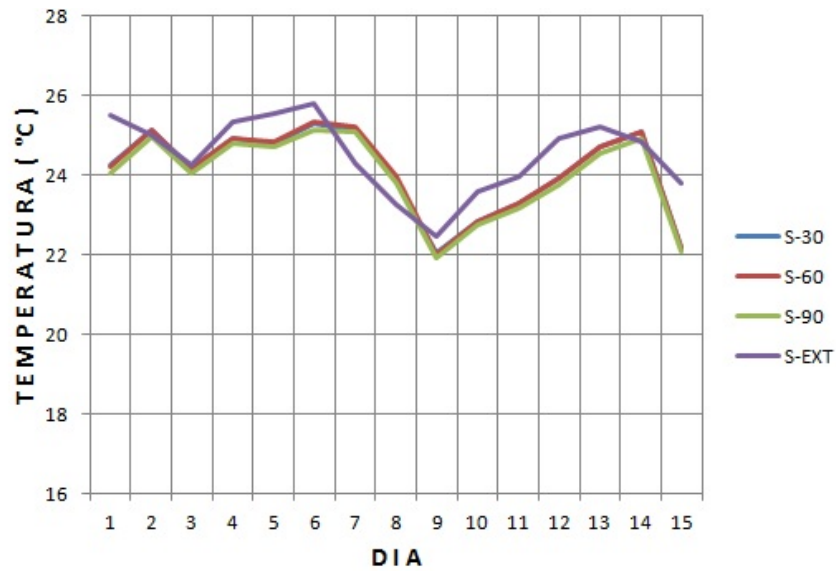


Figura 5.5 Temperaturas en el periodo de primavera con PET relleno de aserrín y paredes externas del cubo pintadas de blanco.

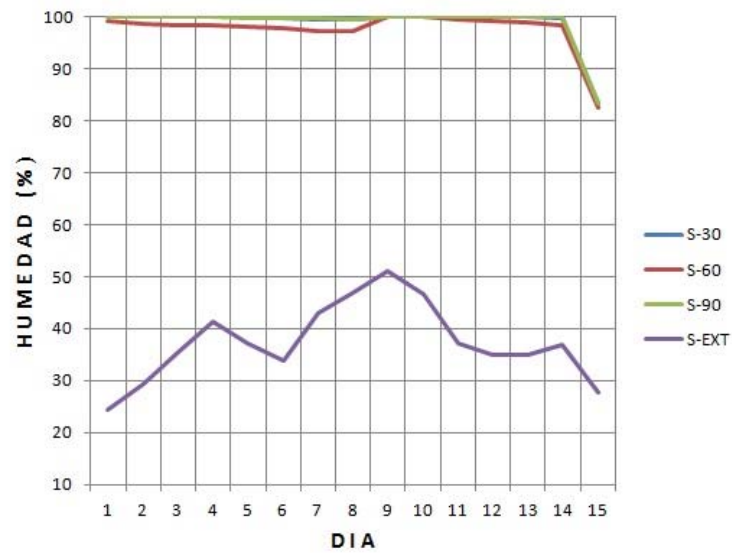


Figura 5.6 Humedad en el periodo de primavera con PET relleno de aserrín y paredes externas del cubo pintadas de blanco.

En la tabla 5.4 podemos apreciar los datos de temperatura y humedad correspondientes a las siguientes figuras. La figura 5.7 muestra los resultados obtenidos en la medición de la temperatura al rellenar el PET con tepetate en la época de invierno y la figura 5.8, las mediciones de humedad para la misma prueba.



Tabla 5.4 Tabla de Datos de temperatura y humedad pet relleno de Tepetate periodo de invierno.

INVIERNO TEPETATE								
DIA	TEM	TEMP	TEM	TEM	HUM	HUM	HUM	HUM
	INT-30	INT-60	INT-90	EXT	INT-30	INT-60	INT-90	EXT
1	21.80	21.55	20.97	16.90	78.73	80.82	83.92	32.03
2	22.14	22.02	21.47	17.68	80.93	83.07	86.31	35.74
3	22.51	22.38	21.78	18.23	82.11	84.36	87.71	38.80
4	22.65	22.54	22.04	18.26	82.72	84.97	88.34	41.26
5	22.79	22.67	22.17	18.98	83.28	85.35	88.90	44.67
6	23.18	23.04	22.46	19.21	83.59	85.74	89.43	42.65
7	23.68	23.65	23.15	19.77	84.16	85.92	89.74	46.93
8	23.50	23.41	22.86	19.67	84.58	86.36	89.88	46.56
9	23.61	23.57	23.07	19.17	84.67	86.65	90.03	39.89
10	22.75	22.67	22.23	18.02	84.72	86.71	89.81	37.33
11	22.20	22.10	21.63	17.51	84.49	86.48	89.77	23.00
12	22.20	22.09	21.63	17.54	84.24	86.30	89.80	16.39
13	22.64	22.54	22.00	18.50	84.19	86.22	90.04	22.77
14	23.56	23.51	23.04	19.28	84.52	86.57	90.32	38.76
15	20.22	20.25	20.08	17.52	86.70	87.84	89.58	51.41

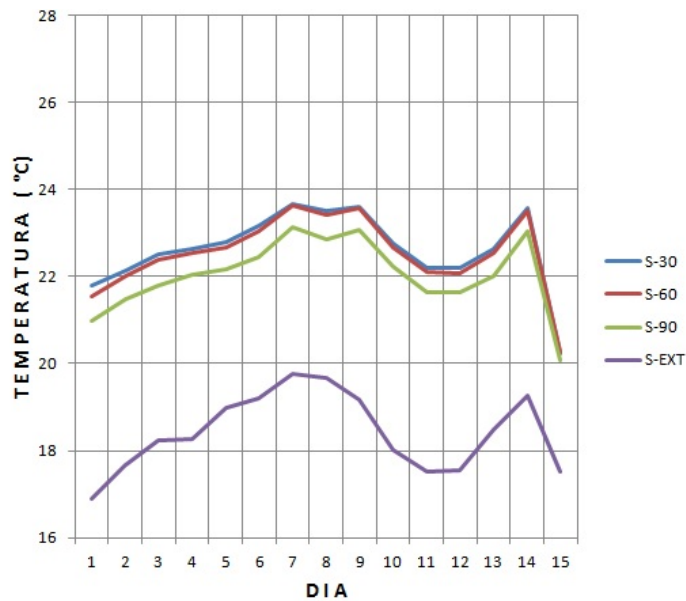


Figura 5.7. Temperaturas en el periodo de invierno con PET relleno de tepetate

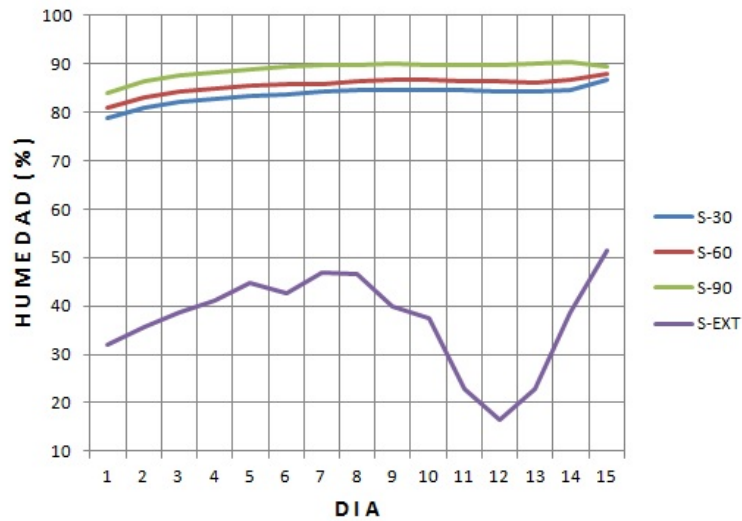


Figura 5.8 Humedad en el periodo de invierno con PET relleno de tepetate.

En la tabla 5.5 podemos apreciar los datos de temperatura y humedad correspondientes a las siguientes figuras. La figura 5.9 muestra los resultados obtenidos en la medición de la temperatura al rellenar el PET con tepetate en la época de primavera y la figura 5.10, las mediciones de humedad para la misma prueba.

Tabla 5.5 Tabla de Datos de temperatura y humedad pet relleno de tepetate periodo de primavera

PRIMAVERA TEPETATE								
DIA	TEM	TEMP	TEM	TEM	HUM	HUM	HUM	HUM
	INT-30	INT-60	INT-90	EXT	INT-30	INT-60	INT-90	EXT
1	24.32	23.86	22.95	24.45	83.91	86.77	87.2	23.66
2	23.54	23.22	22.96	22.6	93.96	95.56	96.51	33.17
3	24.92	24.52	24.3	23.02	95.67	96.98	98.76	36.16
4	25.32	24.98	24.77	23.53	96.83	97.7	99.76	36.3
5	25.77	25.49	25.22	24.31	97.56	98.15	99.95	39.23
6	26.8	26.51	26.27	25.09	97.94	98.4	100	36.72
7	26.71	26.53	26.34	24.93	98.23	98.33	100	34.31
8	25.99	25.65	25.52	25.05	98.48	98.7	100	26.72
9	26.57	26.32	26.21	23.28	98.2	98.17	100	30.66
10	25.14	24.88	24.8	23.54	98.27	98.53	100	33
11	26.77	26.5	26.32	24.49	98.32	98.46	100	27.59
12	26.88	26.63	26.52	24.53	98.44	98.35	100	35.76
13	26.07	25.83	25.77	23.05	98.13	97.9	99.94	42.27
14	24.15	24.06	24.14	19.76	98.27	97.93	99.99	46.99
15	22.15	22	21.98	19.97	98.19	98.19	99.84	43.72

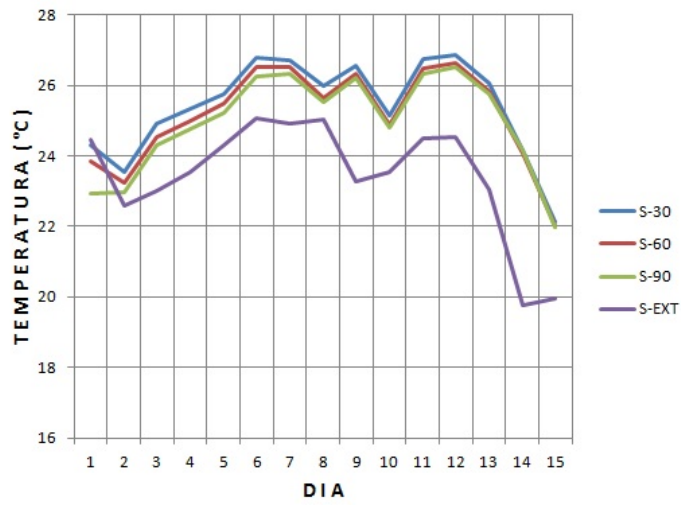


Figura 5.9 Temperaturas en el periodo de primavera con PET relleno de tepetate.

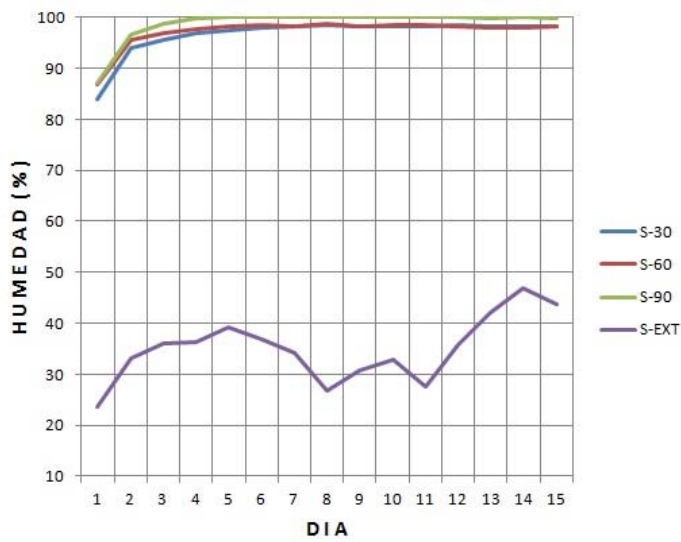


Figura 5.10 Humedad en el periodo de primavera con PET relleno de tepetate.



En la tabla 5.6 podemos apreciar los datos de temperatura y humedad correspondientes a las siguientes figuras. La figura 5.11 muestra los resultados obtenidos en la medición de la temperatura al rellenar el PET con tepetate en la época de primavera pintado de blanco las paredes externas del cubo y la figura 5.12, las mediciones de humedad para la misma prueba.

Tabla 5.6 Tabla de Datos de temperatura y humedad pet relleno de tepetate periodo de primavera con pintura de blanca

PRIMAVERA TEPETATE PAREDES PINTADAS								
DIA	TEM	TEMP	TEM	TEM	HUM	HUM	HUM	HUM
	INT-30	INT-60	INT-90	EXT	INT-30	INT-60	INT-90	EXT
1	24.75	24.78	24.88	25.52	98.80	98.33	100.00	24.13
2	24.57	24.66	24.72	25.05	98.98	98.60	100.00	29.19
3	23.32	23.35	23.46	24.25	98.90	98.54	100.00	35.40
4	24.16	24.14	24.23	25.34	99.07	98.80	100.00	41.21
5	23.86	23.92	24.03	25.52	99.11	98.85	100.00	37.36
6	24.43	24.46	24.48	25.83	99.07	98.70	100.00	33.72
7	24.41	24.43	24.55	24.33	98.86	98.40	100.00	42.92
8	23.10	23.13	23.31	23.55	98.86	98.52	100.00	46.19
9	21.22	21.31	21.50	22.40	100.00	99.54	100.00	51.47
10	21.83	21.95	22.02	23.57	100.00	99.68	100.00	47.00
11	22.29	22.33	22.41	23.94	99.94	99.66	100.00	37.24
12	23.04	23.03	23.06	24.93	99.92	99.61	100.00	35.05
13	23.88	23.90	23.90	25.24	99.77	99.52	100.00	34.89
14	24.34	24.34	24.35	24.80	99.63	99.40	100.00	37.04
15	23.11	23.24	23.38	25.31	94.26	93.13	94.86	33.40

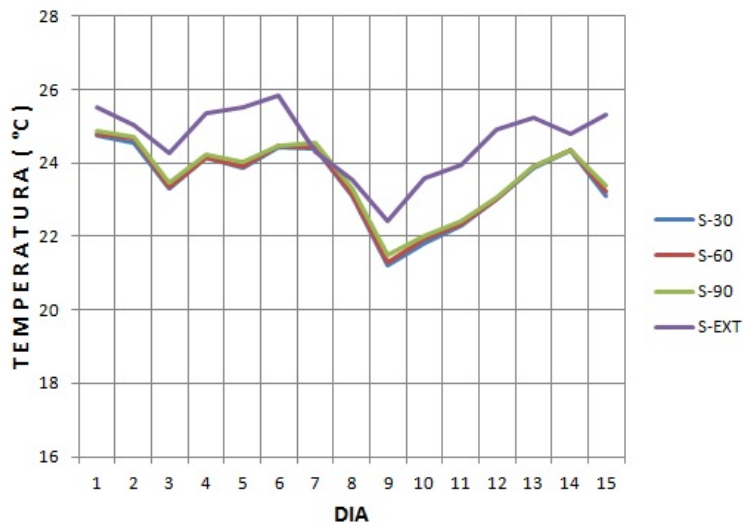


Figura 5.11 Temperaturas en el periodo de primavera con PET relleno de tepetate y paredes externas del cubo pintadas de blanco.

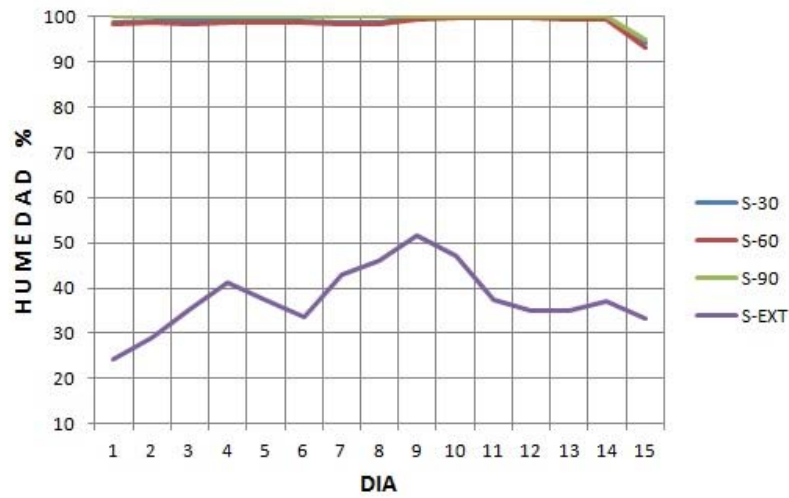


Figura 5.12 Humedad en el periodo de primavera con PET relleno de tepetate y paredes externas del cubo pintadas de blanco.

La figura 5.13 muestra un comparativo de temperaturas internas obtenidas en primavera, la figura 5.14 de las humedades internas en el mismo periodo, la figura 5.15 de las temperaturas internas en invierno y la 5.16 de las humedades internas en el mismo periodo.

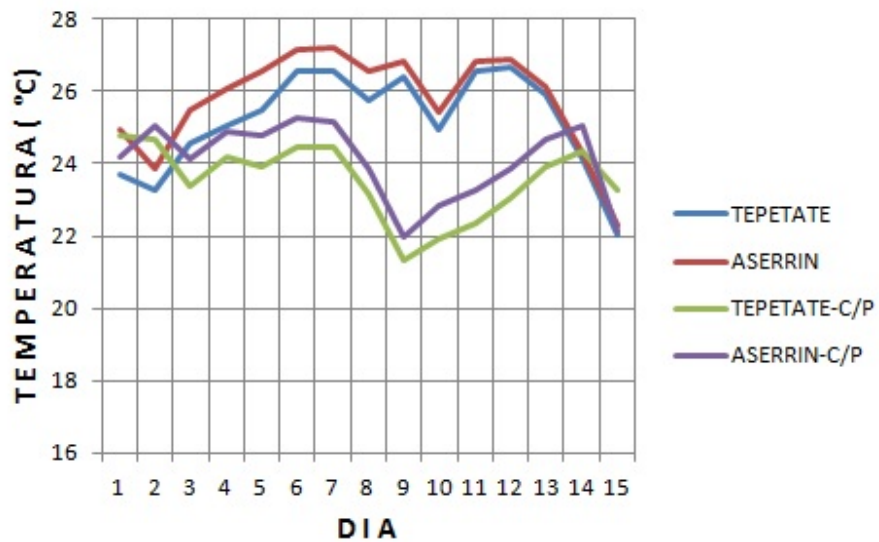


Figura 5.13 Comparativo de temperaturas internas registradas en primavera.

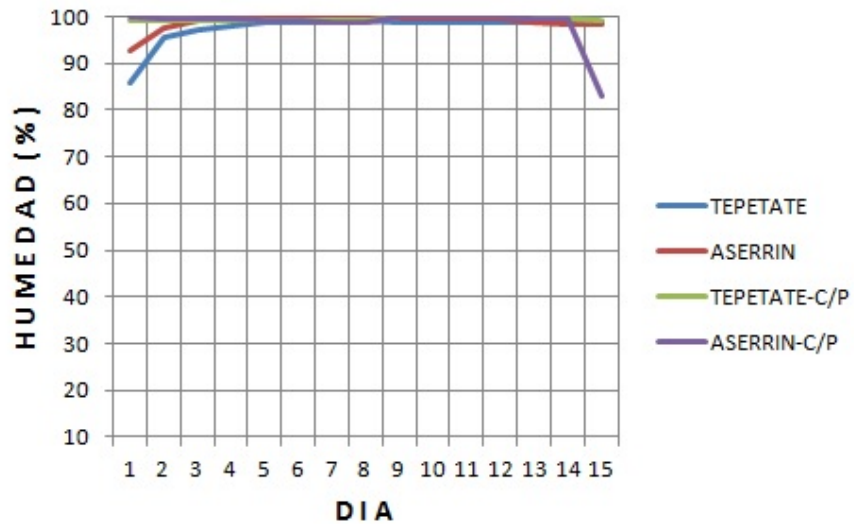


Figura 5.14 Comparativo de humedades internas registradas en primavera.

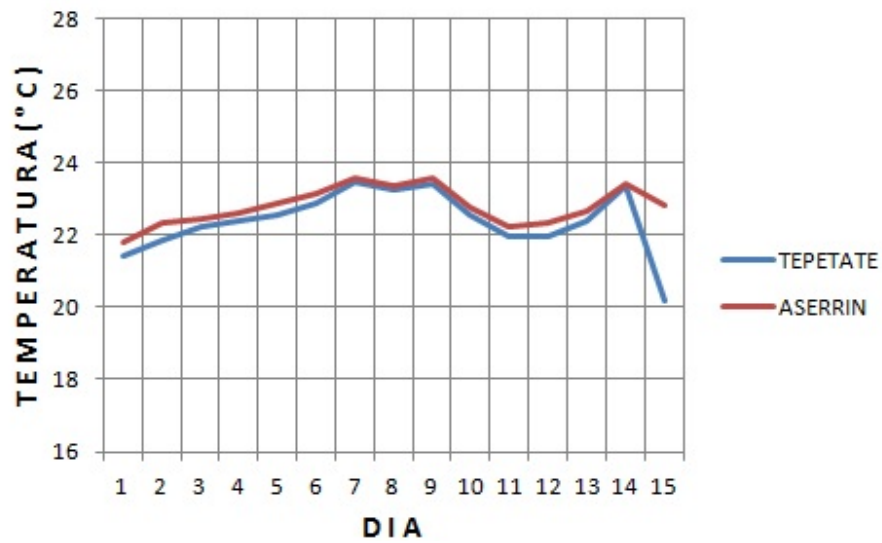


Figura 5.15 Comparativo de temperaturas internas registradas en invierno.

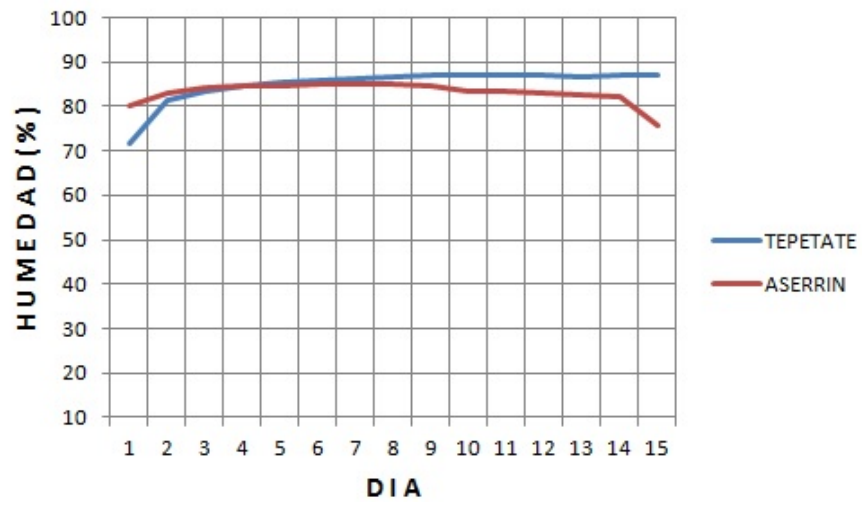


Figura 5.16 Comparativo de humedades internas registradas en invierno.



5.1.2 ANALISIS DE COSTOS

A continuación se muestran los análisis de precios unitarios para realizar una comparativa del precio del panel de pet con relleno de tepetate Ver Tabla 5.7, del panel de pet con relleno de aserrín Ver Tabla 5.8, y el de materiales tradicionales Ver Tabla 5.9.

Tabla 5.7 Precios unitarios pet relleno de tepetate

CLAVE-ALB		PANEL CONSTRUIDO A BASE DE BOTELLAS DE PET RELLENAS DE TEPETATE MEDIDAS 1.22 X 2.44 . CON APLANADOAMBAS CARAS		UNIDAD	PANEL
				CANTIDAD	1.00
				P.U.	\$907.64
				IMPORTE	\$907.64
ANALISIS DE PRECIO UNITARIO					
CLAVE	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
I.- MATERIALES					
PET1	BOTELLAS DE PET DE 600 ml	KG	11.460	\$4.00	\$45.84
ACERO	MALLA ELECTROSOLDADA 6-6 10-10	ML	1.500	\$42.33	\$63.50
ACERO	ALAMBRE RECOCIDO CAL.16	KG	1.250	\$28.00	\$35.00
TEPE	TEPETATE	M3	0.300	\$130.00	\$39.00
MORT-001	MORTERO CEMENTO- ARENA 1:5	M2	5.940	\$120.00	\$712.80
TOTAL DE MATERIALES =					\$896.14
II.- MANO DE OBRA					
CUAD-002	CUADRILLA DE 1 OFICIAL ALBAÑIL Y 1 AYUDANTES , % CABO	JOR	0.000000	0.00	\$0.00
TOTAL DE OBRA =					\$0.00
III.- HERRAMIENTAS					
HER-01	HERRAMIENTA	%M.O.	0.030000	50.00	\$1.50
ANDAMI	ANDAMIAJE	%M.O.	0.050000	100.00	\$5.00
EQU-SEG	EQUIPO DE SEGURIDAD	%M.O.	0.050000	100.00	\$5.00
TOTAL DE HERRAMIENTAS =					\$11.50
DIRECTOS =					\$907.64
P.U. =					\$907.64
PRECIO UNITARIO CON LETRA:					
(NOVECIENTOS SIETE PESOS 64/100)					



Tabla 5.8 Precios unitarios Pet relleno de aserrin

CLAVE-ALB		PANEL CONSTRUIDO A BASE DE BOTELLAS DE PET de 600 ML,RELLENAS DE ASERRIN		UNIDAD	PANEL
MEDIDAS 1.22 X 2.44 . CON APLANADO AMBAS CARAS				CANTIDAD	1.00
				P.U.	\$886.64
				IMPORTE	\$886.64
ANALISIS DE PRECIO UNITARIO					
CLAVE	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
I.- MATERIALES					
PET1	BOTELLAS DE PET DE 600 ml	KG	11.460	\$4.00	\$45.84
ACERO	MALLA ELECTROSOLDADA 6-6 10-10	ML	1.500	\$42.33	\$63.50
ACERO	ALAMBRE RECOCIDO CAL.16	KG	1.250	\$28.00	\$35.00
TEPE	ASERRIN	M3	0.300	\$60.00	\$18.00
MORT-001	MORTERO CEMENTO- ARENA 1:5	M2	5.940	\$120.00	\$712.80
TOTAL DE MATERIALES =					\$875.14
II.- MANO DE OBRA					
CUAD-002	CUADRILLA DE 1 OFICIAL ALBAÑIL Y 1 AYUDANTES , % CABO	JOR	0.000000	0.00	\$0.00
TOTAL DE OBRA =					\$0.00
III.- HERRAMIENTAS					
HER-01	HERRAMIENTA	%M.O.	0.030000	50.00	\$1.50
ANDAMI	ANDAMIAJE	%M.O.	0.050000	100.00	\$5.00
EQU-SEG	EQUIPO DE SEGURIDAD	%M.O.	0.050000	100.00	\$5.00
TOTAL DE HERRAMIENTAS =					\$11.50
DIRECTOS =					\$886.64
P.U. =					\$886.64
PRECIO UNITARIO CON LETRA:					
(OCHOCIENTOS OCHENTA Y SEIS PESOS 64/100) MN					



Tabla 5.9 Precios unitarios muro de tabicón

MURO DE TABICÓN DE 15 CMS DE ESPESOR. APLANADO FINO CON MORTERO CEMENTO-ARENA 1:5. CUATRO LADOS					
				UNIDAD	M2
				CANTIDAD	1.00
				PU	\$438.54
				IMPORTE	\$438.54
ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO					
CLAVE	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
I.- MATERIALES					
TAB-001	TABICÓN	MILL	0.046	\$1.160.00	\$52.90
MORT-001	MORTERO CEMENTO-ARENA 1:5	m3	0.400	\$135.50	\$54.20
MORT-002	MORTERO CEMENTO-ARENA 1:5	m2	1.000	\$150.32	\$150.32
			TOTAL DE MATERIALES =		\$257.42
II.- MANO DE OBRA					
CUAD-002	CUADRILLA DE 1 OFICIAL ALBAÑIL y 1 AYUDANTES . % CABO	JOR	0.080000	563.00	\$45.04
CUAD-002	CUADRILLA DE 1 OFICIAL ALBAÑIL y 1 AYUDANTES . % CABO	JOR	0.080000	563.28	\$53.06
			TOTAL DE OBRA =		\$98.10
III.- HERRAMIENTAS					
HER-01	HERRAMIENTA	%M.O.	0.030000	100.00	\$3.00
ANDAM	ANDAMAJE	%M.O.	0.050000	100.00	\$5.00
EQL-SEG	EQUIPO DE SEGURIDAD	%M.O.	0.050000	100.00	\$5.00
			TOTAL DE HERRAMIENTAS =		\$13.00
				DIRECTOS =	\$368.52
				INDIRECTOS =	\$70.02
				P.U. =	\$438.54
PRECIO UNITARIO CON LETRA: (CUATROCIENTOS TREINTA Y OCHO PESOS 54/100 M.N.)					

5.2 MODELO NUMERICO

A continuación se muestran algunas imágenes de la distribución de la temperatura en el aire que contiene el centro del cubo propuesto, así como también en el pet y en el relleno de aserrín o tepetate empleado.

La figura 5.17 muestra la distribución de temperaturas en el aire contenido en el centro del cubo mediante las simulaciones por MEF, cuando el PET se rellena de aserrín y se realiza la medición en este caso el cubo no está pintado conserva el color gris cemento.

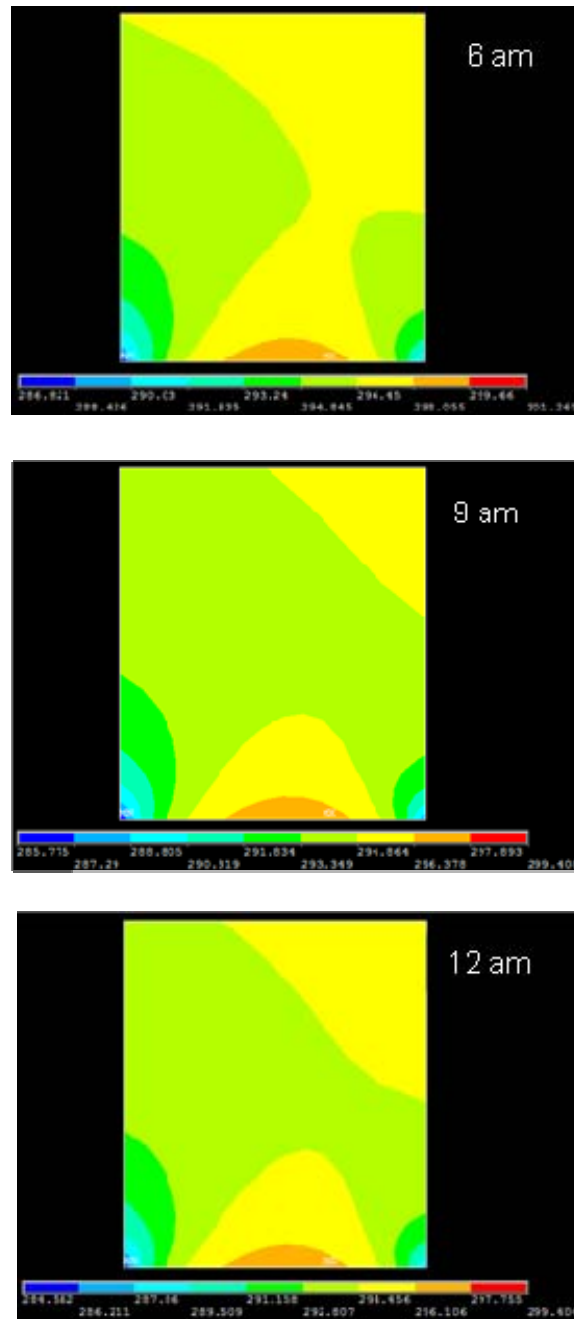


Figura 5.17 Vista frontal Norte (ventana en el cubo) de la distribución de temperaturas obtenidas por MEF en el aire contenido en el centro del cubo con PET relleno de aserrín.



La figura 5.18 muestra la distribución de temperaturas en el aire contenido en el centro del cubo mediante las simulaciones por MEF, cuando el PET se rellena de tepetate y se realiza la medición en primavera, en este caso el cubo no está pintado.

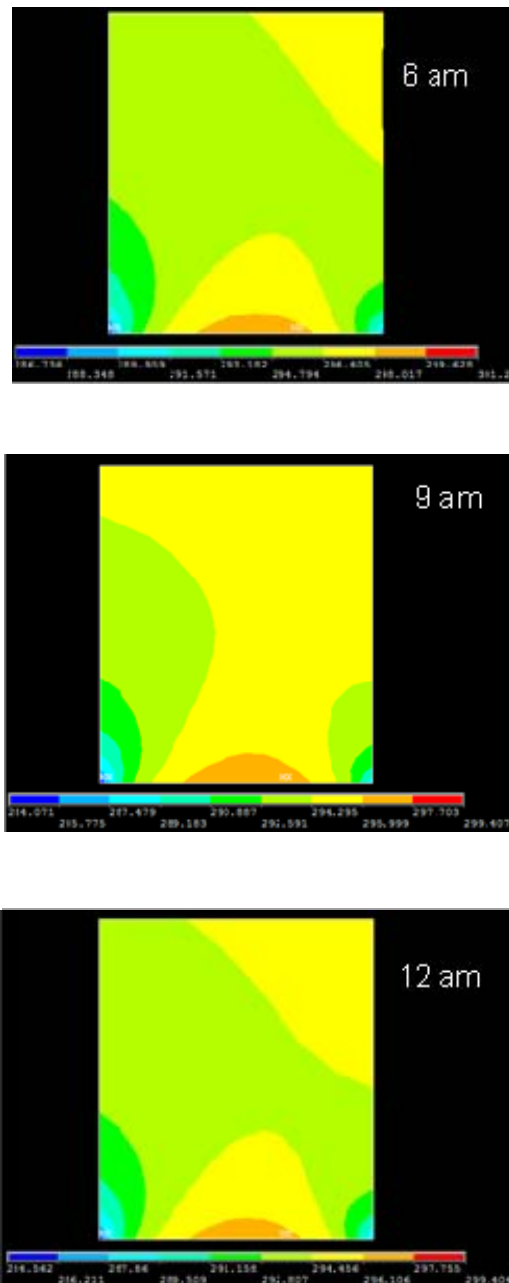


Figura 5.18 Vista frontal Norte (ventana en el cubo) de la distribución de temperaturas obtenidas por MEF en aire contenido en el centro de cubo con PET relleno de tepetate.



La figura 5.19 muestra la distribución de temperaturas obtenidas por MEF en el PET y el aserrín utilizados en la construcción del cubo, en este caso el cubo no está pintado.

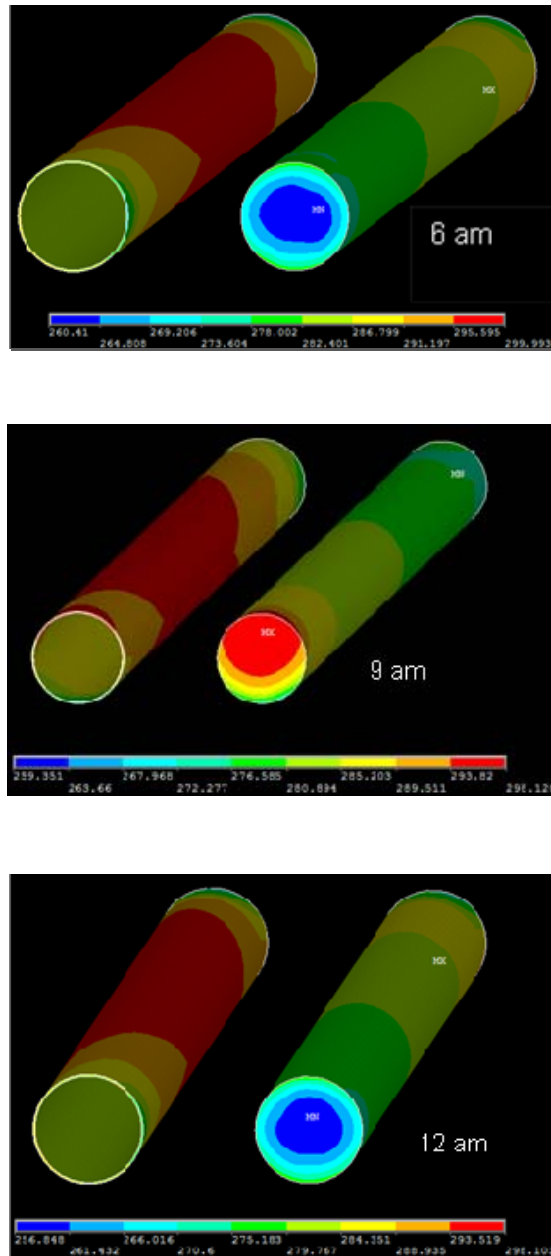


Figura 5.19 Distribución de temperaturas obtenidas por MEF en el PET y el aserrín.



La figura 5.20 muestra la distribución de temperaturas obtenidas por MEF en el PET y el tepetate utilizado en la construcción del cubo, en este caso el cubo no está pintado.

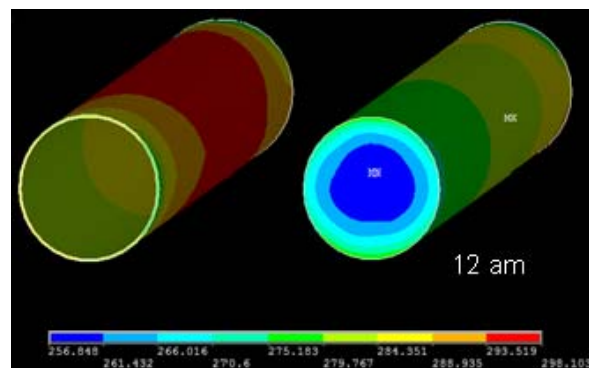
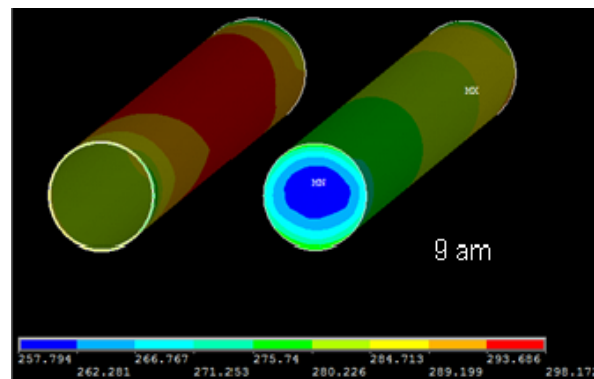
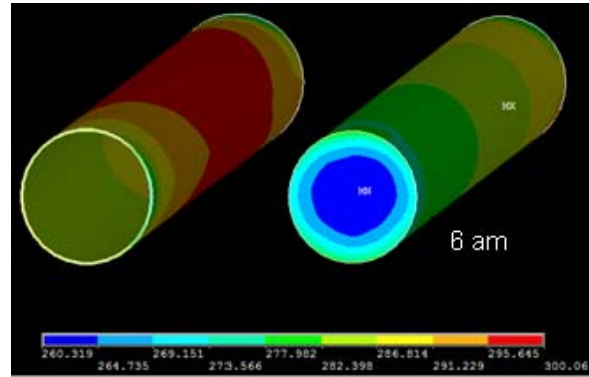


Figura 5.20 Distribución de temperaturas obtenidas por MEF en el PET y el tepetate.

Indicador	Indicador PCA	Indicador MGS
Calidad del producto	100%	100%
Entrega a tiempo	100%	100%
Costos de producción	100%	100%

Indicador	Indicador PCA	Indicador MGS
Calidad del producto	100%	100%
Entrega a tiempo	100%	100%
Costos de producción	100%	100%

Análisis de resultados





6. ANALISIS DE RESULTADOS

6.1 MODELO EXPERIMENTAL

6.1.1 OBTENCION DE DATOS

En el presente capítulo se muestran los datos obtenidos de las mediciones realizadas con los data loggers así como en análisis climático, (capítulo 3) el cual, en la tabla de temperaturas y humedades horarias, muestra los límites de confort como se muestra en la figura 6.1.

TEMPERATURA				CONFORT	HUMEDAD RELATIVA			
Más de		25.1			Más de		70.0	
de	20.1	a	25.1		de	30	a	70
Menos de		20.1			Menos de		30	

Figura 6.1 Límites de confort temperatura y humedad horaria.

6.1.2 GRÁFICA DE TEMPERATURA ASERRIN PERIODO DE INVIERNO

En la gráfica de temperaturas del periodo de invierno con el pet relleno de aserrín, figura 6.2, se aprecia que la temperatura interior a 30 cm de altura es baja en las primeras horas del día con respecto a las mediciones de 60 cm y de 90 cm respectivamente, apreciando de igual manera que en las últimas horas del día en ambos casos llevan la misma temperatura, es decir se establece en una sola, oscilando entre 21.22°C y 24.78°C en cualquier altura conservándose durante todo el día en zona de confort, la cual oscila entre 20.1°C a 25.1°C, según el resultado obtenido en la tabla de temperatura y humedad horaria del análisis climático. Con respecto a la temperatura exterior, podemos observar que es baja con respecto al interior oscilando entre 18.02°C y 19.77°C.

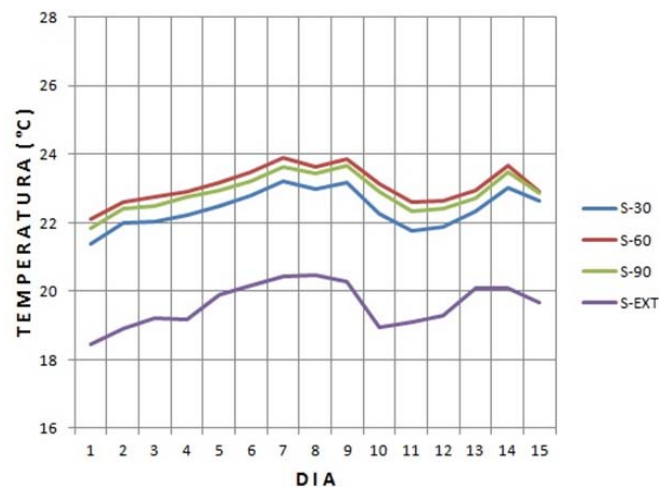


Figura 6.2 Temperaturas en el periodo de invierno con PET relleno de aserrín



6.1.3 GRÁFICA DE HUMEDAD ASERRIN PERIODO DE INVIERNO

Para este mismo caso en la gráfica de humedad, figura 6.3, podemos apreciar que marcan los dispositivos colocados a 60 cm y 90 cm de altura, la humedad es constante en los primeros 14 días, oscilando entre 85% y 90% no así la de 30 cm que es la más cercana al techo manteniéndose constante en 100% de humedad. En cuanto a la humedad exterior se aprecian porcentajes entre el 30% y 50% de humedad.

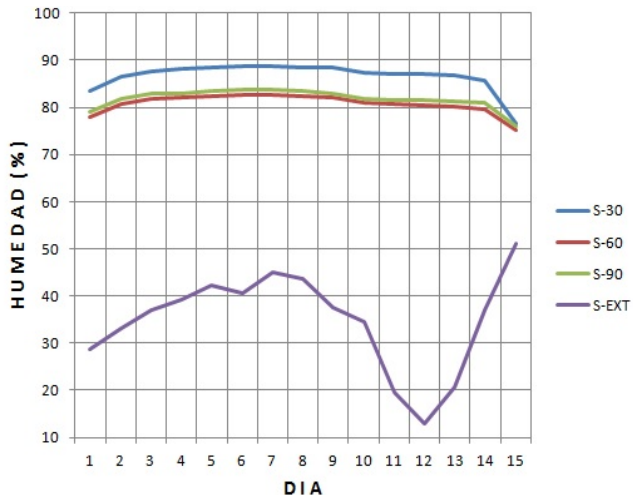


Figura 6.3 Humedad en el periodo de invierno con PET relleno de aserrín.

6.1.4 GRÁFICA DE TEMPERATURA ASERRIN PERIODO DE PRIMAVERA

En la gráfica de temperatura del pet relleno con aserrín en la época de primavera, figura 6.4, se aprecia que se encuentra fuera del límite superior de confort por menos de un grado oscilando entre 21.97°C y 25.71°C tomando en cuenta que el límite superior, según la tabla de temperaturas y humedades, es de 25.1°C. Pudiendo solucionar estas variaciones con ventilación cruzada como estrategia de control pasivo para deshumidificar.

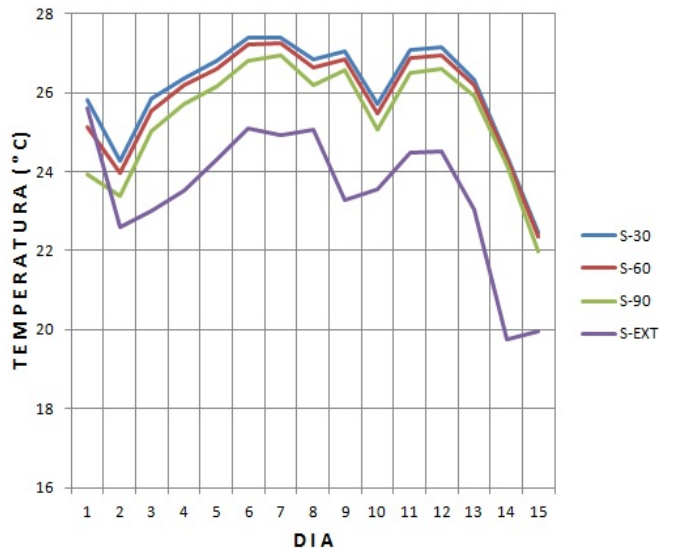


Figura 6.4 Temperaturas en el periodo de primavera con PET relleno de aserrín



6.1.4.1 GRAFICA DE TEMPERATURA ASERRIN PERIODO DE PRIMAVERA

En la gráfica de humedad, figura 6.5, se observar que en cualquiera de los caso, a 30, 60 y 90 cm, se encuentra oscilando entre 93% y 100% la humedad sale totalmente de los límites de confort que oscilan entre 30% y 70%, según los datos de las tablas de temperaturas y humedades horarias. Mientras que la humedad exterior oscila entre 24% y 46%.

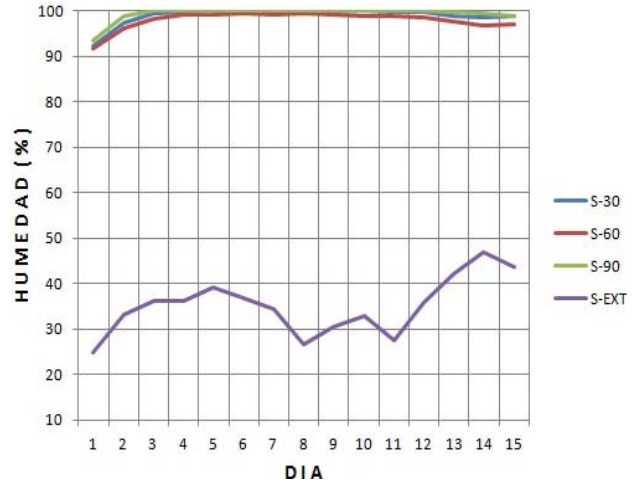


Figura 6.5 Humedad en el periodo de primavera con PET relleno de aserrín

6.1.5 GRAFICA DE TEMPERATURA ASERRIN PERIODO DE PRIMAVERA CON PINTURABLANCA

La figura 6.6 contiene las temperaturas en el periodo de primavera con pet relleno de aserrín y paredes externas del cubo pintadas de blanco. Para este caso podemos observar que las temperaturas a cualquier nivel oscilan entre 21.1°C y 25.31°C, estando muy cerca del límite superior de confort.

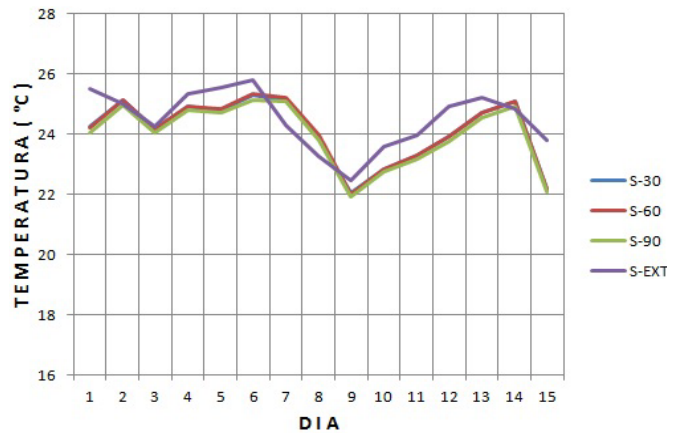


Figura 6.6 Temperaturas en el periodo de primavera con PET relleno de aserrín y paredes



6.1.4.1 GRAFICA DE HUMEDAD ASERRIN PERIODO DE PRIMAVERA CON PINTURA BLANCA

En la figura 6.7 se muestra la humedad durante periodo de primavera con pet relleno de aserrín y paredes externas del cubo pintadas de blanco. Se aprecia que la humedad llega al límite del 100%, para mitigar el alto porcentaje de humedad se puede implementar como estrategia de control pasivo la ventilación y el calentamiento solar directo pudiendo lograr así los límites de confort que es entre 30% a 70% normalmente según los datos obtenidos del análisis climático.

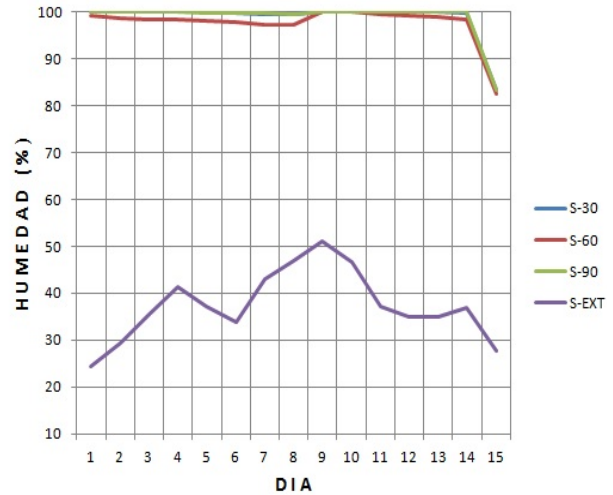
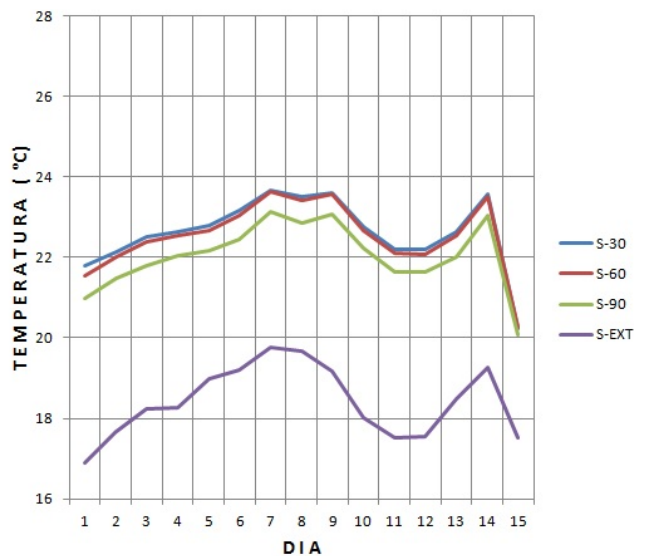


Figura 6.7 Humedad en el periodo de primavera con PET relleno de aserrín y paredes externas del cubo pintadas de blanco

6.1.6 GRAFICA DE TEMPERATURA TEPETATE PERIODO INVIERNO

En la figura 6.8, las temperaturas que se presentan son las del periodo de invierno en donde se aprecia un comportamiento estable oscilando entre 20.08°C Y 23.51°C, ubicándose dentro de la zona de confort. En cuanto a la temperatura exterior podemos apreciar que se registran temperaturas que oscilan entre 16.9°C a 19.77°C, lo cual nos permite deducir que el material con el que está construido el modelo experimental, está estabilizando la temperatura.



6.1.5.1 Figura 6.8 Temperaturas en el periodo de invierno con PET relleno de tepetate



6.9 GRAFICA DE HUMEDAD ASERRIN PERIODO DE PRIMAVERA CON PINTURA BLANCA

En la figura 6.9 observamos que la humedad decae un 10% con respecto a las anteriores (90%), Lo cual resulta lógico ya que la temperatura es inversamente proporcional a la humedad, “a menor temperatura mayor humedad”.

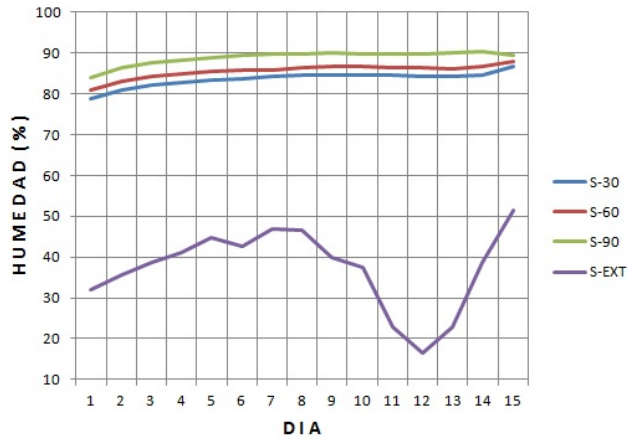


Figura 6.9 Humedad en el periodo de invierno con PET relleno de tepetate

6.1.6 GRAFICA DE TEMPERATURA TEPETATE PERIODO DE PRIMAVERA

En la figura 6.10 se puede observar que las temperaturas oscilan entre 22°C y 24°C, por lo que son temperaturas estables y confortables.

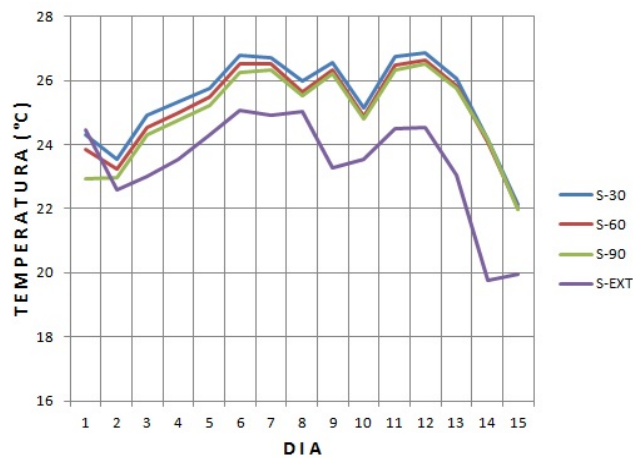


Figura 6.10 Temperaturas en el periodo de primavera con PET relleno de tepetate



6.1.7GRAFICA DE HUMEDAD TEPETATE PERIODO DE PRIMAVERA

En la figura 6.11 se muestra el porcentaje de humedad en el periodo de primavera con pet relleno de tepetate, en donde la humedad en el interior oscila entre 98% y 100%, la cual se puede mitigar utilizando ventilación como estrategia de deshumidificación.

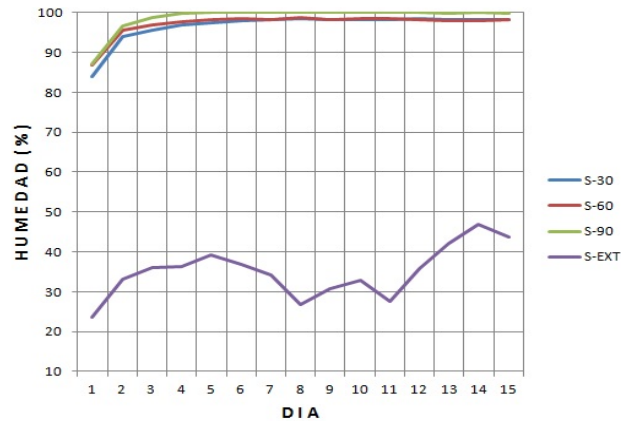


Figura 6.11 Humedad en el periodo de primavera con PET relleno de tepetate

6.1.6 GRAFICA DE TEMPERATURA Y HUMEDAD TEPETATE PERIODO DE PRIMAVERA CON PINTURA BLANCA

En las figuras 6.12 y 6.13, al pintar el modelo con pintura blanca en sus paredes exteriores ayuda a tener una variación notable en la temperatura, con respecto a los cubos anteriores que no se les aplico pintura, lo cual favorece para poder tener un mejor control tanto de la temperatura como de la humedad interior, así mismo en estas graficas se confirma la estabilidad en los cubos de tepetate. Oscilando la temperatura entre 21.22°C a 24.34°C y la humedad se mantiene en 100% debido a que no hay una ventilación adecuada.

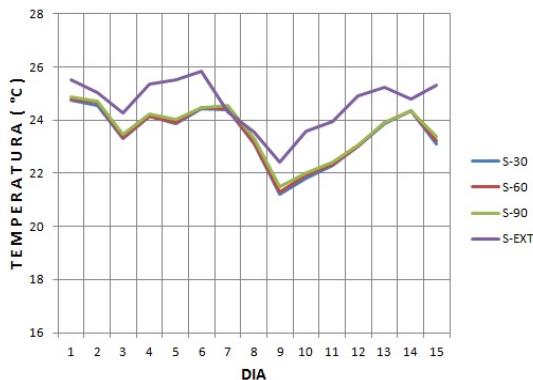


Figura 6.12 Temperaturas en el periodo de primavera con PET relleno de tepetate y paredes externas del cubo pintadas de blanco

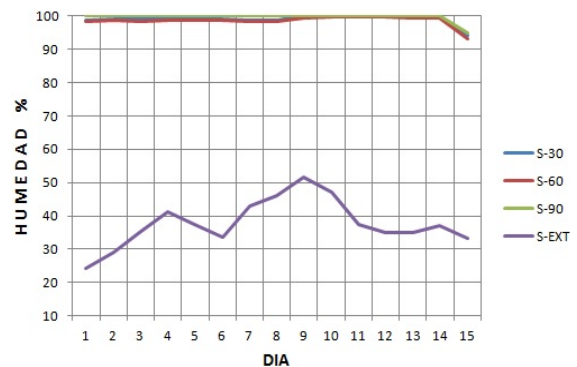


Figura 6.13 Humedad en el periodo de primavera con PET relleno de tepetate y paredes externas del cubo pintadas de blanco.



6.7 GRAFICA COMPARATIVO DE TEMPERATURAS Y HUMEDAD TEPETATE Y ASERRIN PERIODO INVIERNO

La figura 6.14, se muestran las temperaturas internas en invierno y la figura 6.15 muestra las humedades internas en el mismo periodo. En estas graficas podemos observar que ambos modelos se encuentran en los límites de confort de 21.1°C a 25.15°C, según el análisis climático, siendo el aserrín el que se encuentra con mayor temperatura con respecto al de tepetate, mostrando este último mejor estabilidad térmica con respecto al de aserrín. Sin embargo la humedad del módulo con aserrín logra reducir el porcentaje de humedad de manera importante.

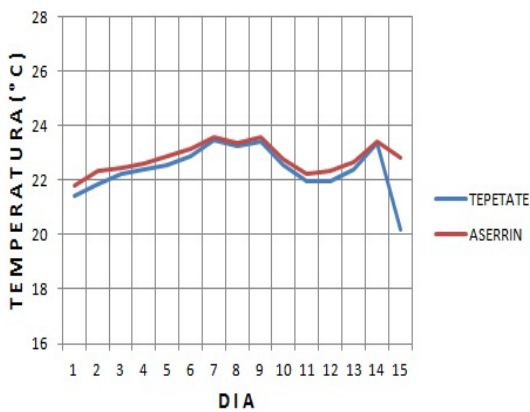


Figura 6.14 Comparativo de temperaturas internas registradas en invierno

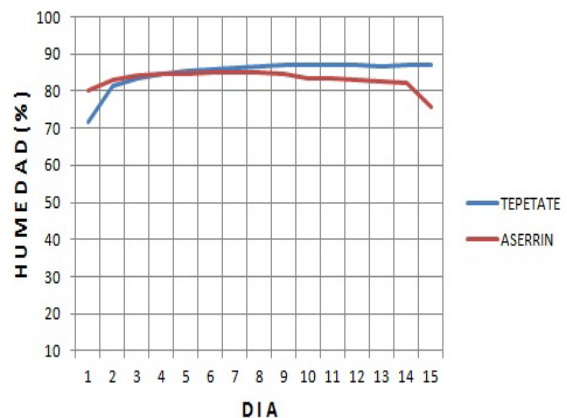


Figura 6.15 Comparativo de humedades internas registradas en invierno.

6.8 GRAFICA COMPARATIVO DE TEMPERATURAS Y HUMEDAD TEPETATE, ACERRIN, TEPETATE CON PINTURA Y ASERRIN CON PINTURA PERIODO PRIMAVERA

En las figura 6.16 se muestra un comparativo de temperaturas internas obtenidas en primavera, tanto del modelo relleno con tepetate como el relleno con aserrín sin aplicar pintura blanca, y su variación con la aplicación de pintura. Donde se puede observar que los modelos de tepetate y aserrín sin pintura cuentan con mayor temperatura la cual se puede controlar con ventilación. La figura 6.17 muestra los porcentajes de humedades internas en el mismo periodo y con las mismas características, se mantiene en 100%.

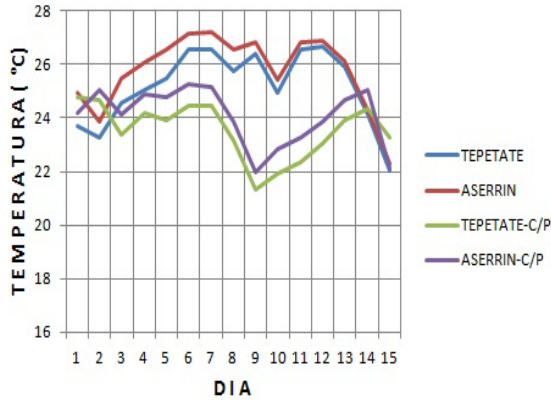


Figura 6.16 Comparativo de temperaturas internas registradas en primavera.

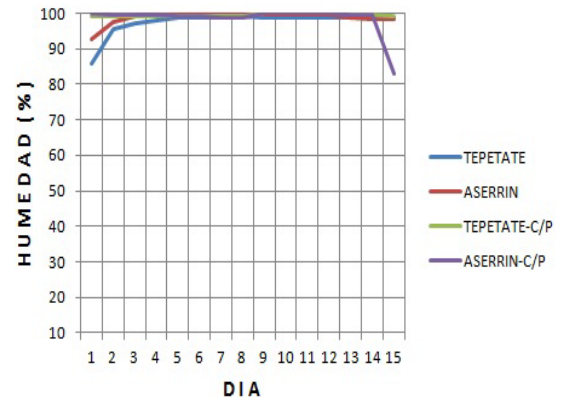


Figura 6.17 Comparativo de humedades internas registradas en primavera.

En las presentes graficas podemos apreciar que la temperatura interior en los modelos, tanto el relleno con tepetate como el relleno de aserrín, oscila entre 21.2°C y 25.15°C, ubicándolos dentro de los límites de confort, siendo el límite inferior 2.1°C y el superior de 25.1°C, según las tablas de temperaturas y humedad que nos indica el análisis climático. En cuanto a los porcentajes de humedad en todos los casos llegan hasta el 100% los cuales se recomienda mitigar con los controles estratégicos pasivos, como promover la ventilación o la ganancia solar directa en los días necesarios basándose en el análisis climático logrando así la estabilidad en temperatura y en humedad.

Lo más impórtate que se puede observar en las gráficas anteriores es la estabilidad que muestra los resultados del modelo de pet relleno con tepetate, se conserva en una temperatura con mayor estabilidad con respecto a la del modelo relleno con aserrín, (figura 6.14 y figura 6.15). Cabe mencionar que dichas diferencias entre ambos son mínimas y que con control pasivo, como se ha mencionado, se logren grados de temperatura y porcentajes de humedad interiores las cuales nos permitirá contar con un interior habitable.

También es importante mencionar que la aplicación de pintura blanca base de agua en las paredes exteriores de los modelos nos permite controlar mejor la temperatura interior, en cuanto a los porcentajes de humedad se podrán controlar con ventilación para deshumidificar al igual que en los casos en donde los cubos no se les aplico pintura.

Para el modelo relleno con tepetate sin pintura en periodo de invierno la temperatura promedio interior es 22.4°C con un 86% de humedad. Y en el periodo de primavera de 25.16°C con 98% de humedad.



Para el modelo relleno con aserrín sin pintura la temperatura promedio interior es de 23.55°C con humedad de 99.1 %.

En el caso del modelo relleno con tepetate y con pintura blanca base agua en el periodo de primavera cuenta con una temperatura interior promedio de 23.55°C con 99.1% de humedad.

El modelo relleno con aserrín con pintura blanca base agua, en el periodo de primavera cuenta con una temperatura interior promedio de 24.08°C y 98.42% de humedad.

En la tabla 6.1, a manera de resumen, podemos apreciar los grados de temperaturas y porcentajes de humedad promedio que se presentan en cada caso. Podemos observar que las temperaturas interiores promedio se encuentran dentro de la zona de confort para el caso de los dos modelos utilizados tanto al que se le aplico pintura como al que no se le aplico. Los porcentajes de humedad se registran a más de 99.1 %.

MODELO	INVIERNO		PRIMAVERA	
	TEMPERATURA(°c)	HUMEDAD (%)	TEMPERATURA(°c)	HUMEDAD (%)
RELLENO CON TEPETATE SIN PINTURA	22.4	86.01	25.16	98.8
RELLENO CON ASERRIN SIN PINTURA	23.55	99.1	25.77	98.78
RELLENO CON TEPETATE CON PINTURA	sin medicion	sin medicion	23.55	99.1
RELLENO CON ASERRIN CON PINTURA	sin medicion	sin medicion	24.08	98.42

Tabla 6.1 Temperaturas y porcentajes promedio



6.1.2 ANALISIS DE COSTOS

Para realizar un panel de 1.22 x 2.44 m elaborado a base de botellas de pet de 600 ml relleno de tepetate se deberán gastar \$907.54 por panel, estamos hablando que el precio por m² de este material es \$302.54 pesos; el panel relleno de aserrín tendrá un costo de \$886.64 pesos, quiere decir que el m² es de \$295.54 pesos; el muro construido con tabicón, cemento y arena tiene un costo de \$1,315.62 pesos y el metro cuadrado es de \$438.54 pesos.

Dicho lo anterior la comparativa quedaría de la siguiente manera:

TIPO DE MURO	PRECIO POR PANEL 1.22 X2.44	PRECIO POR M2
Relleno con tepetate	\$907.54	\$302.54
Relleno con aserrín	\$886.64	\$295.54
Construido con tabicón	\$1,315.62	\$438.54

Tabla 6.2 Comparativa de precios

El precio del panel construido a base de botellas de PET de 600 ml es más económico relleno de cualquiera de los dos materiales con respecto con el muro de tabicón.

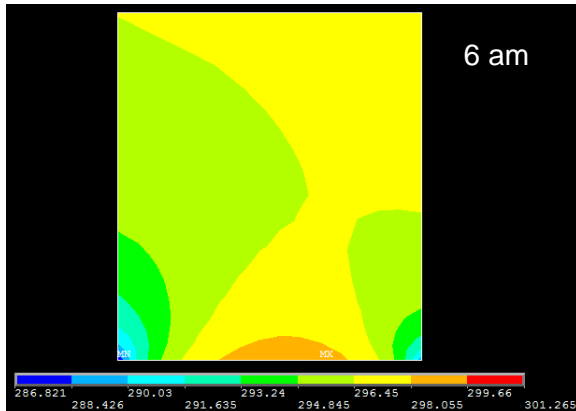
Tipo de muro	Precio por panel	Precio por m2	Ahorro por panel con respecto a muro de tabicón	Ahorro por M2 con respecto a muro de tabicón
Relleno con tepetate	\$907.54	\$302.54	\$408.08	136.00
Relleno con aserrín	\$886.64	\$295.54	\$429.98	143.00

Tabla 6.3 Comparativa de ahorro.

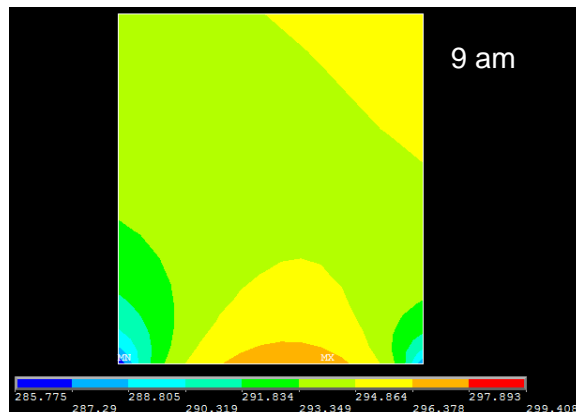
De acuerdo a los resultados anteriores podemos decir que el ahorro que nos representa es considerable utilizando el sistema de construcción que se propone en el presente trabajo. Así mismo de la viabilidad de auto construcción donde todos los miembros de la familia o de una comunidad pueden participar, relleno de las botellas y formando los paneles para construir sus viviendas.



6.2 MODELO NUMERICO



El modelo numérico nos muestra la distribución de temperatura dentro de los modelos utilizados. La figura 6.18 se refiere al modelo con relleno de aserrín, en donde podemos apreciar que se encuentra con temperaturas dentro confort térmico durante todo el día, confirmando los resultados de las gráficas ya comentadas con anterioridad.



También podemos observarlo en el código de colores que nos da la imagen del modelo experimental que se encuentra en la parte inferior de cada imagen, el cual va de azul a rojo indicando el azul temperaturas bajas y el rojo temperaturas altas. Por lo que podemos decir que la temperatura interior se encuentra en confort térmico predominando en el interior de estos el color verde y amarillo en los horarios de 6 am, 9.am y 12 pm.

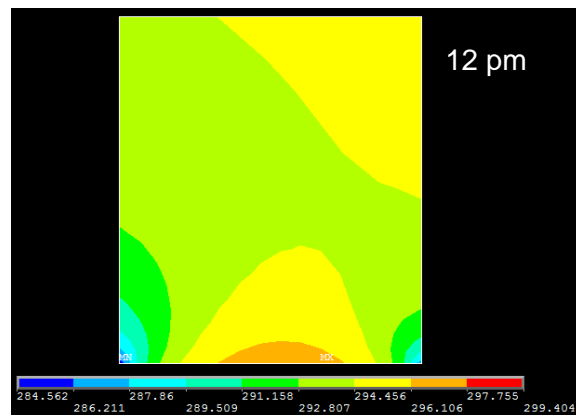
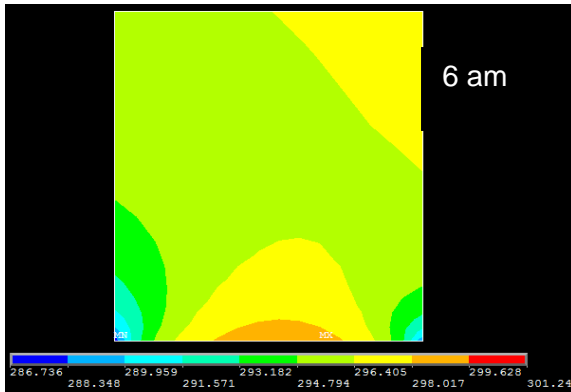
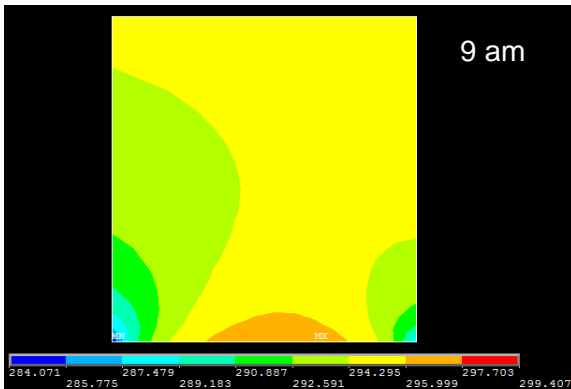


Figura 6.18 Vista frontal Norte (ventana en el cubo) de la distribución de temperaturas (K) obtenidas por MEF en el aire contenido en el centro del cubo con pet relleno de aserrín.



El modelo numérico nos muestra la distribución de temperatura dentro de los modelos utilizados. La figura 6.19 se refiere al modelo con relleno con tepetate. En donde podemos apreciar que se encuentra con temperaturas dentro del confort térmico durante todo el día, confirmando los resultados de las gráficas ya comentadas con anterioridad.

Se confirma la estabilidad térmica de tepetate



También podemos observarlo en el código de colores que nos da la imagen del modelo experimental que se encuentra en la parte inferior de cada imagen que va de azul a rojo indicando el azul temperaturas bajas y el rojo temperaturas altas, por lo que podemos decir que la temperatura interior se encuentra en confort térmico predominando en el interior de estos el color verde y amarillo en los horarios de 6 am, 9am y 12pm con lo que también se confirma la estabilidad de material con el que está construido observando que el color verde es constante y su variantes son mínimas como lo vimos en su momento en las gráficas.

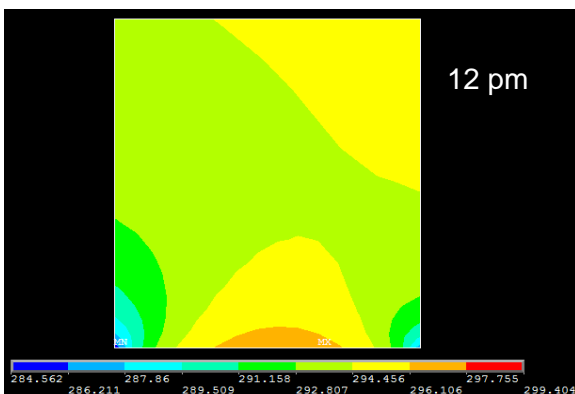
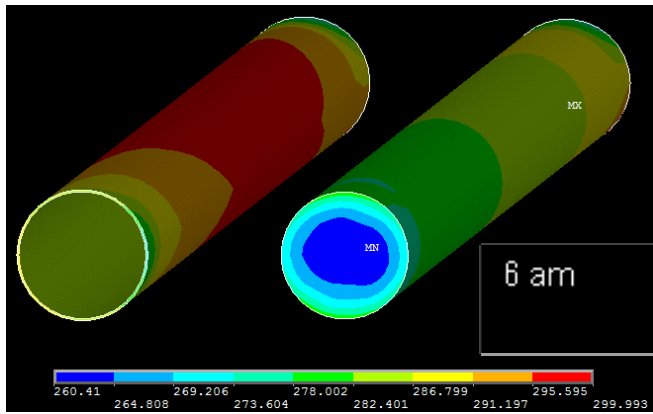
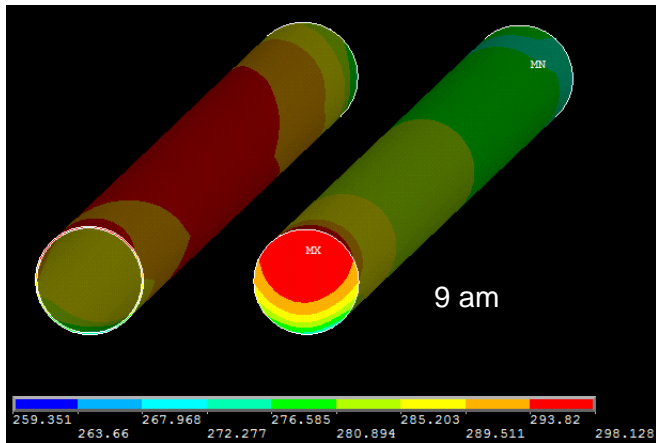


Figura 6.19 Vista frontal Norte (ventana en el cubo) de la distribución de temperaturas (K) obtenidas por MEF en aire contenido en el centro de cubo con pet relleno de tepetate.



Las figura 6.20 se refiere al modelo relleno con aserrín, nos muestra del lado izquierdo la simulación del pet solo sin relleno donde se observa que está guardando la temperatura y la humedad es decir, el pet está trabajando como aislante, mientras que el relleno en este caso de aserrín se encuentra a las 6 am con temperaturas bajas, a las 9 am registra temperaturas más altas y a las 12 pm la temperatura del relleno baja nuevamente. Mientras el pet se conserva con temperaturas altas durante todo el día.



Con lo anterior se puede deducir que la combinación de las temperaturas del relleno con la del pet favorece para obtener un confort térmico dentro del modelo.

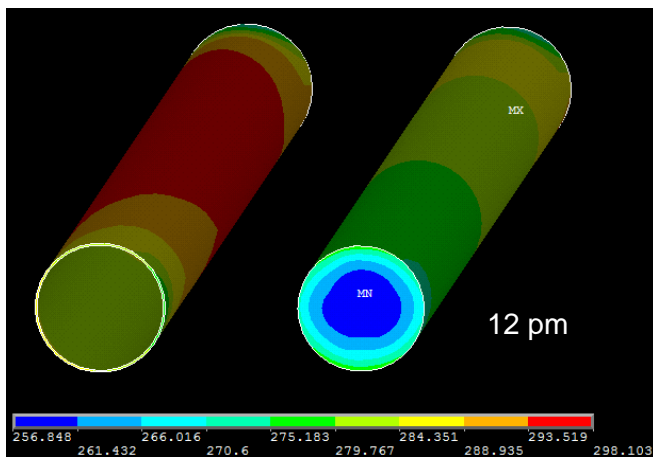
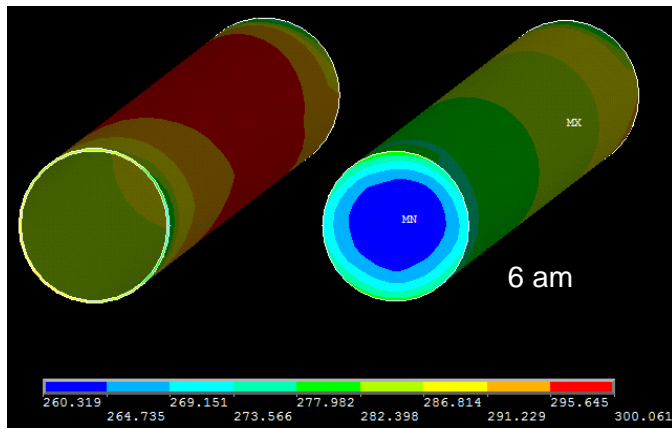


Figura 6.20 Distribución de temperaturas MEF en el pet y el aserrín.



La figura 6.1 se refiere al modelo relleno con aserrín. Muestra del lado izquierdo la simulación del pet sin relleno donde podemos observar que está guardando la temperatura y la humedad es decir, el pet está trabajando como aislante, mientras que el relleno en este caso tepetate con temperaturas bajas durante todo el día.

Con lo anterior podemos deducir que la combinación de las temperaturas del relleno con la del pet nos favorece para obtener un confort térmico dentro del modelo, se confirma la estabilidad térmica del pet.

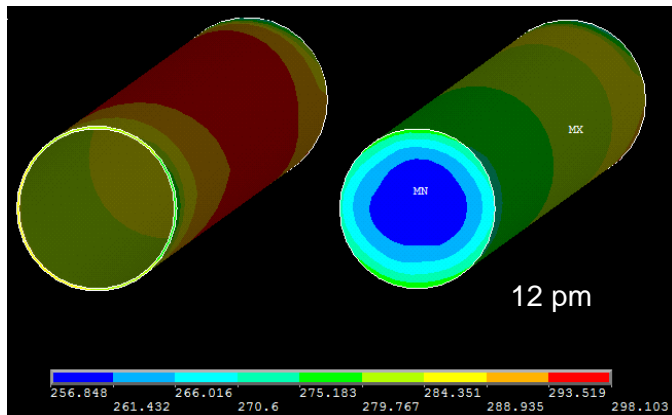
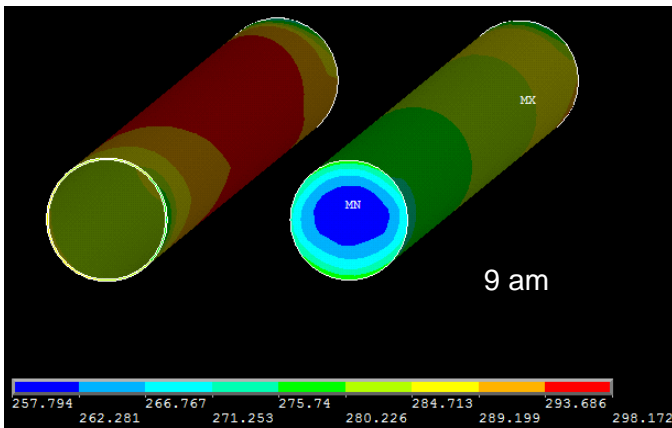


Figura 6.21 Distribución de temperaturas obtenidas por MEF en el pet y el tepetate



6.3 CONCLUSIONES

- 1.- El pet es un alto contaminante por el exceso de consumo diario a nivel mundial.
- 2.- Si se promueve el uso del sistema constructivo propuesto en el presente trabajo podría ser significativo para el impacto ambiental.
- 3.- Existe materia prima suficiente para promover este sistema constructivo y dar una solución a la falta de vivienda o mejoramiento de la misma.
- 4.- Este sistema constructivo es una opción técnica y económicamente viable para darle un segundo uso a la botella de pet.
- 5.- Se comprueba que el material con lo que se construyeron los modelos se encuentra en zona de confort térmico de acuerdo al análisis climático que nos indica que se encuentre entre los 21.1°C a los 25.1°C y los límites de humedad de 30% y 70% siendo los resultados en el interior de los modelos los siguientes:
 - a) Para el modelo con relleno de tepetate sin pintura en invierno 22.4°C y 86.01% de humedad, para este caso en el periodo de primavera 25.16°C y 98.8% de humedad.
 - b) Para el modelo con aserrín sin pintura en la época de invierno 23.55°C y 99.10% de humedad. Para este mismo caso en el periodo primavera 22.77°C y 98.78% de humedad.
 - c) Para las pruebas del modelo de tepetate con pintura aplicada en sus paredes externas se obtiene que la temperatura interior es de 23.55°C y 98.42% de humedad.
 - d) Para las pruebas del modelo de aserrín con pintura aplicada en sus paredes externas se obtiene 24.08°C y 98% de humedad.



6.- En el modelo de pet relleno con tepetate se conserva en una temperatura con mayor estabilidad con respecto al modelo relleno con aserrín, cabe mencionar que las diferencias entre ambos son mínimas y se propone como trabajo futuro la implementación de un control pasivo de ventilación cruzada para deshumidificar y que obtengan medidas de temperatura y humedad que permitir contar con un interior habitable óptimo para el clima semi frio seco.

7.- Se observa que la aplicación de pintura blanca base de agua en las paredes exteriores de los modelos permite controlar mejor la temperatura interior. En cuanto a los porcentajes de humedad se podrán mejorar con ventilación cruzada para deshumidificar al igual que en los modelos donde no se les aplico pintura.

8.- Se comprueba que el m2 construido con este sistema alternativo a base de pet es más económico relleno de tepetate o aserrín con respecto con el muro de tabicón siendo los precios los siguientes:

a) Para el de muro de pet con relleno de tepetate el precio por m2 es de \$ 302.54

b) El pet relleno de aserrín es de \$295.54

c) El material tradicional con tabicón de \$ 438.54, resultando este último más caro \$136.00 pesos con respecto al de pet relleno de tepetate y \$143.00 con respecto al muro de pet relleno de aserrín.

9.- La aportación más significativa en la elaboración de esta investigación es poder conocer el comportamiento térmico del pet combinado con otros materiales en su interior como son el tepetate y aserrín. Con esta información se puede tener la opción de construir una vivienda con muros de pet, la cual podrá contar con confort térmico durante todo el año para un clima semi frio seco, será económica, y que se puede auto construir con la participación de toda la familia.

- 1.- S/A (2010) Historia del PET, España. <http://www.eis.uva.es/~macromol/curso04-05/pet/historia.html>
- 2.-Escuela de Ingenierías Industriales – Uva depto. De Química Orgánica, [febrero 2012] Disponible en: http://www.eis.uva.es/~macromol/curso05-06/pet/un_poco_de_historia.htm
- 3.- Sistema de construcción con paneles de poliestireno expandido inserto en mallas metálicas, Rhéal Coupal - 8 diciembre, 2011. [2012] Disponible en: <http://www.inmomundo.com/articulos/08122011/sistema-de-construccion-con-paneles-de-poliestireno-expandido-inserto-en-mallas-metalicas.htm>
- 4.- BARRETA, ARGUELLO, 2010 [2011] “Nuevos materiales para la construcción: plásticos reciclados”, Centro experimental de la Vivienda Económica CEVE, Instituto de investigación del Consejo Nacional de Investigación Científicas y Tecnológicas de la República de Argentina. CONICET., Argentina, pp.1-10.
- 5.-Creamos un ladrillo más resistente que el tradicional, Mery Cárdenas - Periodista Desechos.net. Disponible en: <http://www.eco-tecnologia.com>, [2011]
- 6.- Mineo, N. Jáuregui, U. Autoconstrucción en Olavarría una experiencia en gestión y recursos humanos. [2012] Anales SAM 1999.pp.287-289. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/111010061/Autoconstruccion-en-Henderson-Con-Suelo-Cemento>
- 7.- ONG Development Association for Renewable Energies (DARE),” Casa hecha con botellas de plástico en Nigeria”. [23 diciembre, 2011], [Consultado 2012] Disponible en: blogs.funiber.org <http://espaciosustentable.com/casa-hecha-con-botellas-de-plastico-en-nigeria/>
- 8.- Alvarado, P Lacasadebotellas.com.ar [6 de Febrero de 2010] [Consultado 2011] La casa de botellas pet, ejemplo de reutilización y arquitectura modular. Disponible en: <http://www.tuverde.com/2010/02/argentina-casa-de-botellas-de-plastico-en-puerto-iguazu-fotos/>
- 9.- Gutiérrez, A, [20 mayo, 2011], [Consultado 2012] “ Eco ark, impresionante edificio construido con botellas de pet”. Disponible en: <http://generacionsostenible.blogspot.mx/2011/05/eco-ark-impresionante-edificio.html>
- 10.- Academia, Publicada: 18 de septiembre 2010. Crea el IPN técnica para construcción con PET y cartón. Crónica p. 39.

- 11.- Agencia Conacyt, Diseñan prototipos de casas hechas con botellas de PET y con paja, Periódico La Jornada ciencia, [Miércoles 1º de diciembre de 2010], p. 6,
- 12.-JUAREZ César A., VALDEZ Pedro L, [jul-sept. 2007] [2010], "Participación de la mujer en un sistema de auto construcción sustentable." en Revista Ciencia UANL, Red de Revistas certificadas de América Latina y el Caribe, España, y Portugal, Universidad Autónoma del Estado de México, Monterrey, México. pp. 307-314.
- 13.- Liderazgo joven, Entrevista Rafael Salas para TVC ambiental [2010], [2012], - Casa de Botellas en Tlaxcala. Disponible en: <http://liderazgojoven.com/actividades/fuerza-informativa-azteca-liderazgo-joven>
- 14.- INEGI, Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo, 3er. trimestre de 2012. [2013], Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/>
- 15.- Normales Climatológicas por Estación, CONAGUA, [2011], [2012] Disponible en: http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=75
- 16.- Servicio Meteorológico Nacional, [2011], [2012]. Av. Observatorio 192, Col. Observatorio, Del. Miguel Hidalgo. C.P. 11860, México D.F. Tel. (55) 2636-4600
- 17.- Fuentes, FV 2004 Clima y arquitectura UAM pp. 143, 150,169,

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTARIA

- 18.-S/A (1987) Tesis de Licenciatura, Cap. 3 "Polietileno y Teraftalato", Uam- A, DF. México pp. 32-86.
- 19.- FLOESE Andreas (2005) Manual de construcción "tanque de almacenamiento de agua", ECO-TEC Soluciones ambientales, Monterrey, México.
- 20.- GAGGINO Rosana (2003) "Elementos constructivos con PET reciclado" en Revista Tecnología y Construcción del Instituto de desarrollo Experimental de la Construcción-IDEC faculta de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela N°II, VOL.19, Caracas Venezuela. pp. 51-64.
- 21.- (2004) "Un nuevo desafío: construir con materiales reciclados" en Revista Vivienda Popular de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de la República, N° 14

BIBLIOGRAFIA

- 22.- GARCÍA Chávez José Roberto (2010) "Fabrican casas con PET" en construyendo.com, México, DF. pp. 1-2.
- 23.- SIKA RESPONDE (2004) "Piso de poliuretano basado en tecnología PET, libre de solventes", SIKA, México. pp. 1-4
- 24.- BENNATON, Alessa (otoño 2008) "Reciclando plástico... construimos", Eco Habitar N° 19. , Argentina. pp. 1-10.
- 25.- Instituto Nacional de Ecología INE (2008) "Anexo I: Experiencias en el manejo de residuos, experiencias en México: Asociación Para Promover El Reciclado del PET A.C. (APREPET)", INE, México. pp. 1-15, Disponible en: <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/345/anexo1.html>
- 26.- Gobierno del Distrito Federal (2001) El PET y su situación actual en el Distrito Federal GDF Secretaría del Medio Ambiente, Dirección de Proyectos de agua, suelo y residuos. México, pp. 1-23. <http://www.sma.df.gob.mx/rsolidos/04/01clave.pdf>
- 27.- GARCIA, Olivares, Arnulfo Arturo (2001) Recomendaciones táctico-operativas para implementar un programa de logística inversa. EUMED, México, pp. 1-163. <http://www.eumed.net/libros/2006a/aago/a5f.htm>, (2013)
- 28.- MORALES, Yessica (03 Junio 2010) "Edifican Muros de PET", Diario de Morelos (Versión digital), Morelos, México. http://www.diariodemorelos.com/index.php?option=com_content&task=view&id=65828&Itemid=96. (2013)
- 29.- BASURILLAS. ORG (16 Abril 2008) "Cómo reutilizar botellas de plástico", Baurillas.Org, México. <http://www.basurillas.org/como-reutilizar-botellas-de-plastico/>, (2013)
- 30.- CONICET (04 Octubre 2010) "Tecnología para la producción de viviendas sociales", CONICET. Argentina <http://www.conicet.gov.ar/NOTICIAS/portal/noticia.php?n=6517&t=6>, (2011)
- 31.- APREPET (2010) "Reciclado de envases", Alfa Editores Técnicos. México http://www.alfaeditores.com/web/index.php?Itemid=65&id=1367&option=com_content&task=view (2013)
- 32.- CONACYT (2010) "Muros térmicos con desechos industriales", La Jornada en línea, México <http://ciencias.jornada.com.mx/noticias/muros-termicos-con-desechos-industriales>
- 33.- TALLER LA TRIBU (2008) "Casa de botellas PET- Construcción alternativa.", Uruguay <http://casadebotellasdepot.blogspot.com/2008/09/tecnica-de-encofrado-simple-liviano.html>
-

BIBLIOGRAFIA

- 34.- ARPET (2010) "Reciclados PET", Argentina
<http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IDEntrega=2542>, (2011)
- 35.- CENTROS PÚBLICOS DE INVESTIGACIÓN CONACYT (2007) "Corporación Mexicana de Investigación en Materiales, S.A. de C.V. (COMIMSA) Anuario 2007, Conacyt México
http://www.conacyt.gob.mx/Centros/COMIMSA/ANUARIO-2007_COMIMSA.pdf
- 36.- ACOSTA Domingo, VIVAS Christian, et. al. (Junio 2005) "Sistema de muros de mampostería estructural confinada con perfiles de acero para la vivienda de bajo costo", Tecnología y Construcción V. 21 N° 2, Caracas Venezuela http://www2.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-96012005000200005&lng=es&nrm=iso
- 37.- SUTTIL, Martín (Marzo 2009) "Casas ecológicas construidas con botellas de plástico", E-Sustentable.com, Argentina <http://www.esustentable.com/2009/03/casas-ecologicas-construidas-con-botellas-de-plastico/>, (2011)
- 38.- ARQUIMALISTA (28 Enero 2010) "Casa con muro de botellas", ARQUIMALISTA. España <http://www.arquimalista.es/2010/01/construccion-con-botellas-de-reciclaje.html>, (2011)
- 39.- MAÑANA. Carmen (29 Agosto 2010) "Viejas botellas, nuevo lujo.", El País.com, España. http://www.elpais.com/articulo/portada/Viejas/botellas/nuevo/lujo/elpepusoceps/20100829elpepspor_13/Tes, (2011)
- 40.- CENTRO EXPERIMENTAL DE LA VIVIENDA ECONÓMICA. (2010) "Nuevos materiales para mampuestos con plásticos reciclados", CENTRO EXPERIMENTAL DE LA VIVIENDA ECONÓMICA. ARG, Argentina <http://www.ceve.org.ar/ttplasticos.html>
- 41.- Asociación Nacional de Envase de PET, [2012]. www.anep.pet.com
- 42.- POR UN MUNDO MEJOR (2010) ¿Qué es el PET? Porunmundomejor.net, México DF. <http://porunmundomejor.net/index.php?sec=secc/pet.php> (2011)
- 43.- MUNDO PLAST (01 Junio 2010): "Faltan Botellas de PET para reciclar" ,Mundo Plast, España. <http://www.mundoplast.com/noticia/faltan-botellas-pet-para-reciclar/57396>, (2011)
- 44.- S/A (04 Septiembre 2005) "¿Qué es el PET?" Textoscintificos.com, México <http://www.textoscintificos.com/polimeros/pet>, (2011)
-

BIBLIOGRAFIA

- 45.- S/A (04 Septiembre 2005) "Uso del PET en envases alimenticios" Textoscientificos.com, México <http://www.textoscientificos.com/polimeros/pet/envases>
- 46.- CONCIENCIA EDUCATIVA (2009) "Centro de acopio de residuos sólidos" Conciencia Educativa, México <http://horusbak.blogspot.com/2009/05/centro-de-acopio-de-residuos-solidos.html>, (2011)
- 47.- S/A (2010) Análisis de desechos de plásticos PET, Universidad Don Bosco, Departamento de Medio Ambiente, El Salvador pp. 1-36 http://www.ccad.ws/proarca/p_proarca/pdf_sigma/Pet.pdf
- 48.- ARAICA Zepeda, Fidas Orlando (2010) "Reciclaje de Desechos Sólidos y Reforestación en los Centros de Estudios" México <http://www.monografias.com/trabajos70/reciclaje-desechos-solidos-reforestacion/reciclaje-desechos-solidos-reforestacion2.shtml>
- 49.- VILLADA, Hector S. Acosta Harold S. et. al. (2008) "Investigación de Almidones Termoplásticos, Precursores de Productos Biodegradables", Información Tecnológica Vol. 19 N° 2, Colombia <http://www.scielo.cl/pdf/infotec/v19n2/art02.pdf>
- 50.- S/A (2006) "Premiadas las mejores botellas de plástico del mundo en BottledWater World 2006", Interempresas.net, México <http://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/14584-Premiadas-las-mejores-botellas-de-plastico-del-mundo-en-BottledWater-World-2006.html>
- 51.- MONTECINOS José y TORRICO Ángel Proyecto 11 reciclaje de PET, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz Bolivia, La Paz, Bolivia <http://www.cpts.org/proyinvesti/PROYECTO11.pdf>
- 52.- S/A (2007) "En la UNAM desarrollan tecnología para el reciclaje del plástico" IRC, México <http://www.es.irc.nl/page/35695>
- 53.- FRERS, Cristian (2005) "El Reciclado de Plásticos", Ecoportal.net, Chile. http://www.ecoportal.net/Temas_Especiales/Basura - Residuos/El_Reciclado_de_Plasticos, (2011)
- 54.- SANTIAGO (2010) "Casas construidas con botellas de plástico: Una botella de plástico, un ladrillo", Un Blog verde, México <http://www.dforceblog.com/2010/09/01/casas-ecologicas-construidas-con-botellas-de-plastico/>, (2011)
- 55.- JUAREZ, Neri Victor Manuel (01 Agosto 2003) "Condiciones de la vivienda en la Zona Metropolitana del Valle de México en el año 2000." Scripta Nova: Revista electrónica de geografía y ciencias sociales. Vol.VII N°146, Barcelona, España [http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-146\(040\).htm](http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-146(040).htm)
-

BIBLIOGRAFIA

- 56.- MEJIA Velázquez, Osvaldo “La zona metropolitana de la ciudad de México: una zona habitable, pero sin habitabilidad. Un acercamiento desde la subjetividad”, Eumed.net, México <http://www.eumed.net/rev/tlatemoani/03/ovm.htm>
- 57.- BANCOMER (2007) Estudio del Mercado de Vivienda en el Estado de México. Municipios conurbados del DF, Toluca. BANCOMER, México http://www.hipnal.com.mx/not_edomex.html
- 58.- RECICLAMOS.ORG. (2010) “Recomendaciones para el reciclado del PET (botellas de plástico)”, reciclamos.org., México <http://www.reciclamos.org/reciclamos/?p=435>
- 59.- PISANO, Carlos A. CARDAMONE, Ulises, et al. Reciclado de PET: Estudio comparado de PET reciclado., Centro Tecnológico de Plásticos y Elastómeros Argentina http://www.arpet.org/en_linea/Propiedades%20del%20PET%20Reciclado.pdf, (2011)
- 60.- UNIVERPLAST DE MÉXICO, S. A. DE C. V. (2010) Resistencia química del PET, UNIVERPLAST DE MÉXICO, S. A. DE C. V., México http://www.univerplast.com.mx/pdf/resistencia_quimica_PET.pdf
- 61.- CASTRO Gama Jorge, SOLLEIRO Rebolledo, Elizabeth, et. al. (Abril 2007) “Los tepetates y su dinámica sobre la degradación y el riesgo ambiental: el caso del Glacis de Buenavista, Morelos”, Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana Tomo XII, N° 1 [http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/epoca04/5901/\(11\)Gama.pdf](http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/epoca04/5901/(11)Gama.pdf), (2011)
- 62.- Instituto Nacional de Ecología (2010) “Parte III: La situación de los residuos sólidos en México.”, Instituto Nacional de Ecología, México. <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/133/situacion%20en%20mexico.html>, (2011)
- 63.- CORTINAS de Nava Cristina (2003) Marco Legal y de Residuos sólidos en México, Slideshare, México <http://www.slideshare.net/enriquebio2/marco-legal-y-de-residuos-slidos-en-mexico>, (2013)
- 64.- Ecoaldeas, proyectos sustentables y permacultura en México (2010) “Proyecto San Isidro” México <http://imagopost.com/ecoaldeasmexico/2010/08/08/proyecto-san-isidro/>, (2013)
-