

Medición del empleo real de recursos en la construcción de viviendas de interés social

Josué Gerardo Pech Pérez

RESUMEN

La correcta administración de los materiales en los proyectos de construcción tiene un impacto significativo en la productividad. Uno de los elementos básicos para realizar esta, es conocer de manera precisa las cantidades de recursos que se van a utilizar. En el caso de los desarrollos habitacionales compuestos por cientos y aún por miles de viviendas esta necesidad se incrementa. La estimación de las cantidades de recursos para una vivienda se hace con base en datos generales y en las experiencias previas de la persona que elabora el presupuesto e incluyen cantidades adicionales por los desperdicios esperados. Sin embargo, estos datos del presupuesto carecen de la precisión necesaria cuando se construye un número grande de viviendas, presentándose regularmente problemas por excesos o carencias de materiales durante la construcción de grandes desarrollos habitacionales. En este trabajo se describen los resultados de la medición directa en campo de las cantidades reales de recursos que se requieren para elaborar los conceptos que intervienen en las viviendas de interés social de un fraccionamiento de la ciudad de Mérida, comparándolos contra los valores presupuestados. Se presentan los resultados de las variaciones de los consumos reales contra los presupuestados y se presenta el comportamiento de las variaciones en los diferentes modelos de vivienda. Se discuten algunos aspectos que pueden tener influencia en la variabilidad observada.

Palabras clave: Materiales, administración, vivienda

INTRODUCCION

La administración adecuada de los materiales en los proyectos de construcción es uno de los factores que inciden directamente sobre la productividad de la obra. Tirado menciona que investigaciones que se han realizado en los Estados Unidos indican que una buena administración de los materiales permite obtener ahorros que van del 6% al 12% de los costos de la mano de obra (Tirado I., 1998). Sobre el mismo aspecto, Salinas, en el estudio que realizó sobre la productividad en las viviendas de interés social en la ciudad de Mérida, menciona algunos problemas relacionados con la administración de materiales, como son: las interrupciones del trabajo por falta de material, las necesidades de realizar traslados por la ubicación del material y la necesidad de que se tenga un buen plan de trabajo para que los recursos estén en cantidades suficientes para evitar retrasos por la mala estimación o distribución (Salinas C., 1995).

Corona menciona que el 25 % de la pérdida de productividad se debe a problemas relacionados con un mala coordinación en el flujo de los materiales, falta de disponibilidad de herramientas necesarias, tiempo de traslado excesivo, falta de supervisión en el tiempo de inicio y terminación de labores de los trabajadores (Corona G., 1999).

En una obra de construcción masiva de vivienda, la buena administración de los materiales esta ligada, necesariamente, con una buena planeación y esta incluye una determinación precisa de los recursos materiales que se requieren para la construcción de la viviendas. "Es muy importante que se realicen programas de construcción, de necesidades y de suministros del proyecto en forma realista con el fin de que permanezcan vigentes a lo largo de la construcción y se minimice el número de reprogramaciones de éstos" (Tirado I., 1998). La determinación precisa de las cantidades de recursos que se requieren para construir una vivienda adquiere mayor importancia cuando los desarrollos habitacionales están compuestos por cientos y aún por miles de viviendas, ya que una pequeña desviación entre el consumo estimado y el consumo real en la unidad de vivienda, se convertirá, al final de la obra, en una cantidad de recurso considerable al multiplicarse por el número de viviendas a construir.

Generalmente, la estimación de las cantidades de recursos para construir una vivienda se hace siguiendo una metodología que determina las cantidades de recursos que se requieren por unidad de cada uno conceptos de obra en que se divide una vivienda para facilitar su análisis. Aunque esta es una metodología muy detallada y sistematizada, existen algunos factores que influyen sobre la precisión de los resultados, como son: la experiencia previa del personal que elabora la estimación, la disponibilidad de bases de datos de análisis de costos específicas para las condiciones del lugar en que se va a ejecutar la obra y la correspondencia de las condiciones establecidas en la estimación con las condiciones reales de ejecución.

La subestimación de las cantidades necesarias de material, como se ha mencionado previamente, incide en carencias de material y problemas con la productividad de la mano de obra durante la ejecución, pero también la sobreestimación de las mismas acarrea problemas, puesto que ocasionará un alto desperdicio y fomentará el mal uso de los mismos, y también implicará una menor productividad al consumir más recursos de los realmente necesarios. Sobre esto último, Marín observando el desperdicio generado en la construcción encontró que este representa un 5.55 % del peso total de los materiales utilizados (Marín R., 2000).

Lo anteriormente expuesto indica que regularmente se presentan problemas por excesos o carencias de materiales, lo cual hace dudar sobre los datos base para el cálculo de las cantidades requeridas de recursos y el impacto que estas diferencias ocasionan sobre el costo final de la obra y por la tanto sobre las utilidades de la empresa constructora.

Este estudio, originado por la inquietud de una empresa constructora de aumentar la precisión de sus estimaciones de los materiales usados en la construcción de viviendas de interés social, se enfocó a obtener de manera detallada las cantidades de material que físicamente se emplearon durante el proceso constructivo de cada uno de los conceptos de obra de cuatro viviendas.

El objetivo del estudio fue el siguiente: “Determinar el consumo real de los materiales, de cada uno de los conceptos de obra y de la vivienda completa, durante el proceso de construcción de cuatro viviendas de un fraccionamiento en la ciudad de Mérida, comparar los resultados reales contra los valores estimados tanto en costo como en cantidades

y analizar la variabilidad de las diferencias entre ambos”

METODOLOGIA

La metodología seguida para el desarrollo del proyecto consta de cuatro etapas que se describen a continuación:

1. Conocer el proyecto detallado de las viviendas, esto es, planos, especificaciones y presupuestos, diseñar los formatos para la toma de datos en campo y desarrollar una herramienta computacional para la toma, almacenamiento y proceso de los datos de campo.

En esta etapa el departamento de costos de la constructora proporcionó la información del proyecto de construcción y el presupuesto detallado de cada uno de los modelos de vivienda. La información de construcción constó de un juego de planos de cada modelo, el plano de siembra y las especificaciones de construcción. El presupuesto detallado se proporcionó en archivos del sistema SINCO.

La herramienta computacional se basó en Microsoft Access. Se creó una base de datos y se le adicionaron formularios para el registro de información, procedimientos para concentrar y comparar la información, y realizar consultas, así como reportes para presentar los resultados. Para tener la información base para las comparaciones, fue necesario convertir los datos del presupuesto en SINCO al formato de Access y hacer una serie de conversiones que permitieron tener la información en un formato apropiado, esto es, las listas de recursos con sus precios de adquisición, los conceptos de presupuesto con sus cantidades e importes y las cantidades estimadas de cada uno de los recursos requeridos para elaborar cada concepto obra de las viviendas.

2. Llevar el control del suministro y uso de los materiales directamente en campo y hacer el registro de toda la información sobre el consumo de los mismos, durante la ejecución de las viviendas.

En esta etapa un observador estuvo presente durante la ejecución de los diferentes conceptos de la obra, registrando las cantidades de los materiales que se utilizaban. Esta información se registraba en los formatos previamente diseñados

y posteriormente se capturaba en la base de datos. Al principio el observador trató de que el uso de los materiales se apegara a lo establecido en el proyecto, ante el poco éxito alcanzado se optó por dejar que el trabajador utilizara su procedimiento personal y tomar los datos de acuerdo a esas condiciones. En cuanto al control de suministros, tampoco se pudo establecer un control muy estricto dado que fue imposible aislar a las viviendas en estudio de las otras viviendas que se estaban construyendo en los alrededores. La finalidad del control de suministros era comparar las cantidades entregadas de material contra las cantidades utilizadas, lo cual no pudo ser realizado.

Se tomaron datos de 4 viviendas, cada vivienda estaba formada de un cuerpo tipo y de una fachada. Dos de las viviendas tenían el mismo cuerpo tipo. Todas las fachadas eran diferentes. Los cuerpos tipos de las viviendas se identificaron con las claves CADM, MONT, NIZ1 y NIZ5. Las fachadas correspondientes para cada uno de los cuerpos tipos anteriores se identificaron con las claves: D-13, MT-4, N-01 y N-05. Los datos de los consumos se registraron del 4 de diciembre de 2001 al 20 de marzo de 2002.

3. Proporcionar diversos reportes, durante la ejecución de la obra, sobre el consumo de recursos y los avances.

Si bien, durante la ejecución del proyecto, sólo en una ocasión se reunieron el personal de la constructora con los responsables del proyecto para evaluar los resultados parciales, la base de datos desarrollada, tiene la capacidad para mostrar la información parcial o acumulada de cualquier período de tiempo, tanto sobre el consumo de recursos como sobre el avance de la obra. Antes de solicitar los reportes de la base de datos se ejecutaba el proceso de la información capturada para crear una tabla de comparación entre los consumos presupuestados y los consumos reales.

4. Hacer el análisis de la información real obtenida en campo.

En esta etapa se realizaron diversos análisis sobre la información obtenida del trabajo de campo y se tuvieron reuniones con el personal de la constructora para uniformizar criterios sobre el

manejo de la información, principalmente en lo que se refiere a la cuantificación de los conceptos de obra. Por último se presentaron las conclusiones y recomendaciones del estudio.

RESULTADOS

Herramienta computacional. Consta de una base de datos en Microsoft Access compuesta por 12 tablas como se muestra en la Figura No. 1. Estas tablas contienen los datos del presupuesto, los datos de campo, los resultados del proceso de cálculo y algunos resultados de consultas.

La herramienta ofrece un menú con las opciones de captura, procesamiento y reportes y se despliega con el formulario "Menú", que se muestra en la Figura No. 2.

Las funciones de captura permiten registrar datos de lo siguiente: los consumos diarios recursos, el avance físico diario de cada concepto, los trabajos ejecutados por cada obrero en un día, la identificación de cada obrero, y los sucesos que se consideren de interés durante el desarrollo de los trabajos.

El proceso para condensar la información capturada y compararla contra la información del presupuesto se puede realizar de alguna de las siguientes maneras:

1. Considerar en el proceso a aquellos conceptos que hubieran consumido algún material, aunque no se hubiere producido ningún avance.
2. Considerar los conceptos que hubieran registrado algún avance en el período, aunque no hayan consumido ningún material; y,
3. Considerar los conceptos que hubieran registrado algún avance en el período, aunque no hayan consumido ningún material pero igualando el volumen presupuestado al volumen del avance. Esta es la opción usada para obtener los resultados que aquí se presentan, ya que permite una mejor comparación para los consumos globales de la vivienda.

Los reportes de la herramienta permiten seleccionar y ver los datos de formas: de un concepto, una partida o una vivienda completa específicos o bien los promedios de todas las viviendas, ya sea a nivel de detalle o de resumen.

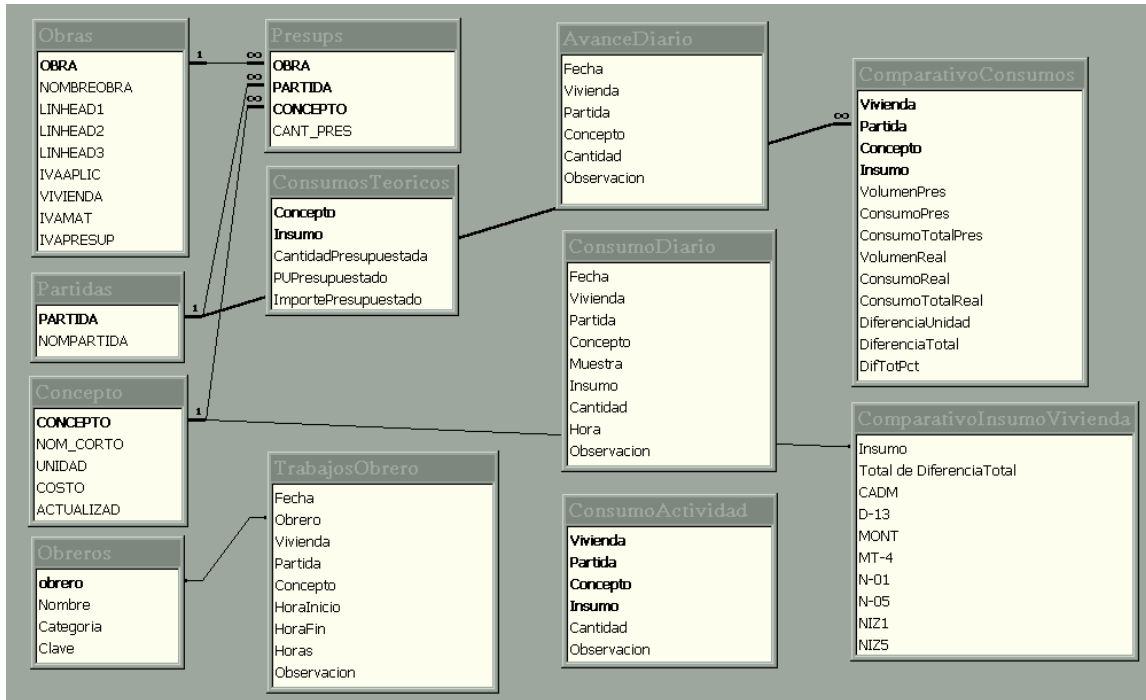


Figura No. 1. Tablas de la base de datos.

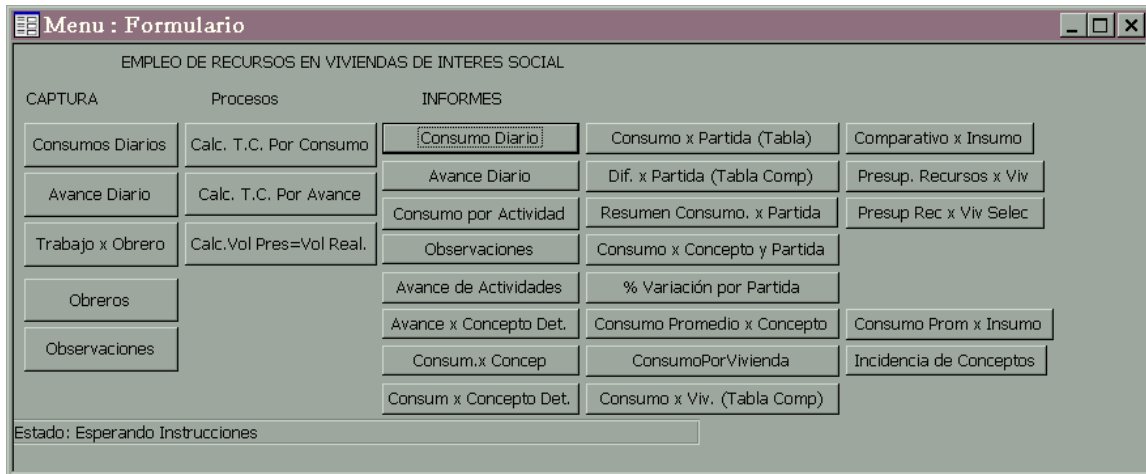


Figura No. 2. Menú de funciones de la herramienta computacional

Consumos reales. Para los análisis siguientes se seleccionaron aquellos materiales que además de tener una incidencia importante en el presupuesto, durante el trabajo de campo se pudo registrar su

consumo sin ningún problema. Dichos materiales aparecen en la Tabla 1, junto con su precio por unidad.

Tabla 1. Materiales seleccionados para analizar su variación

Insumo	Nombre	Unidad	Costo Unitario
10151	Alambre recocido # 16	kg	5.69
10154	Acero de refuerzo de 3/8"	kg	4.6
10160	Acero de refuerzo 1/4" (alambrón)	kg	4.56
10445	Loseta y/o azulejo de color	m ²	59.45
10628	Emulcoat (impermeabilizante base agua)	l	5.75
10868	Block 15x20x40	pieza	4.11
11001	Bovedilla de 15x25x56 cm.	pieza	7.43
11195	Cal hidratada	saco	20.27
11409	Cemento blanco	saco	130.01
11410	Cemento gris	saco	76.5
11688	Clavos de 2 1/2" (250 piezas/kg)	kg	5.74
11984	Masilla prefabricada	kg	0.98
11985	Pegazulejo	kg	1.39
12920	Diesel	l	2.8
13245	Fibermesh 900 g (1 saco/m ³)	saco	26.45
13462	Grava Tamaño = 19mm (3/4")	m ³	123.22
15344	Polvo de piedra	m ³	123.22
16000	Piso de barro vidriado	m ²	59.45

En la Tabla 2, se muestra la variación global que presenta el consumo los materiales seleccionados en los cuerpos tipos de las diferentes viviendas. Se observa que la variación global en el consumo de materiales es menor a los presupuestado y es de

2.49%. Esto representa una variación pequeña si se toma en cuenta que en el presupuesto se considera un consumo adicional del 3% al 5%, debido a las cantidades de material que se desperdicia.

Tabla 2. Diferencias globales en los cuerpos tipos

Vivienda	Presupuesto	Real	Diferencia \$	Diferencia %
CADM	31,617.63	30,351.54	1,266.09	4.00%
MONT	36,684.15	36,148.09	536.06	1.46%
NIZ1	45,686.66	44,060.95	1,625.71	3.56%
NIZ5	47,674.61	47,078.53	596.08	1.25%
Total	161,663.07	157639.13	4,023.94	2.49%

En la tabla No. 3, se muestran las diferencias observadas en cada uno de los materiales seleccionados, tanto en los cuerpos tipos de las viviendas, como en las fachadas. Las diferencias que aparecen en negativo indican un consumo mayor al presupuestado y las positivas un consumo menor al presupuestado. Como se puede observar existen tanto

consumos mayores como menores a los del presupuesto. El cemento y la cal son los dos materiales con los mayores consumos sobre el presupuesto y el block de 15x20x40 y la masilla prefabricada son los que tienen los menores consumos con respecto al presupuesto.

Tabla 3. Diferencias totales por vivienda en el consumo de materiales

Nombre	unidad	costo	cadm	mont	niz1	niz5	d-13	mt-4	n-01	n-05	Dif. Tot. Cant	Dif. Tot. Importe
Cemento gris	saco	76.50	-0.227	-7.75	-16.95	4.900	-1.916	-1.722	-1.411	-3.07	-28.14	-2152.92
Cal hidratada	saco	20.27	-12.824	-16.46	-13.09	-18.31	-1.395	-0.147	-0.245	-1.25	-63.72	-1291.56
Teja de barro tipo 1/2 caña	pieza	2.76					-145.710	1.724			-143.99	-397.40
Cemento blanco	saco	130.01	-1.307	-0.470	-0.060	-1.146		-0.026	-0.012	0.05	-2.97	-386.36
Pegazulejo	kg	1.39	-13.001	-40.14	-75.75	-59.073		0.878	-3.541	26.46	-164.16	-228.18
Acero de refuerzo de 1/2"	kg	4.60		0.065	-10.39	-11.677	-9.950	-0.065	-3.095	-2.57	-37.68	-173.34
Bovedilla de 20x25x56 cm.	pieza	8.21			-9.719	-9.719					-19.44	-159.58
Alambre recocado # 16	kg	5.69	0.394	-0.996	-5.725	-13.313	-0.785	0.909	-0.457	0.40	-19.57	-111.37
Acero de refuerzo de 3/8"	kg	4.60	4.212	11.483	-1.516	-0.586	-5.962	-0.248	-3.127	-3.29	0.96	4.44
Emulcoat (impermeabilizante base agua)	l	5.75	1.956	-1.322	1.332	0.332					2.30	13.21
Fibermesh 900 gr (1 saco/m ³)	saco	26.45	-0.864	-0.509	2.134	1.152	-0.395		0.143	0.14	1.80	47.68
Acero de refuerzo 1/4" (alambón)	kg	4.56	6.375	10.000	-1.341	1.531	-5.340	2.761	1.082	2.62	17.69	80.67
Clavos de 2 1/2" (250 piezas/kg)	kg	5.74	5.613	2.542	1.871	4.476	-0.085	0.632	0.339	0.26	15.65	89.82
Loseta y/o azulejo de color	m ²	59.45	2.052	1.383	-1.037	-0.611					1.79	106.24
Piso de barro vidriado	m ²	59.45	2.834	5.386	5.008	-14.961		0.138	0.230	3.81	2.44	145.13
Polvo de piedra	m ³	123.22	1.841	0.323	-1.039	1.765	0.005	-0.787	-0.176	-0.50	1.44	177.03
Diesel	l	2.80	15.929	25.923	29.137	29.438		1.640	0.943	0.94	103.95	291.07
Bovedilla de 15x25x56 cm.	pieza	7.43	2.851	14.916	25.307	25.307	3.000		-3.970	-2.97	64.44	478.80
Grava (3/4")	m ³	123.22	1.509	1.437	1.758	2.546	0.356	-0.506	0.106	-0.22	6.99	861.21
Block 15x20x40	pieza	4.11	107.263	85.836	220.58	166.898	5.910	9.147	20.650	34.17	650.45	2673.35
Masilla prefabricada	kg	0.98	459.402	344.26	1937.3	416.714	-9.996	-36.57	20.460	0.68	3132.19	3069.55

De los materiales de la Tabla No. 3, se tomaron 15 de ellos y se analizó el consumo del material en cada uno de los conceptos de obra en que intervienen. Se crearon 15 archivos conteniendo los resultados del análisis de cada material. Los materiales que se excluyeron fueron: teja de barro,

bovedilla de 20x25x56, acero de refuerzo de 3/8", emulcoat, loseta y/o azulejo de color y diesel. Una porción del análisis del comportamiento de la cal se muestra en la Tabla No. 4., la unidad de medida de la cal es el saco de 25 kg.

Tabla 4. Análisis del comportamiento de la cal hidratada

Nombre del concepto en que interviene	Vol. de Obra.	Cant. Est. del Recurso	Cant. real usada	Dif. en sacos	Dif. en %	Ahorros	Excesos	% en la dif. global
Trazo y nivelacion del terreno de la construcción	236.15	1.63	2.25	-0.62	-38.08	0.00	-0.62	-0.80
Plantilla para mezclas (preparacion)	4.00	2.57	8.00	-5.43	-211.11	0.00	-5.43	-6.99
Cimientos de mamposteria c/piedra hilada	147.24	79.89	89.00	-9.11	-11.40	0.00	-9.11	-11.72
Dado de 40x40 cm c/block15-concreto	0.65	0.06	0.00	0.06	100.00	0.06	0.00	0.44
Muro block 15x20x40 cm mezcla recortada p.b.	359.99	31.59	39.20	-7.61	-24.09	0.00	-7.61	-9.79
Muro block 15x20x40 cm mezcla recort 2 niv	295.73	25.95	34.84	-8.89	-34.26	0.00	-8.89	-11.44
Muro "timpano" de block 15x20x40	1.77	0.16	0.50	-0.34	-221.92	0.00	-0.34	-0.44
Acabado en muro interior r-e-e c/masilla p.b.	83.22	7.49	12.50	-5.00	-66.77	0.00	-5.00	-6.44
Acabado en muro interior r-e-e c/masilla p.a.	34.20	3.08	3.75	-0.67	-21.79	0.00	-0.67	-0.86
Acabado en plafon r-e-e con masilla gruesa	219.07	19.72	32.96	-13.23	-67.10	0.00	-13.23	-17.03
Acabado plafon r-e-e con masilla 2-nivel	124.38	11.20	12.83	-1.63	-14.57	0.00	-1.63	-2.10
Acabado r-e-e c/masilla c/buña en alacena	1.00	0.28	0.89	-0.61	-217.90	0.00	-0.61	-0.79
Masilla fina directa s/block p.b. interior	93.48	0.00	2.60	-2.60		0.00	-2.60	-3.35
Masilla fina directa s/block 2-n interior	103.08	0.00	1.93	-1.93		0.00	-1.93	-2.48
Masilla gruesa directa s/block p.b. interior	65.20	0.00	1.37	-1.37		0.00	-1.37	-1.76
Masilla gruesa directa s/block p.b. exterior	186.37	0.00	3.60	-3.60		0.00	-3.60	-4.63
Masilla gruesa directa s/block 2-n interior	81.04	0.00	0.59	-0.59		0.00	-0.59	-0.77
Masilla gruesa directa s/block 2-n exterior	270.49	0.00	5.51	-5.51		0.00	-5.51	-7.09
Teja de barro 1/2 caña	7.86	1.45	2.71	-1.26	-86.83	0.00	-1.26	-1.62
Boquilla p/lamparas c/pvc sanit 4" p.b.	21.00	0.17	0.00	0.17	100.00	0.17	0.00	1.23
Boquilla p/lamparas c/pvc sanit 4" 2-nivel	12.00	0.10	0.00	0.10	100.00	0.10	0.00	0.70
Detalle de pergolas sobresalientes balcon	5.00	0.02	0.00	0.02	100.00	0.02	0.00	0.17
Detalle de pergolas sobresalientes 2-niv	4.00	0.02	0.00	0.02	100.00	0.02	0.00	0.13
Resanes grales y de instalaciones p.b.	4.00	4.50	0.00	4.50	100.00	4.50	0.00	32.19
Resanes grales y de instalaciones 2-niv	2.00	2.25	0.00	2.25	100.00	2.25	0.00	16.09
Lambrin de loceta y/o azulejo de color	11.43	0.47	0.00	0.47	100.00	0.47	0.00	3.34
Lambrin loseta y/o azulejo color 2-nivel	11.79	0.48	1.00	-0.52	-107.20	0.00	-0.52	-0.67
Meseta de cocina cadiz b-15 tiratrim	1.00	0.11	0.00	0.11	100.00	0.11	0.00	0.81
Meseta cocina c/recubr. "monterrey" tiratrim	1.00	0.09	0.00	0.09	100.00	0.09	0.00	0.68

En el análisis se usan colores para distinguir los conceptos que tienen las mayores variaciones en cuanto al consumo del material analizado. Al revisar la información de los consumos por concepto se puede observar que aunque el consumo total de un material sea mayor que el presupuestado, como en caso del cemento gris, cuando se analizan los conceptos en que interviene, se notan tanto consumos mayores como menores a los presupuestados en los diferentes conceptos en que interviene.

Los resultados anteriores se hicieron considerando el consumo total en un concepto de

obra, sin diferenciar en cual de las viviendas se ejecutó. Cuando se analiza el comportamiento del consumo de material en un concepto de obra en cada una de las viviendas por separado, también se encuentra que los consumos de materiales son diferentes en cada una de ellas, como se observa al analizar el consumo de "Cemento Gris" en el concepto de obra de "Muro de block" y la "Cal hidratada" en el concepto "Mampostería de piedra". Estos resultados se muestran en la Tablas No. 5 y No. 6.

Tabla 5. Variación del consumo del cemento por m² de muro de block

Vivienda	Consumo Real	Consumo Estimado	% de variación	% Variación Promedio
CADM	0.0554	.0525	-5.52380952	
MONT	0.061	.0525	-16.1904762	
NIZ1	0.0603	.0525	-14.8571429	-11.8571429
NIZ5	0.0582	.0525	-10.8571429	

Tabla 6. Variación del consumo de cal por m² de mampostería de piedra

Vivienda	Consumo Real	Consumo Estimado	% de variación	% Variación Promedio
CADM	0.54	.5426	0.47917435	
MONT	0.5751	.5426	-5.98967932	
NIZ1	0.7411	.5426	-36.5831183	-13.1957243
NIZ5	0.6006	.5426	-10.6892739	

En el estudio realizado, para cada uno de los materiales, se identificaron cuales eran los conceptos de obra que producían consumos excesivos, así como aquellos en los que se observaban los mayores

ahorros. En la Tabla No. 7., se presentan los resultados para el cemento y la cal hidratada.

Tabla 7. Conceptos que presentan la mayor variación en sus consumos

Material	Consumos excesivos en:	Ahorros en:
Cemento Gris	Castillo armado Derretido, calcreto y masilla Murete de acometida	Mampostería Derretido para sellado de losa Resanes generales Firme de concreto
Cal Hidratada	Mampostería Muro de block Acabados R-E-E Masilla gruesa s/Block	Resanes generales Derretido, calcreto y masilla Pretil de una fila de block.

Por último en la Tabla No. 8., se muestran la media y la desviación estándar de la diferencia entre el consumo presupuestado y el consumo real, de materiales seleccionados, tanto en el total de un

concepto de obra, como en el consumo promedio por unidad. La diferencia está en las correspondientes unidades de cada material.

Tabla 8. Media y desviación estándar de las variaciones en los consumos

Nombre	Número de Muestras	Diferencia Total		Diferencia x Unidad	
		Promedio	Desv. Std.	Promedio	Desv. Std.
Cemento gris	331	-0.112	0.899	-0.054	0.354
Cal hidratada	146	-0.436	1.213	-0.034	0.405
Cemento blanco	58	-0.051	0.207	-0.026	0.093
Acero de rfzo ½"	13	-2.899	3.918	-0.899	1.252
Bovedilla de 20x25x56	2	-9.719	0.000	-0.254	0.000
Pegazulejo	46	-2.156	17.574	0.215	2.945
Alambre recocido	142	-0.138	1.010	-0.010	0.110
Fibermesh	27	0.067	0.705	-0.017	0.040
Alambrón de ¼	29	0.610	2.497	0.266	0.961
Clavos de 2-1/2"	127	0.123	0.456	0.029	0.118
Loseta y/o azulejo color	13	0.137	0.558	0.103	0.482
Piso de barro vidriado	33	0.074	3.348	0.026	0.205
Polvo de piedra	336	0.004	0.142	-0.003	0.050
Bovedilla de 15x25x56	10	6.444	16.790	-0.123	0.710
Grava	183	0.038	0.195	0.001	0.026
Block 15x20x40	51	12.754	18.602	4.299	7.398
Masilla prefabricada	105	29.211	106.186	-0.634	4.776
Para todas las muestras	3031	1.703	22.717	0.492	8.884

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Al analizar el comportamiento de todos los materiales se observan tanto excesos en el consumo como ahorros. En la comparación de unos con otros en cuanto a su importe, se observa que los ahorros compensan a los excesos que se producen y que existe un pequeño excedente a favor. En la realidad, este ahorro es sólo teórico, ya que en el sitio de la obra muchos de estos ahorros no pueden ser capitalizados, porque el material que no es incorporado en la ejecución del concepto acaba por ser tirado como si fuera basura. Esto se debe por la ubicación del material en la obra y a su manejo, por ejemplo, en el caso del polvo que existe un pequeño ahorro, a fin de cuentas el polvo sobrante ya no puede ser retirado del suelo por que se ha mezclado con él o con otros desperdicios generados durante la construcción. En el caso del polvo, es probable que se pierda una cantidad mayor al ahorro esperado por los motivos anteriormente mencionados.

Queda demostrado que los consumos que se producen en la obra presentan una variabilidad considerable en todos los niveles en que se analicen. Aun cuando no se cuantificaron, se observaron tres factores que inciden de manera importante en el consumo de los materiales: la técnica de utilización el material, que depende del trabajador y de sus materiales de apoyo; la logística de suministro, manejo y control del material en la obra; y el procedimiento general de construcción de la obra.

Considerando todos los resultados totales obtenidos es posible identificar las tendencias en cuanto al consumo, esto es, si existe una tendencia a consumir de más o de menos de acuerdo al presupuesto y adicionalmente, si se usan algunos de los resultados promedio en los nuevos presupuestos elaborados se tendrá un costo de las obras más de acuerdo a la realidad.

Salvo en los casos en que existe una diferencia considerable entre los consumos

presupuestados y los reales, la cantidad de datos utilizados en este estudio no son suficientes para hacer un ajuste general a los consumos presupuestados, sin embargo, las variaciones observadas nos proporcionan una valiosa información sobre cuales son las actividades de la construcción que presentan los efectos de ahorro o exceso más importantes para diseñar acciones que permitan eliminar los excesos y capitalizar los ahorros.

También es importante señalar que la sola acción de proporcionar menores cantidades de material para realizar los trabajos no va a producir el efecto de reducir los consumos. Para que esto último se logre es necesario partir de una solución integral que comprenda una revisión de todos los factores que

se encuentran relacionados con la variabilidad en el consumo.

Por último es conveniente mencionar que la estructuración de las actividades del presupuesto, que se empleó como base para el estudio, no corresponde con la estructuración de las actividades que realmente se ejecutan en la obra, por ejemplo, durante el colado de la losa, que es parte de una actividad del presupuesto, se hacen simultáneamente varias actividades que incluyen concreto, como son: la cadena perimetral, los cerramientos, algunas trabes, etc. La recomendación es revisar y ajustar la estructura del presupuesto para que se apegue de mejor manera a la ejecución real de los trabajos en la obra.

REFERENCIAS

Corona G., (1999), “Cambio de método y de control de materiales en la construcción en serie de viviendas de interés social y su impacto en la calidad”, Tesis Inédita, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, México.

Marín R., (2000), “Cuantificación, tipificación y determinación del origen de desperdicios en la construcción masiva de vivienda”, Tesis Inédita, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, México.

Salinas C., (1995), “Estudio de tiempos y Movimientos en la construcción de vivienda de interés social”, Tesis Inédita, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, México.

Tirado I., (1998), “Sistema de administración de materiales para la construcción de vivienda masiva”, Tesis Inédita, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, México.