

# APLICACIONES DE MATERIAL RECICLADO PARA CONSTRUCCIÓN DE VIS

Asesor: Ing. Diego Echeverry Campos Ph.D

Ing. Fernando Acevedo Matos

Ing. Elías Majana Acosta



# CONTENIDO

- INTRODUCCIÓN
- OBJETIVOS
- METODOLOGÍA
- ANTECEDENTES
- CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL
- CARACTERÍSTICAS ARQUITECTÓNICAS
- INGENIERÍA DE VALOR
- ALTERNATIVAS
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

# INTRODUCCIÓN

## Vivienda (Artículo 51 de 1991)

Déficit  
(Demanda)

Cuantitativo

Cualitativo

3.9 MM Vivienda  
Nueva  
804 M Mejora\*

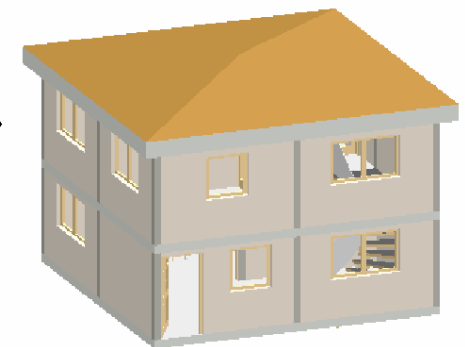
## Residuos sólidos reciclables

Desarrollo  
sostenible

Tamaño y vida útil  
de rellenos sanitarios

163 M Ton /mes\*\*

**Solución Integral**  
**Vivienda Económica Utilizando**  
**Material Potencialmente Reciclable**



\*2019 Visión Colombia II Centenario. DNP.3 Edición

\*\*Un modelo de optimización Dinámica del espacio Útil en el relleno de Doña Juana. Uniandes 2004

# MOTIVACIÓN



---

Medio Ambiente



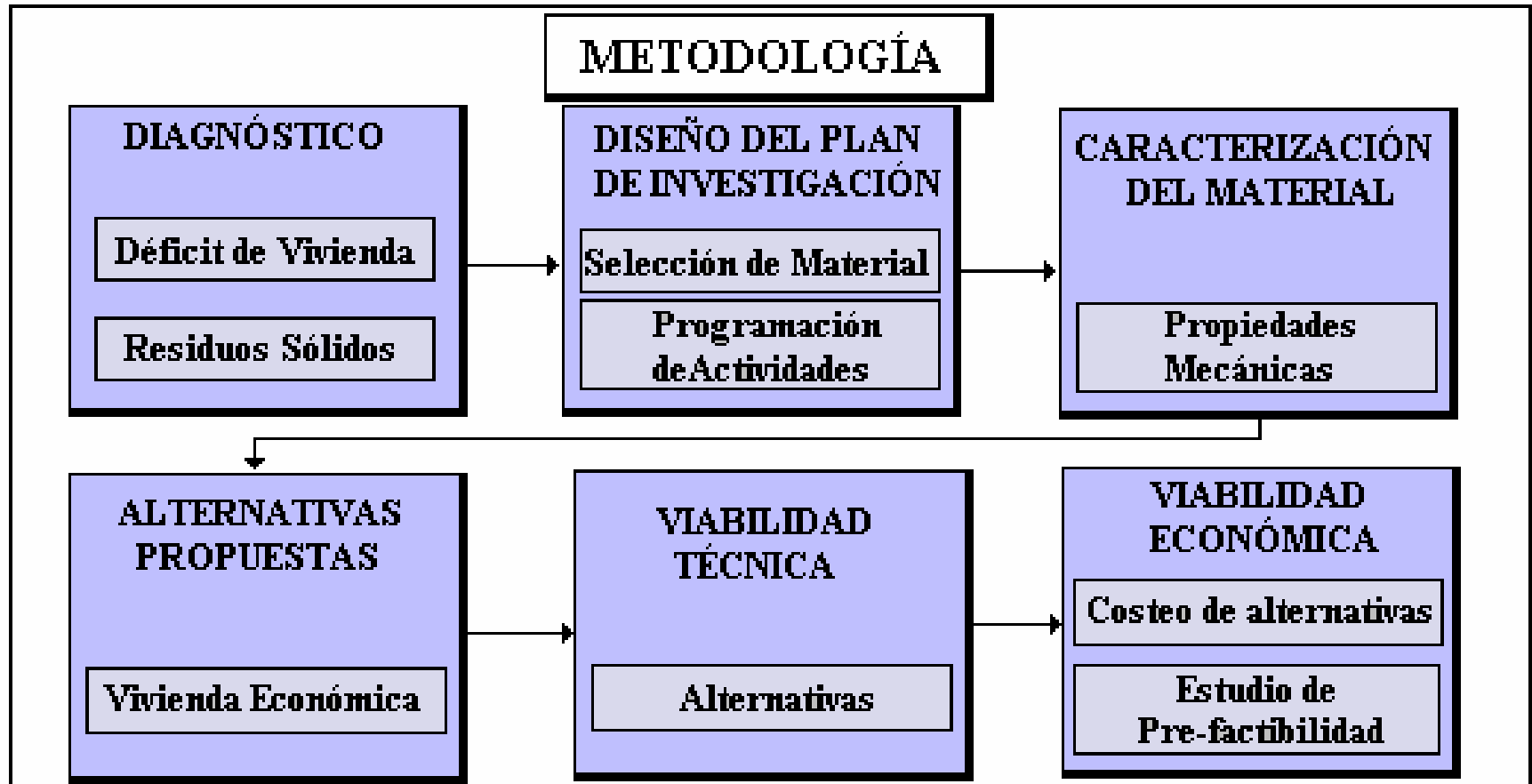
Vivienda



# OBJETIVO GENERAL

- Encontrar una aplicación para residuos sólidos potencialmente reciclables, en una actividad como la construcción que consume masivamente materiales, con el fin de dar una **solución integral** al déficit de vivienda y la preservación del medio ambiente.

# METODOLOGÍA

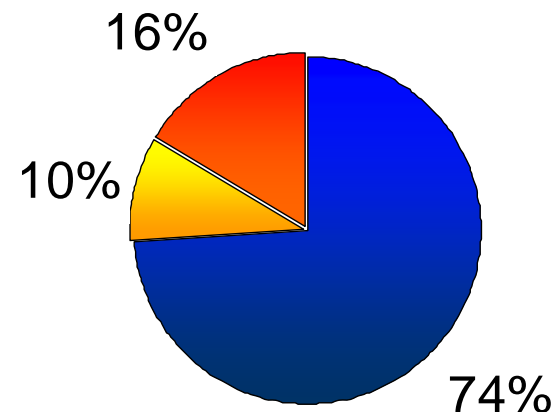


# ANTECEDENTES

## Déficit Habitacional Nacional 2002

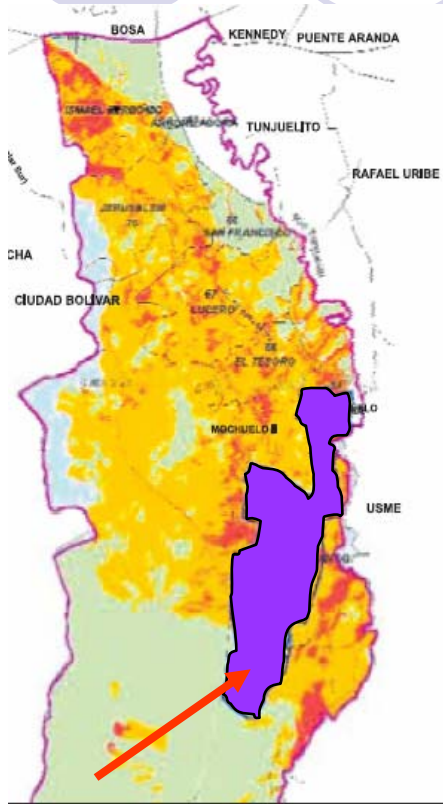
CARACTERÍSTICA	TOTAL NACIONAL	
HOGARES SIN DÉFICIT	7.516.662	73,8%
Hogar Principal	7.254.214	71,3%
Hogar secundario	262.448	2,6%
HOGARES CON DÉFICIT	2.662.427	26,2%
Déficit Cuantitativo	992.577	9,8%
Estructura	452.209	4,4%
Cohabitación	540.368	5,3%
Déficit Cualitativo	1.669.850	16,4%
Hacinamiento	429.629	4,2%
Servicios	579.091	5,7%
Hacinamiento y Servicios	55.925	0,5%
Estructura	253.298	2,5%
Estructura y Hacinamiento	70.964	0,7%
Estructura y Servicios	215.379	2,1%
Estructura, Hacinamiento y Ser	64.564	0,6%
Sin información	741	0,0%
TOTAL HOGARES	10.179.089	100,0%

### DÉFICIT DE VIVIENDA

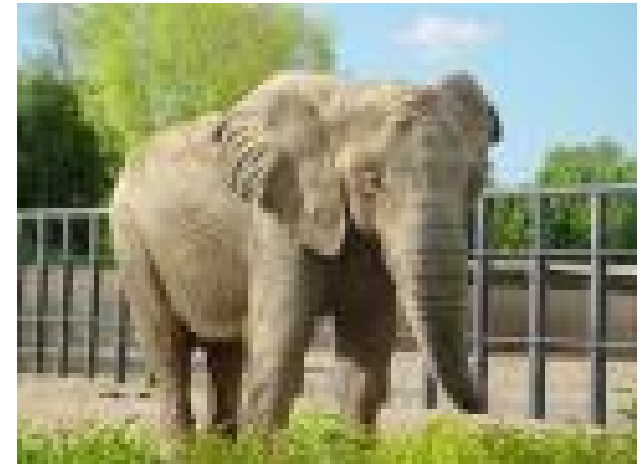


Fuente: DANE-Encuesta Continua de Hogares 2002

# ANTECEDENTES



**5435 TON/DIA  
DE RESIDUOS =  
SÓLIDOS**



**PESO DE 1.087  
ELEFANTES**

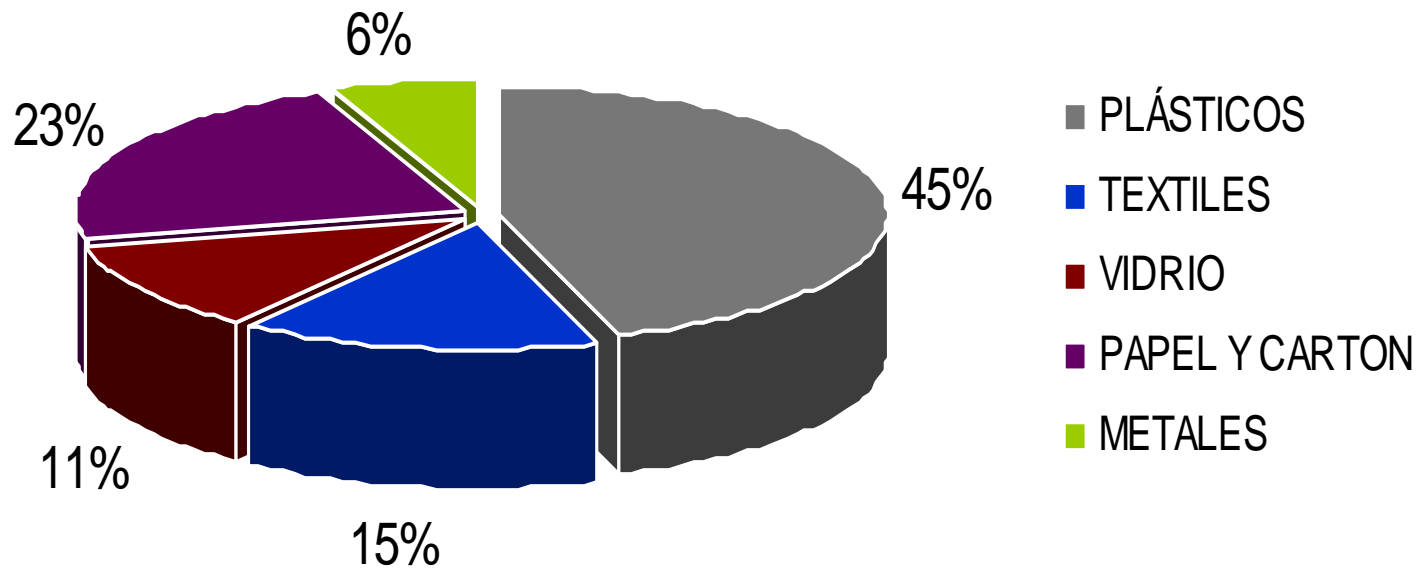
**RELLENO SANITARIO DOÑA JUANA**

FUENTE: ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE MPR DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ-UNIANDÉS ALCALDIA 2005



# ANTECEDENTES

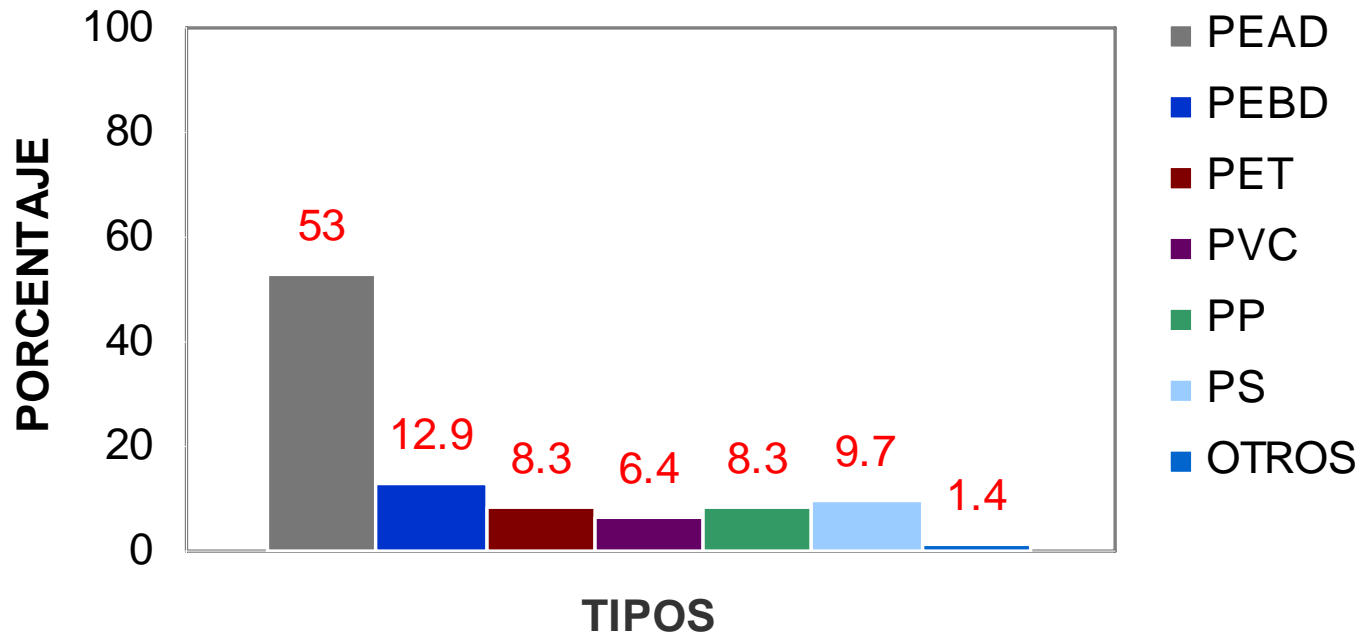
## COMPOSICIÓN MEDIA DE LOS MPR-RSDJ



FUENTE: ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE MPR DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ-UNIANDÉS ALCALDIA 2005

# ANTECEDENTES

## PORCENTAJES DE COMPONENTES EN LOS PLÁSTICOS



FUENTE: ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE MPR DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ-UNIANDÉS ALCALDIA 2005

# CÓDIGOS INTERNACIONALES DE PLÁSTICO

Tipo de plástico	Polietileno tereftalato	Polietileno de alta densidad	Cloruro de alta densidad	Polietileno de baja densidad	Polipropileno	Poliestireno
Abrev	PET	PEAD	PVC	PEBD	PP	PS
Cód	1	2	3	4	5	6
Ejemplo	Envases para gaseosas, aceites, agua mineral, cosmética, frascos varios (mayonesa, salsas, etc.).	Envases para: detergentes, lavandina, aceites automotor, shampoo, lácteos, bolsas para supermercados, etc	Envases para agua mineral, aceites, jugos, mayonesa. Perfiles para marcos de ventanas, puertas, caños para desagües domiciliarios y de redes, mangueras, blister para medicamentos, pilas, etc	Bolsas de todo tipo: supermercados, boutiques, panificación, congelados, industriales, etc.	Película/Film (para alimentos, snacks, cigarrillos, chicles, golosinas, indumentaria). Bolsas tejidas (para papas, cereales). Envases industriales (Big Bag). Hilos cabos, cordelería. Caños para agua caliente.	Potes para lácteos (yoghurt, postres, etc.), helados, dulces, etc. Envases varios, vasos, bandejas de supermercados y rotiserías. Heladeras:

# CARACTERÍSTICAS DEL PEAD

PROPIEDAD	UNIDAD	VALOR
TEMPERATURA DE DESCOMPOSICIÓN	°C	135
GRAVEDAD ESPECIFICA		0.94-0.96
DUREZA	N/mm <sup>2</sup>	40-65
MÓDULO DE TENSIÓN	MPa	700-1400
ESFUERZO A TENSIÓN	MPa	21-30
ESFUERZO A FLEXIÓN	MPa	36
MÓDULO DE FLEXIÓN	MPa	1103
ESFUERZO A CORTANTE	MPa	21
ESFUERZO A LA COMPRESIÓN	MPa	21
RESISTENCIA A LA ABRASIÓN		POBRE
COEFICIENTE DE FRICCIÓN		0.25
FLAMABILIDAD	Se quema con llama azul	
ESTABILIDAD QUÍMICA		
ÁCIDOS		Excelente
BASE		Excelente
SOLVENTE		Buena
ACEITES Y GRASAS		Excelente
LUZ SOLAR		Pobre

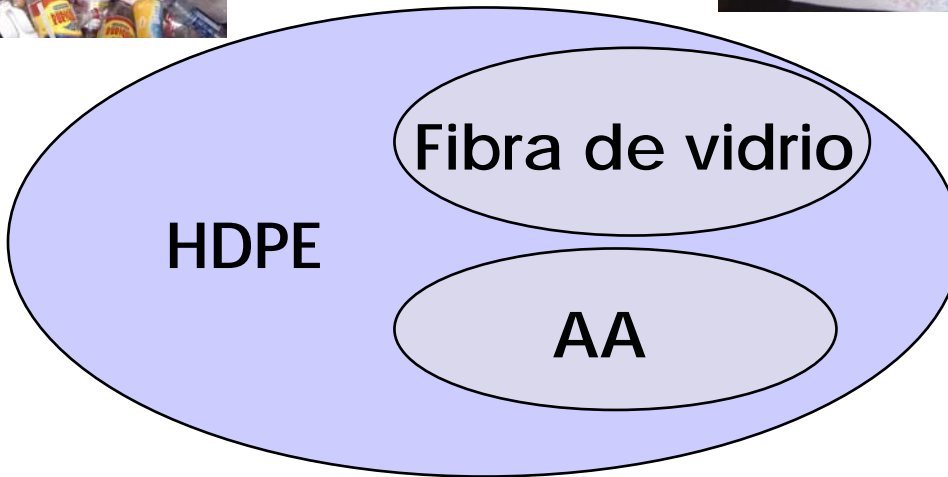
# CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL

- Compuesto: Combinación controlada de dos o mas materiales diferentes físicamente, con el fin de alcanzar una mezcla de mejores propiedades de las que tienen sus propios componentes. (POWELL, 1983)

# CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL



Fibra de Vidrio



Polietileno de alta densidad

Agente de acople (Polybond) 1:1



Aditivos (2%)

1. Flamabilidad
2. Resistencia UV
3. Estabilidad térmica

# PROCESO DE EXTRUSIÓN

En este proceso la alimentación se hace en forma de polvo o gránulos, el cual es sometido a calentamiento y compresión, dentro de un cilindro de gran longitud, hasta su punto de fusión, homogenización y plastificación, para salir aún caliente por la boquilla por donde se toma la forma del material producido. (DE CUSA 1979)



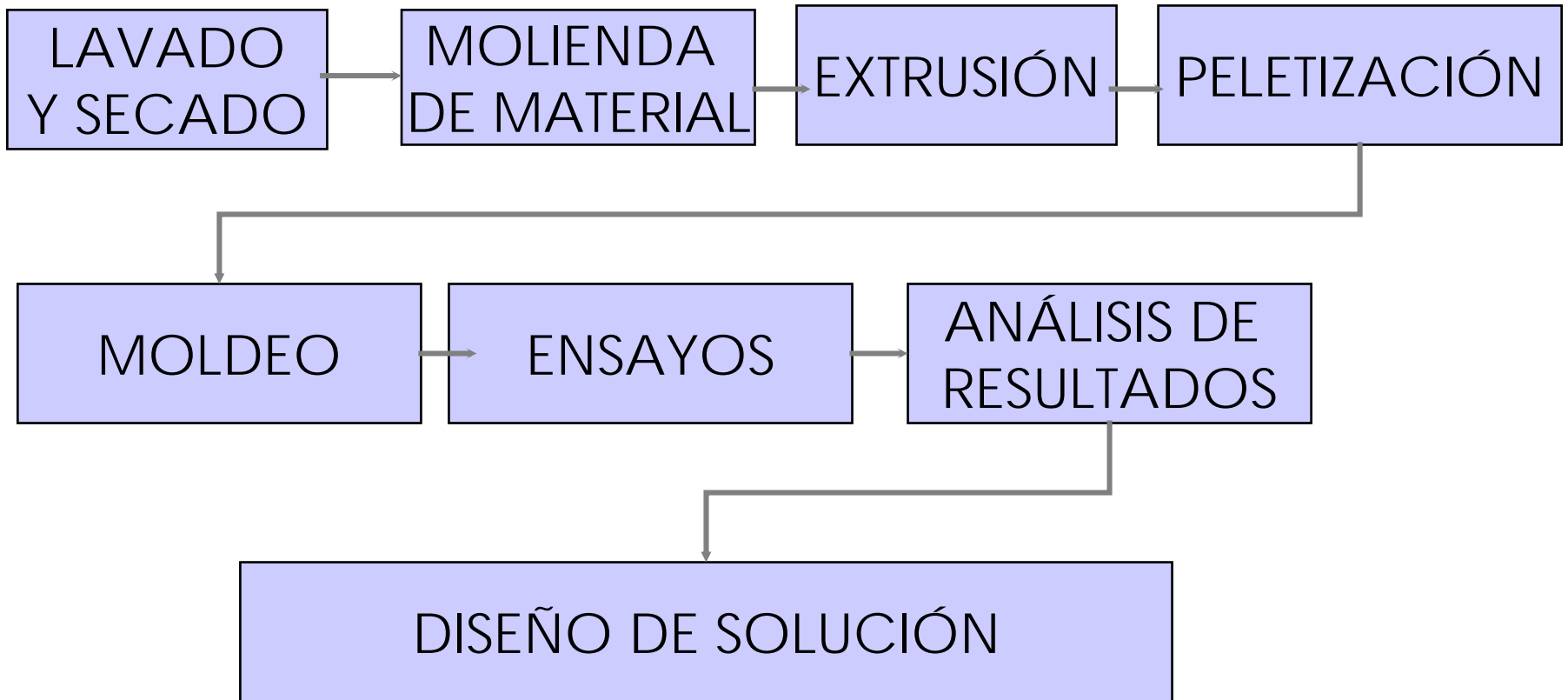
# DEFINICIÓN DE MEZCLAS

Mezcla 1	Mezcla 2	Mezcla 3
GF 30%	GF 20%	GF 10%
AA 30%	AA 20%	AA 10%
HDPE 40%	HDPE 60%	HDPE 80%

Nota: % medidos en peso

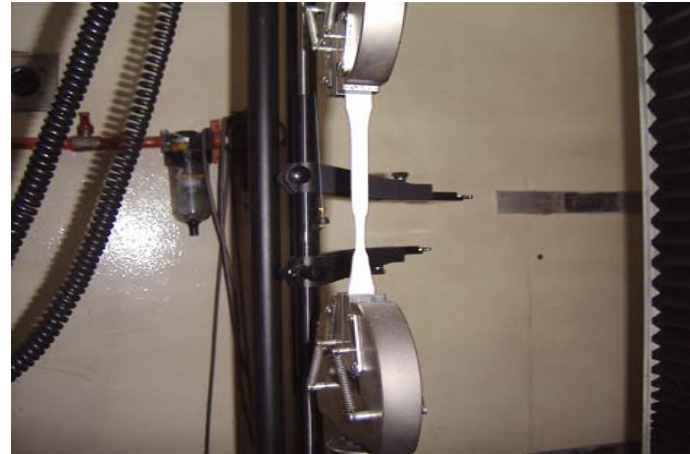


# DIAGRAMA DEL PROCESO

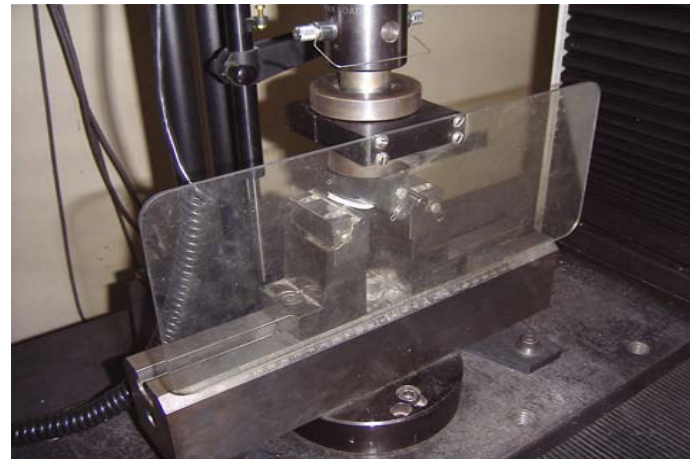


# PRUEBAS Y ENSAYOS

- Tensión  
(ASTM D638)



- Flexión  
(ASTM D790)

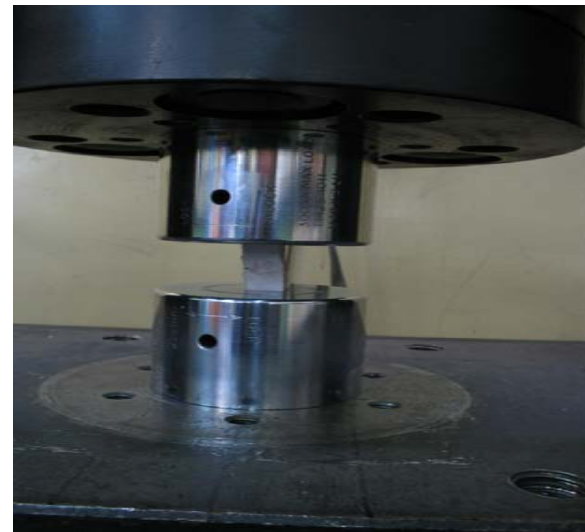


# PRUEBAS Y ENSAYOS

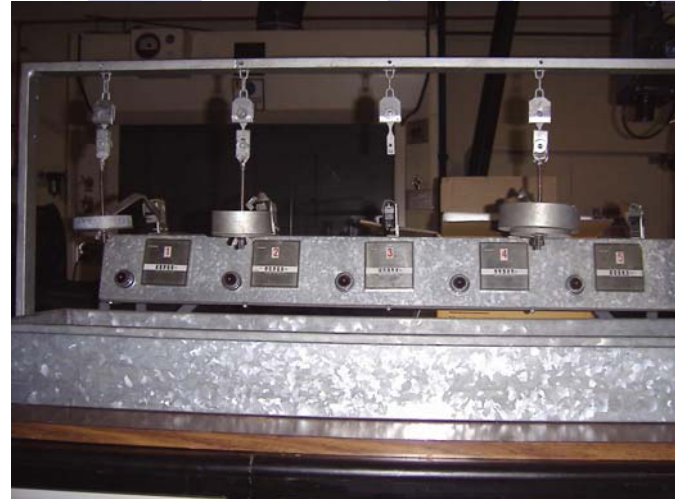
- Cortante:  
(No normalizado)



- Compresión:  
(ASTM D695)



# PRUEBAS Y ENSAYOS

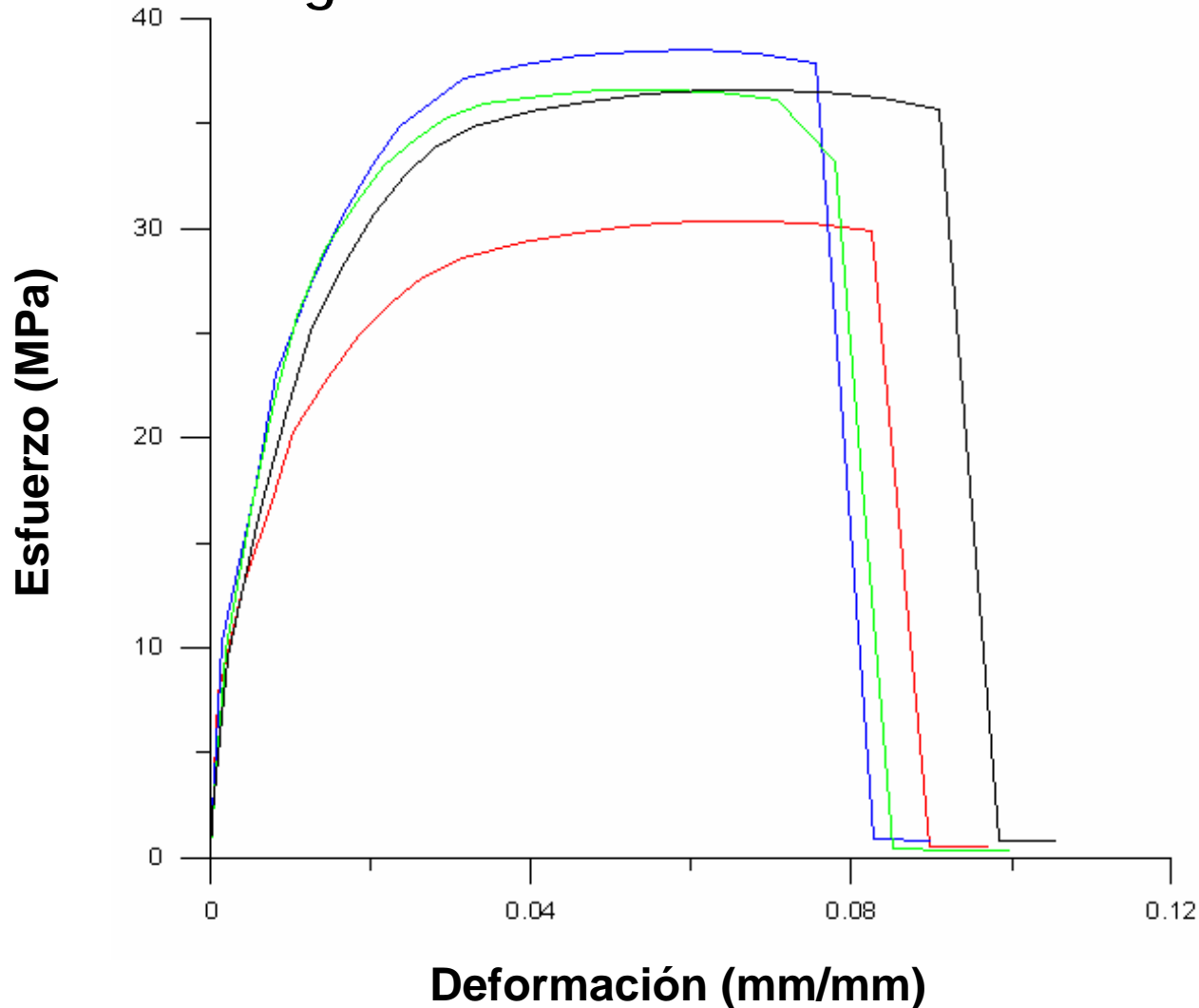


Creep  
→  
(ASTM D2990 Adaptado)



# ANÁLISIS DE RESULTADOS

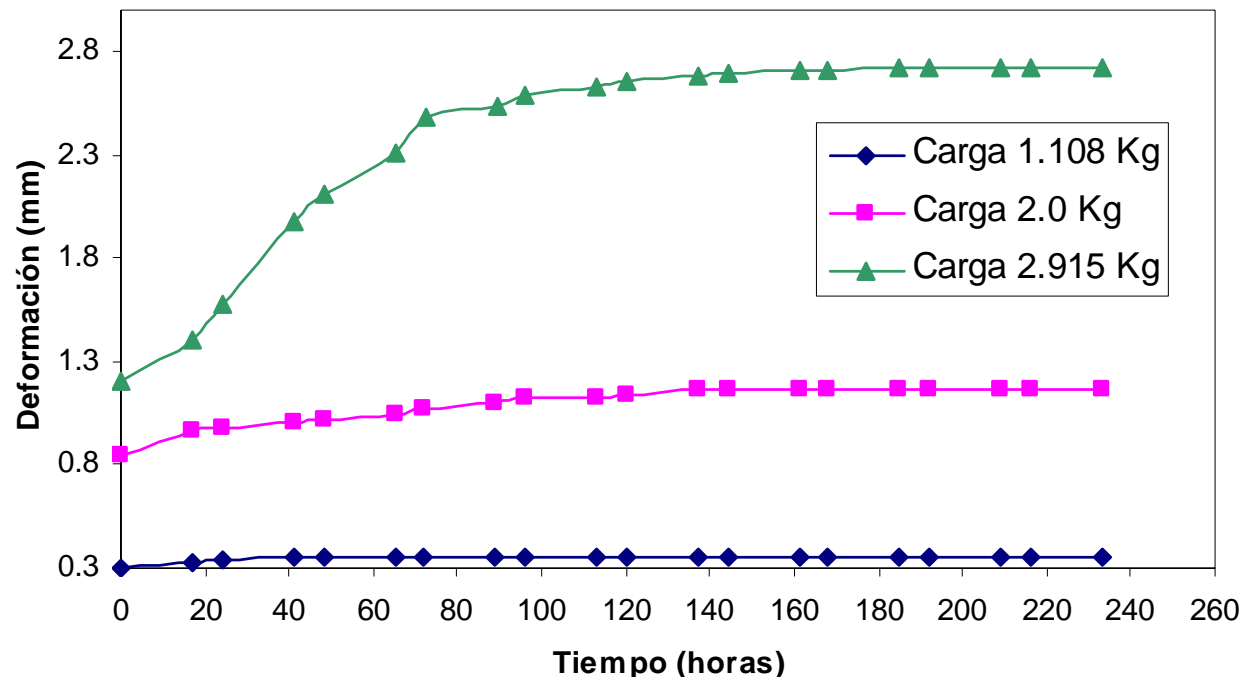
Diagrama Esfuerzo Deformación



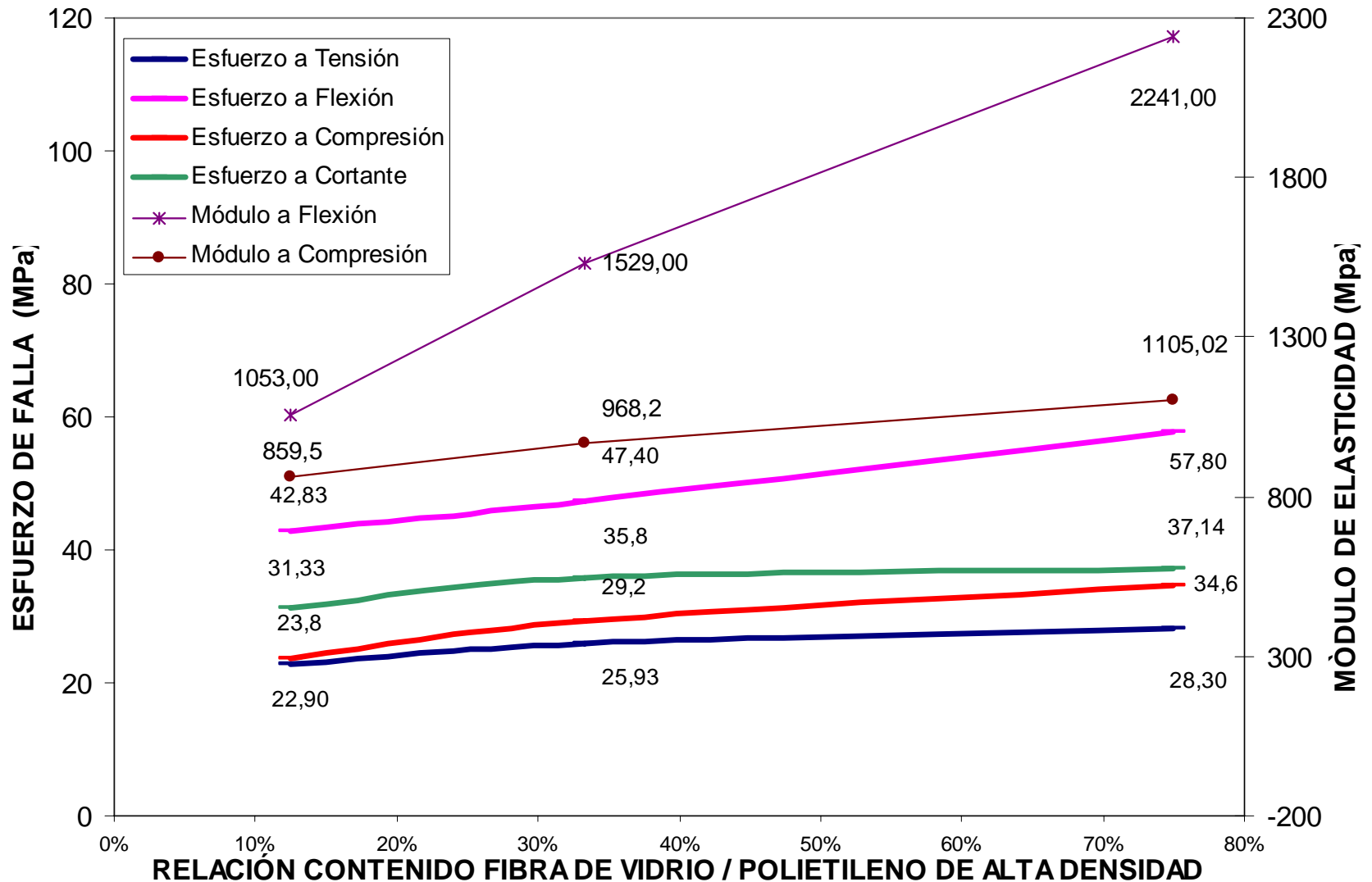
# CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL

No MEZCLA	%PEAD	%FG	%AA	ESFUERIOS FALLA				MODULOS	
				TENSION (Mpa)	FLEXION (Mpa)	COMPRESION (Mpa)	CORTANTE (Mpa)	FLEXION (Mpa)	COMPRESION (Mpa)
1	40%	30%	30%	28,30	57,80	34,6	37,14	2241,00	1105,02
2	60%	20%	20%	25,93	47,40	29,2	35,8	1529,00	968,2
3	80%	10%	10%	22,90	42,83	23,8	31,33	1053,00	859,5

Creep  
(Mezcla No1)

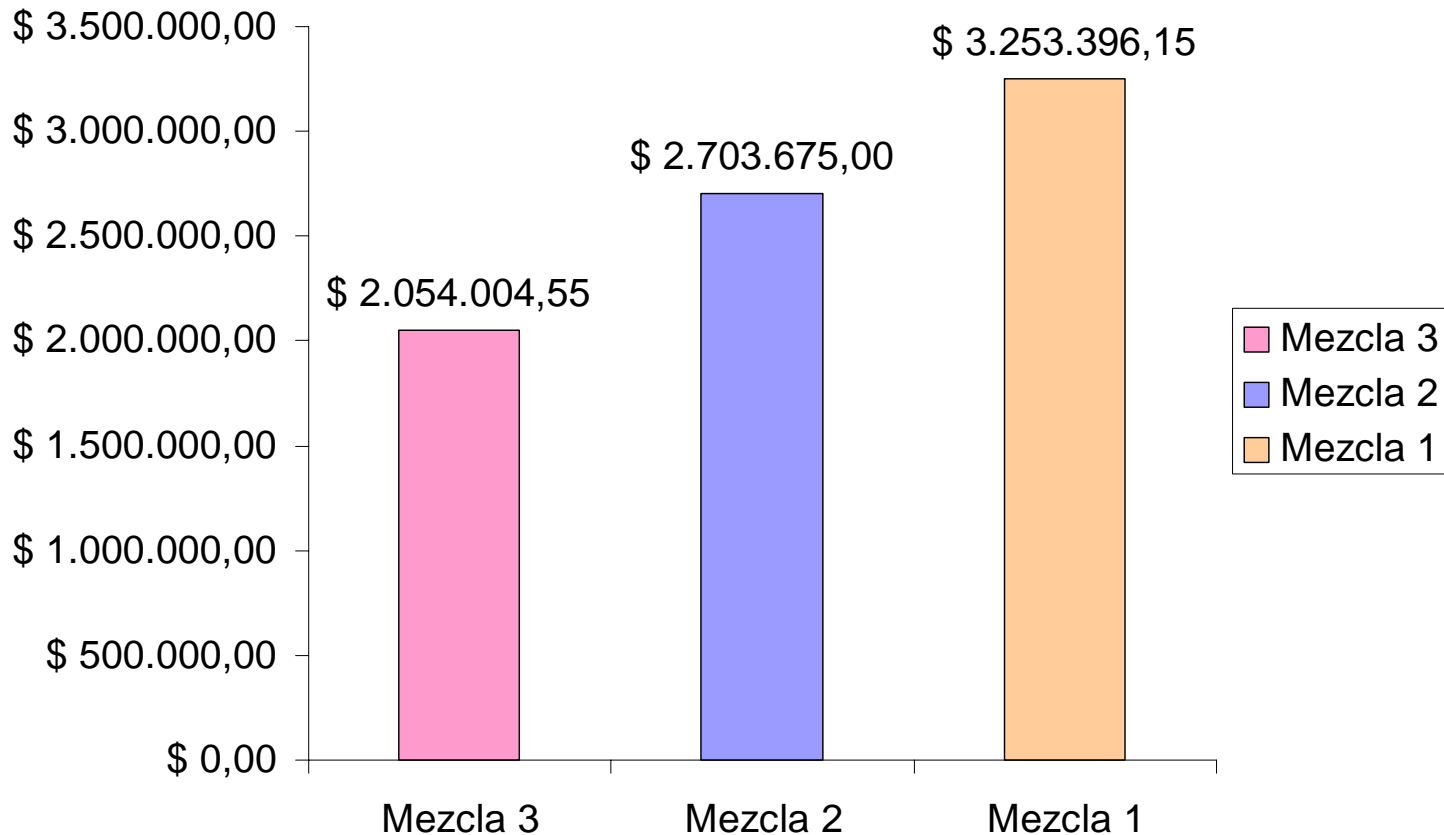


# CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL



# COSTOS DE FABRICACIÓN DEL MATERIAL

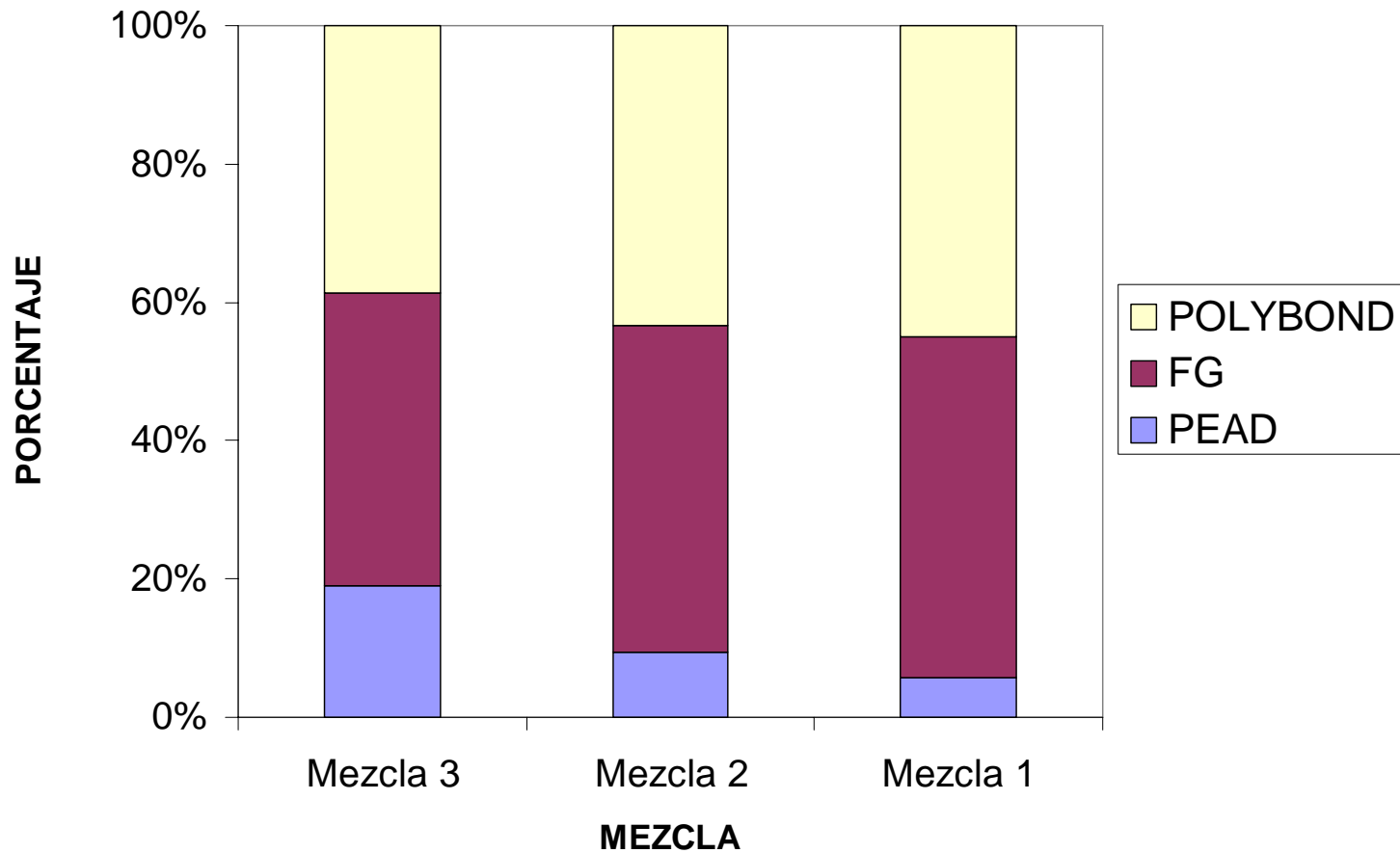
COSTO DE METRO CÚBICO DE MATERIAL DE ACUERDO CON LA MEZCLA UTILIZADA PARA LA FABRICACIÓN DEL COMPUESTO



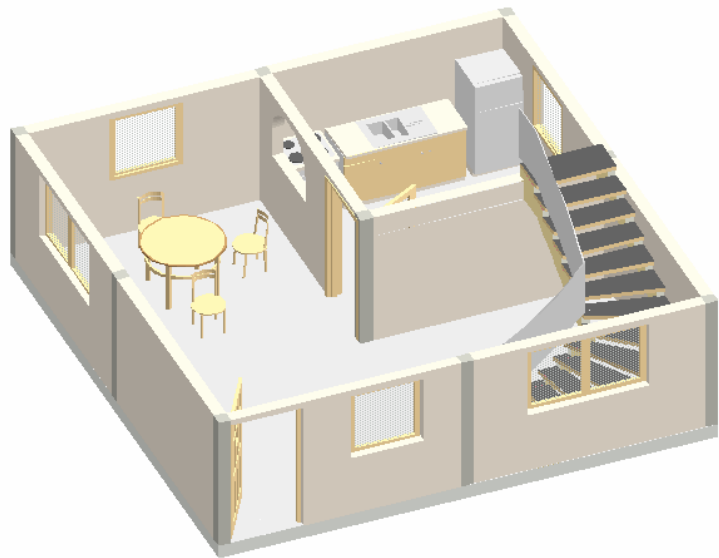


# COSTOS DE FABRICACIÓN DEL MATERIAL

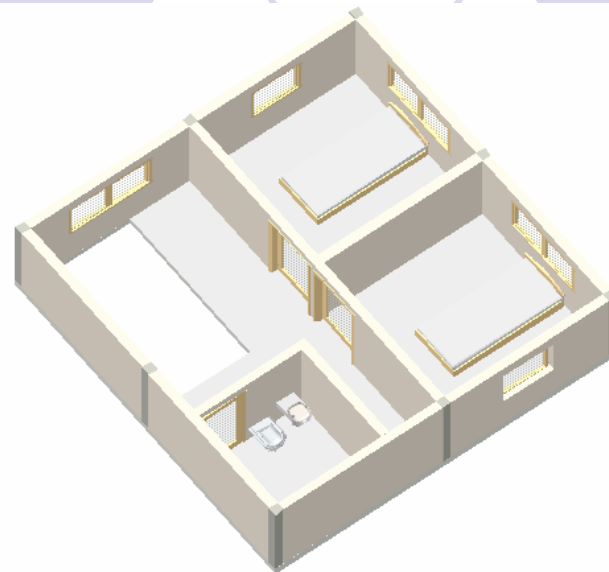
## COSTO DE INSUMOS POR MEZCLA



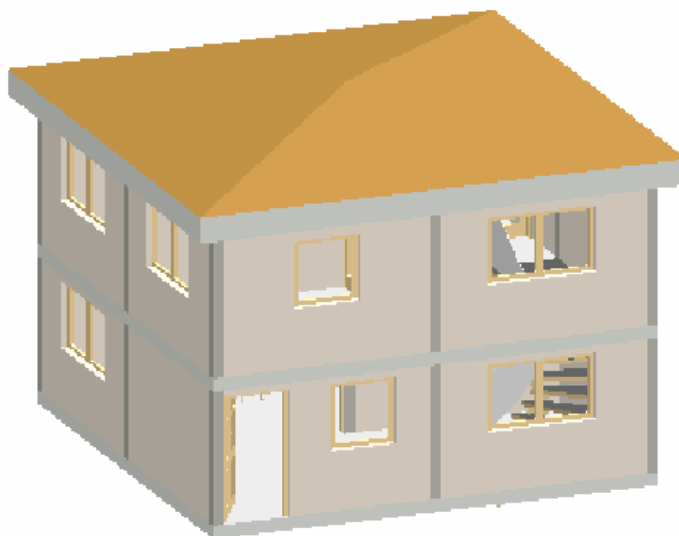
# CARACTERISTICAS DE LA VIVIENDA



Primer Piso

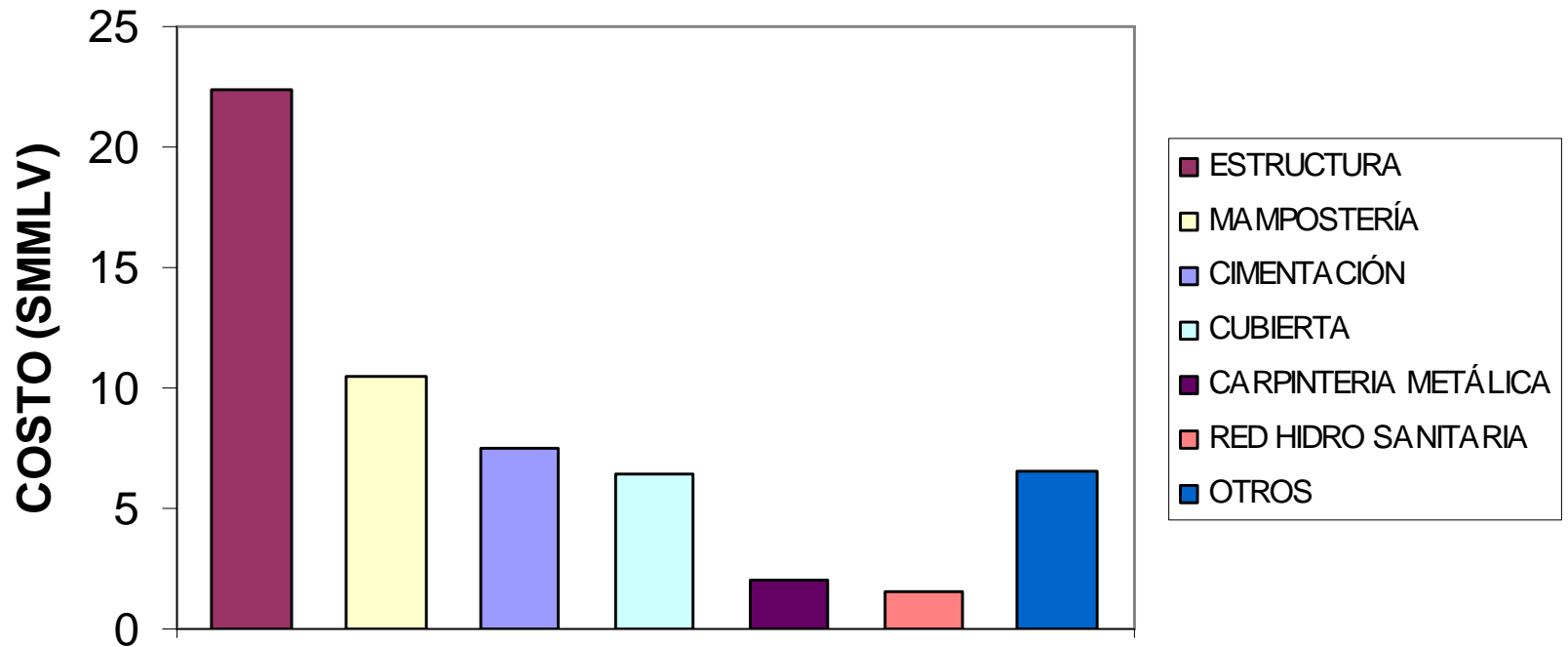


Segundo Piso



# INGENIERÍA DE VALOR

## ESTRUCTURA DE COSTOS



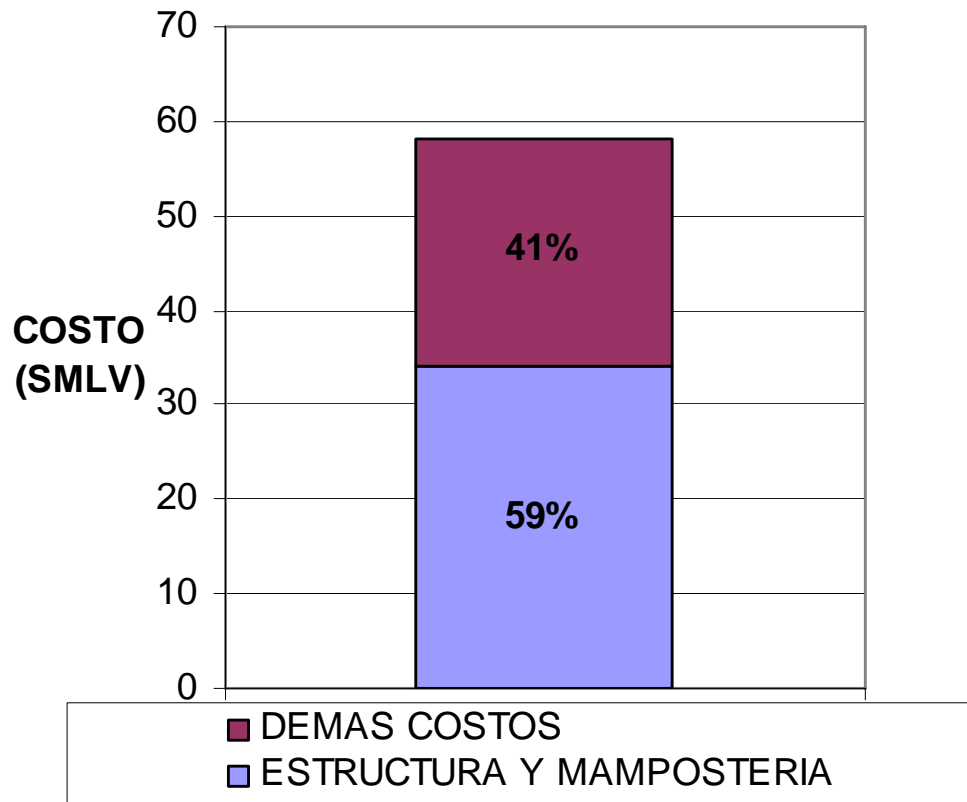
Sistema Convencional

Costo Total :57 SMMLV  
\$332.228 /m2

FUENTE: CONSTRUDATA (2005)

# INGENIERÍA DE VALOR

## COSTO DE ELEMENTO A REMPLAZAR



FUENTE: CONSTRUDATA (2005)

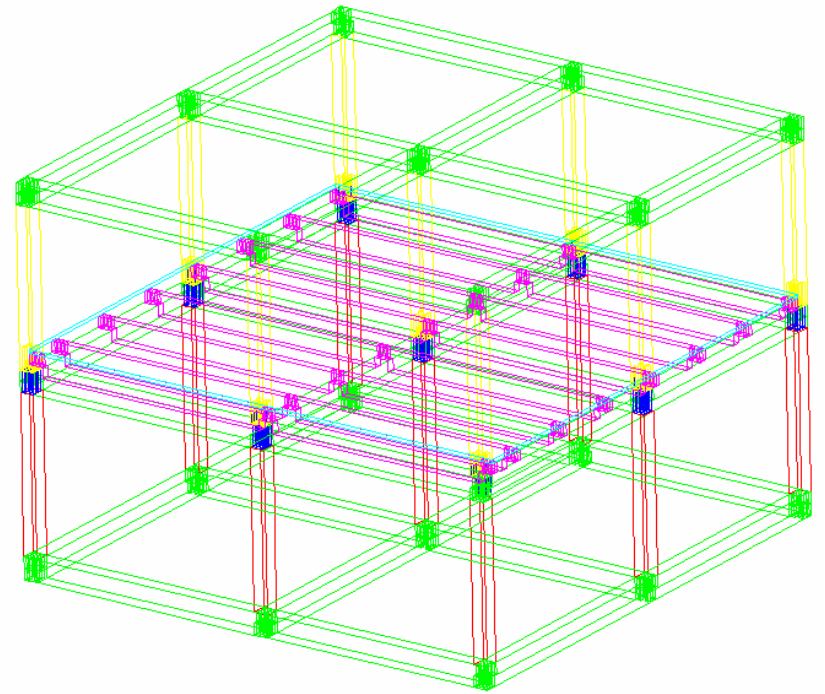
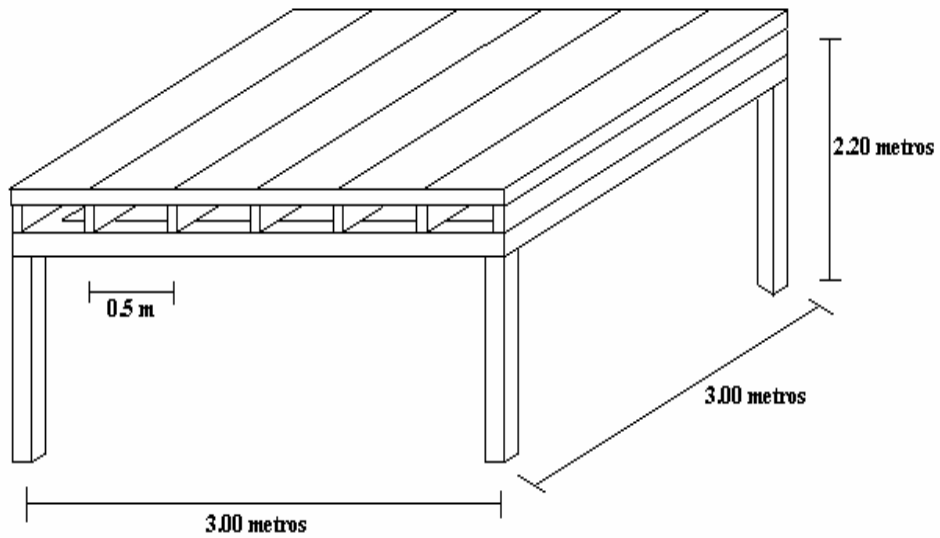


# ALTERNATIVAS

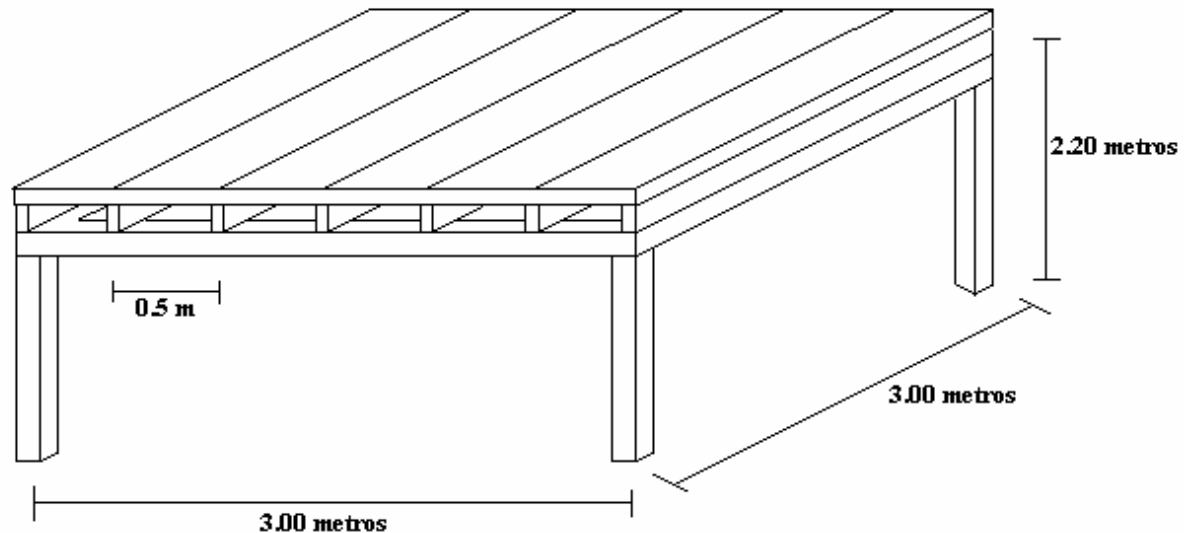
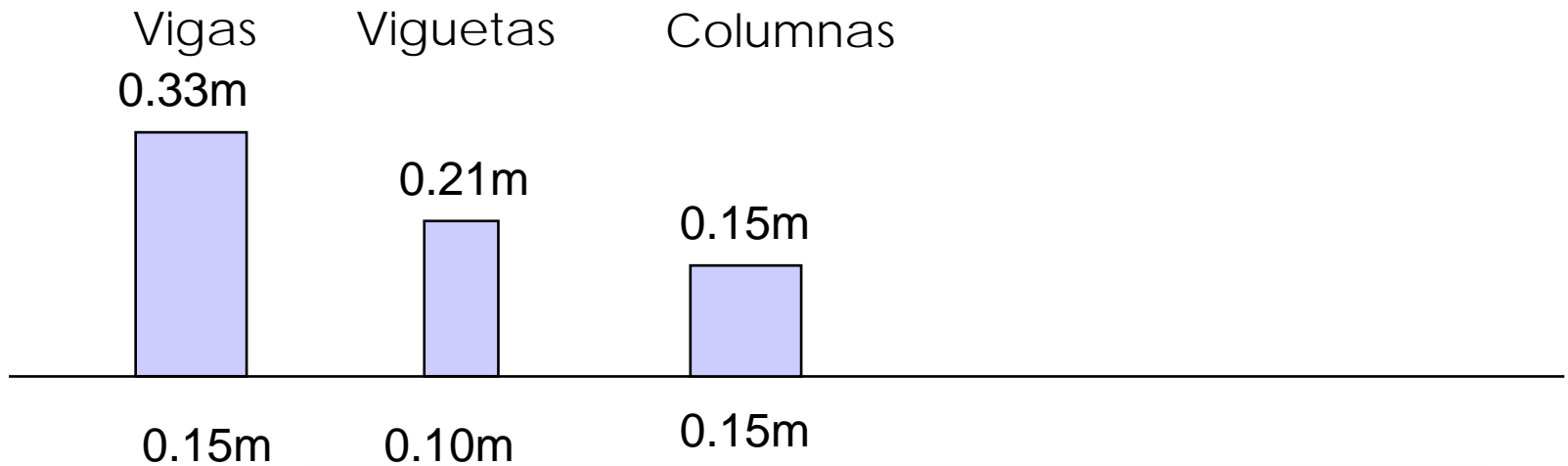
VIVIENDA EN COMPUESTO

VIVIENDA EN CONCRETO  
FORMALETA EN COMPUESTO

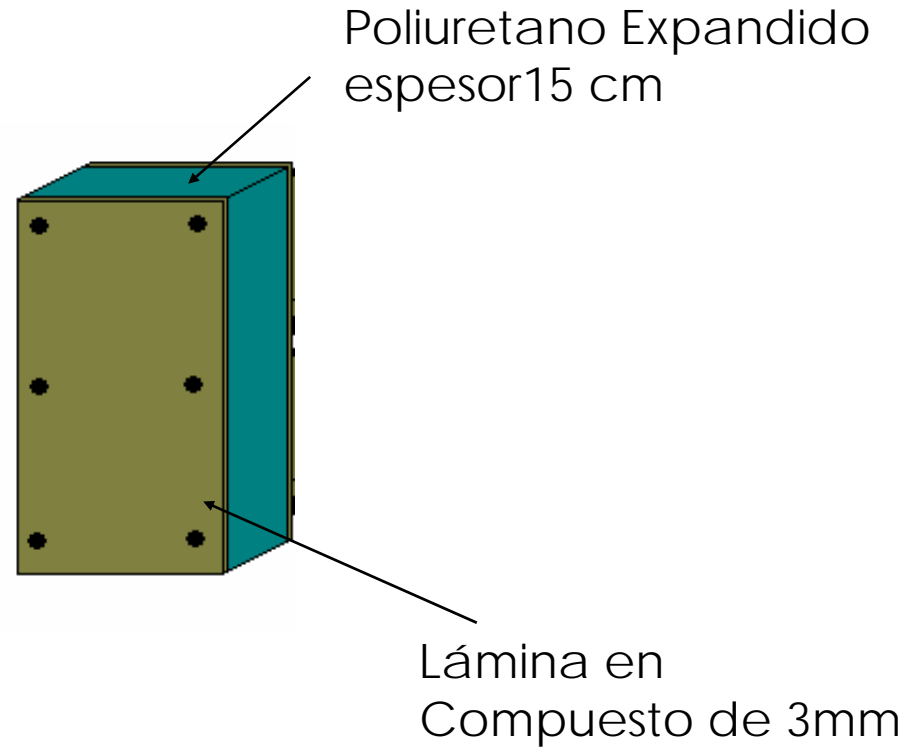
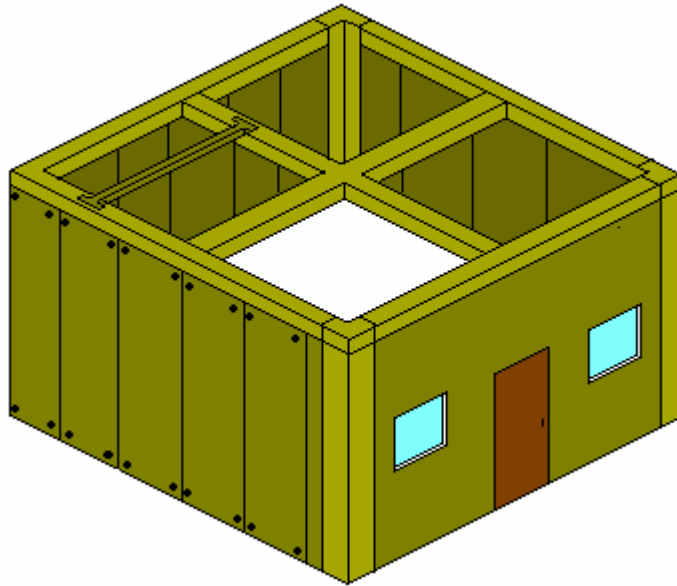
# ALTERNATIVA - VIVIENDA



# DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA



# DIMENSIONAMIENTO DE LA MAMPOSTERÍA



Poliuretano Expandido  
espesor 15 cm

Lámina en  
Compuesto de 3mm



# ANÁLISIS DE COSTOS

## ESTRUCTURA

CANTIDAD(m <sup>3</sup> )	MEZCLA No.	COSTO/m <sup>3</sup>	COSTO TOTAL
5,607	1	\$ 3.253.396	\$ 18.271.792

## MAMPOSTERÍA

CANTIDAD(m <sup>3</sup> )	MEZCLA No.	COSTO/m <sup>3</sup>	COSTO TOTAL
0,12384	1	\$ 3.253.396	\$ 402.901

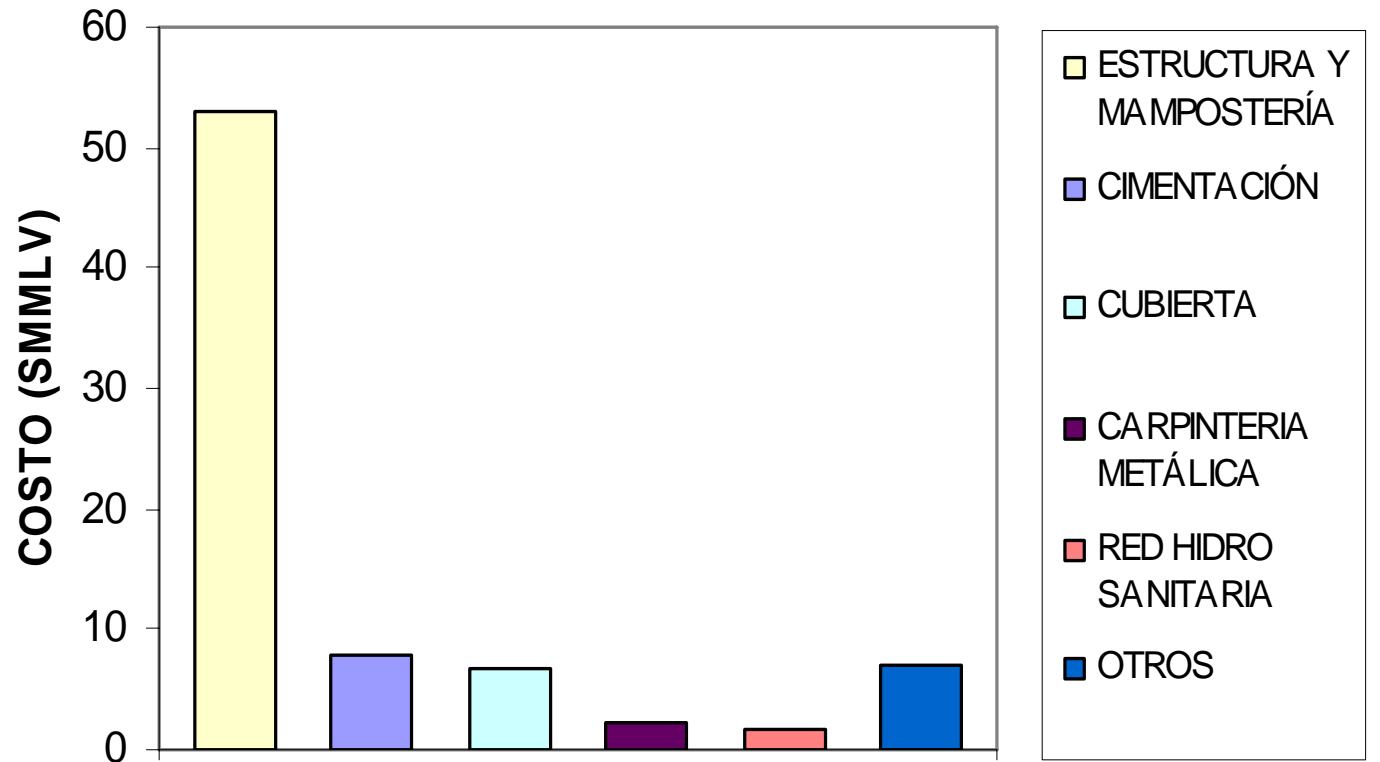
CANTIDAD(m <sup>3</sup> )	COSTO/KG	RENDIMIEN O (KG/M <sup>3</sup> )	COSTO TOTAL
12,672	7875	30	\$ 2.993.760

ESTRUCTURA Y MAMPOSTERÍA

\$ 21.668.453

# ANÁLISIS DE COSTOS

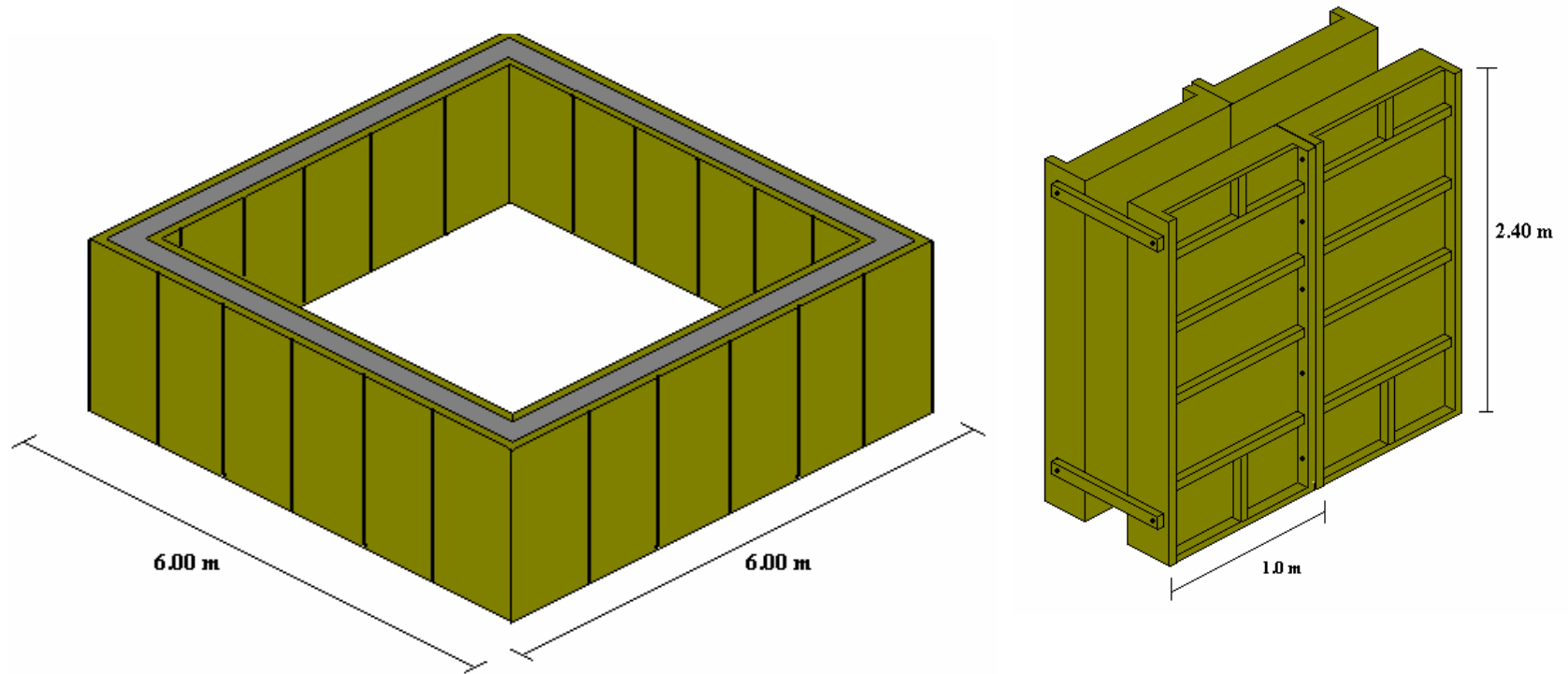
## ESTRUCTURA DE COSTOS



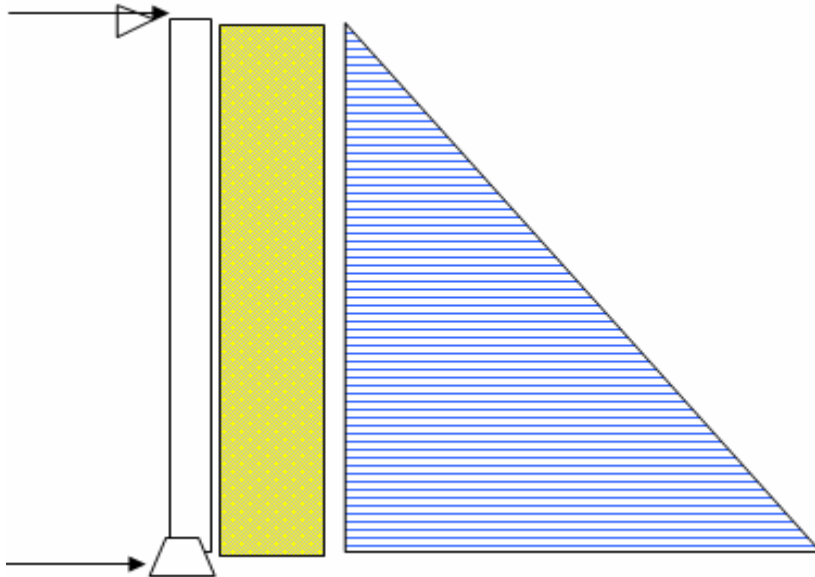
Costo Total: 78 SMMLV  
\$454.628/m<sup>2</sup>

Sistema: Vivienda en Compuesto

# ALTERNATIVA - FORMALETA



# DIMENSIONAMIENTO DE LA FORMALETA

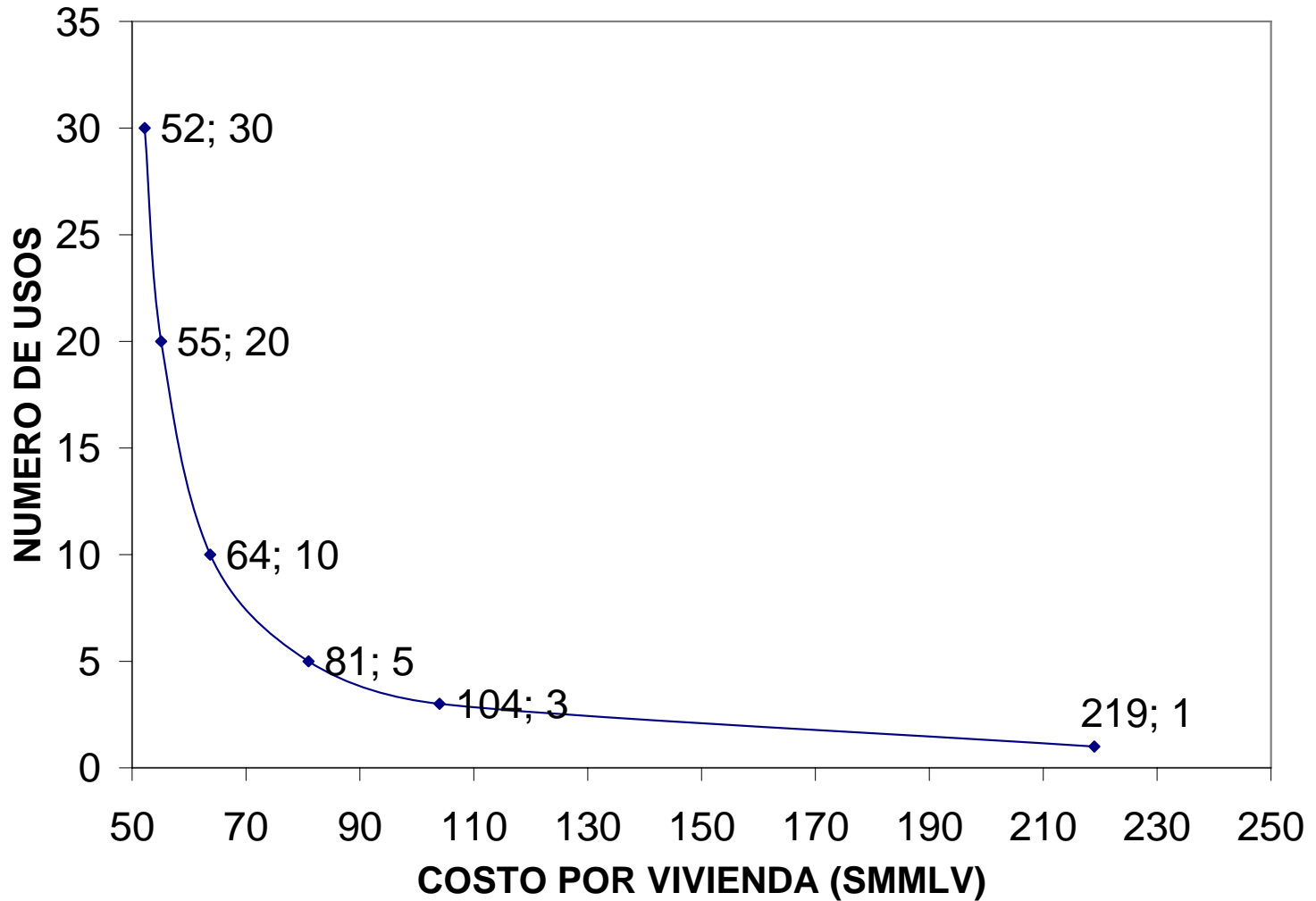


Largo	2,5	Metros
Ancho	1	Metros
Espesor	0,09	Metros
Volumen	0,225	Metros <sup>3</sup>

Costo por Formaleta

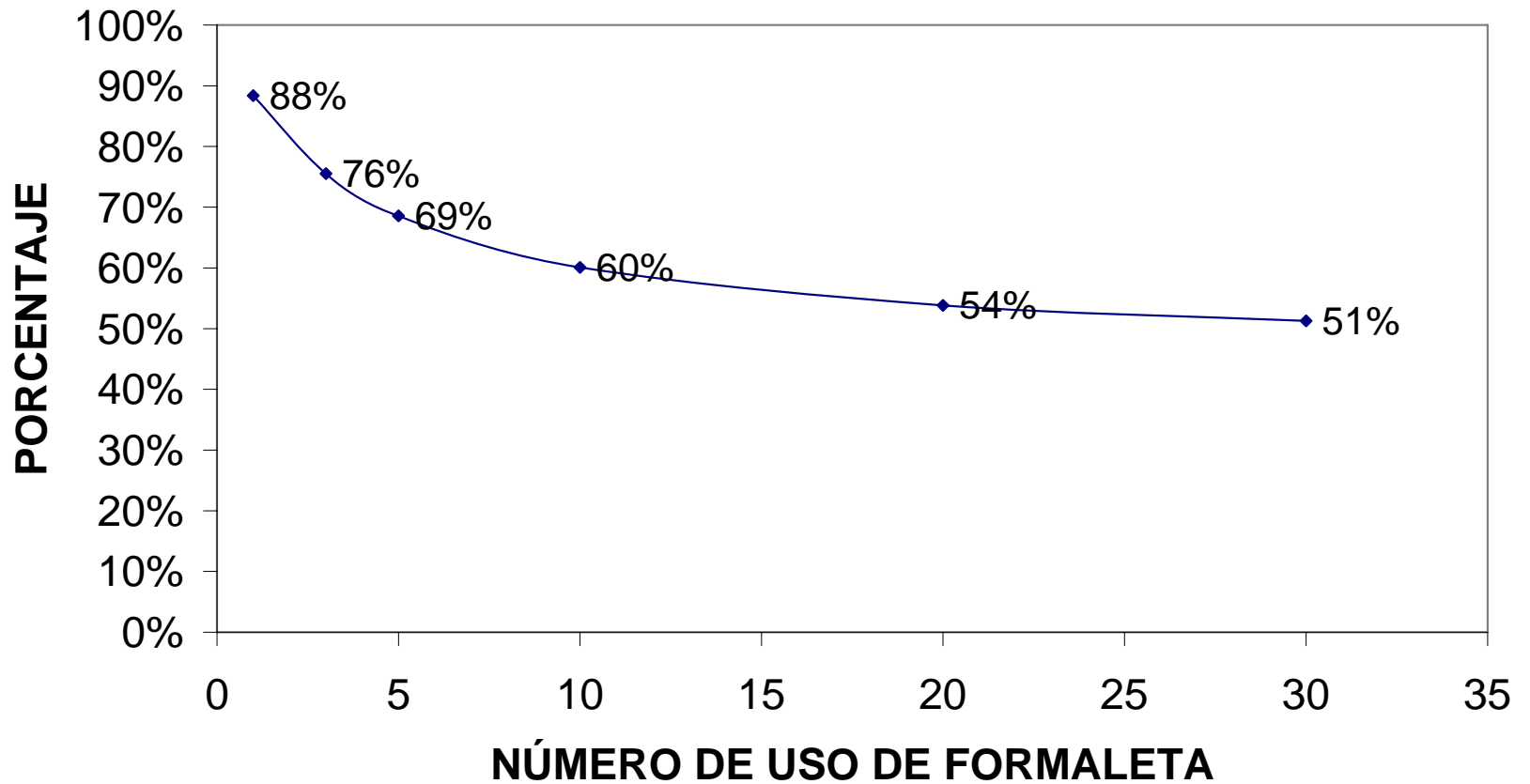
\$ 733.218

# ANÁLISIS DE COSTOS



# ANÁLISIS DE COSTOS

## NÚMERO DE USO Vs. COSTO ESTRUCTURA





# CONCLUSIONES

- Esta investigación es un primer paso en el planteamiento de una primera alternativa de solución para los problemas ambientales y de vivienda.
- El polietileno de alta densidad reciclado, el agente de acople y la fibra de vidrio, forman un compuesto con características mecánicas aptas para fabricar elementos estructurales, que pueden ser utilizados en la construcción de vivienda.



# CONCLUSIONES

- Los costos de construir vivienda con material reciclado son mayores a alternativas convencionales.
- La fabricación de formaleta a partir de material reciclado es técnicamente viable.
- El éxito de la alternativa del uso de la formaleta depende del número de usos de la formaleta que permita el material.





# CONCLUSIONES

- La deformación diferida debe ser evaluada en cualquier compuesto que tenga como matriz el plástico.



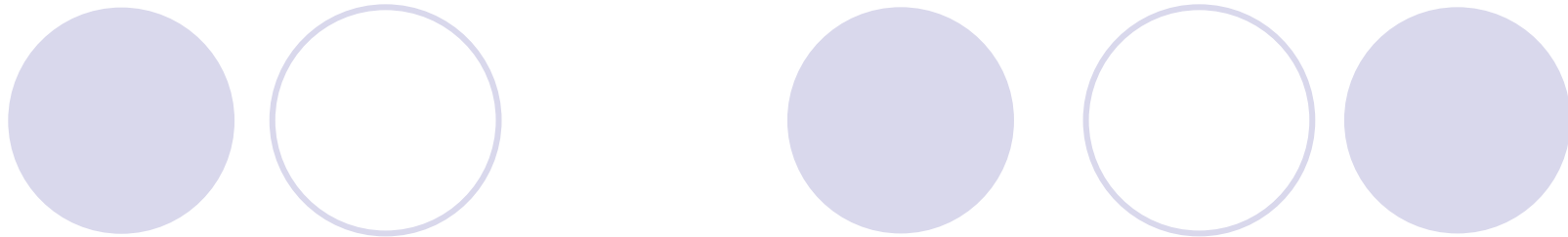
# RECOMENDACIONES

- Se debe estudiar la utilización de fibra de vidrio orientada.
- Se debe estudiar la alternativa cambiando la fibra de vidrio por otra que sea menos costosa, así ésta sea biodegradable.
- Se debe estudiar los costos usando módulos de vivienda que integren varias unidades habitacionales



# RECOMENDACIONES

- Se deben incluir en la matriz el uso de aditivos para evitar la flamabilidad, prestar estabilidad térmica y protección de los rayos ultravioleta.
- No solo debe buscar remplazar materiales para la construcción, sino que debe estudiar sistemas alternativos de consumo y ahorro de energía, acceso a sistemas eficientes de obtención de agua y tratamiento de aguas grises.



**GRACIAS**