



CAPITULO III

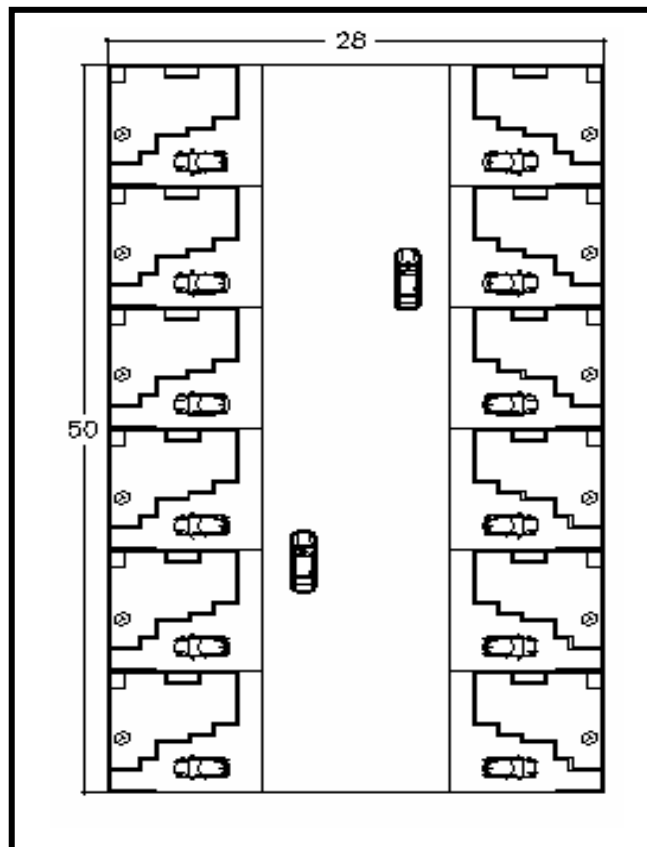
DESCRIPCIÓN DE LA OBRA Y OBTENCIÓN DE COSTOS



3.1 Descripción de la obra

Nuestro estudio está basado en el último proyecto de la constructora, que consistió en edificar un pequeño fraccionamiento de 12 casas de tipo de interés social ubicado en la calle 12 de octubre # 11910 colonia Granjas, Puebla. La dimensión total del fraccionamiento es de 50m X 28m. (Figura 3.1)

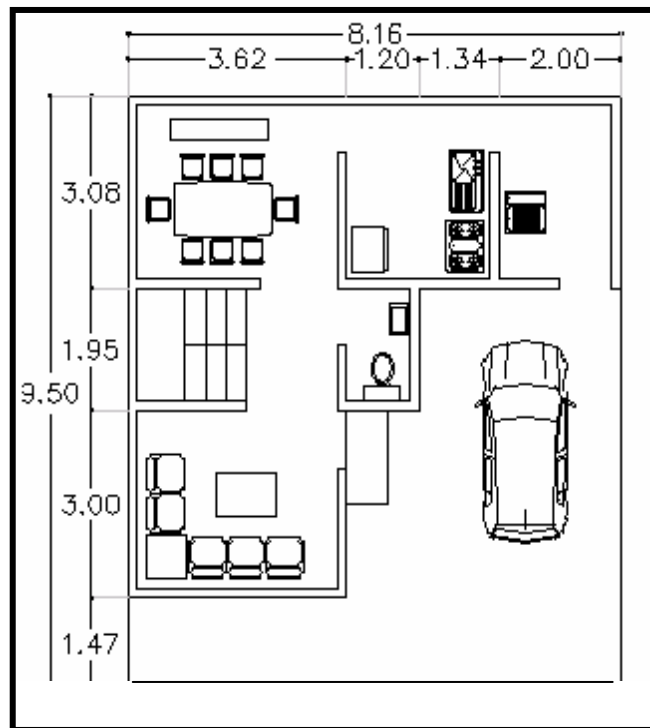
Figura 3.1 *Fraccionamiento*



Las dimensiones de cada vivienda son de 9.5m X 8.16m. Cuenta con dos plantas, cochera con espacio para un auto y un patio de servicio. La planta baja está compuesta por sala, comedor, cocina y medio baño (Figura 3.2).



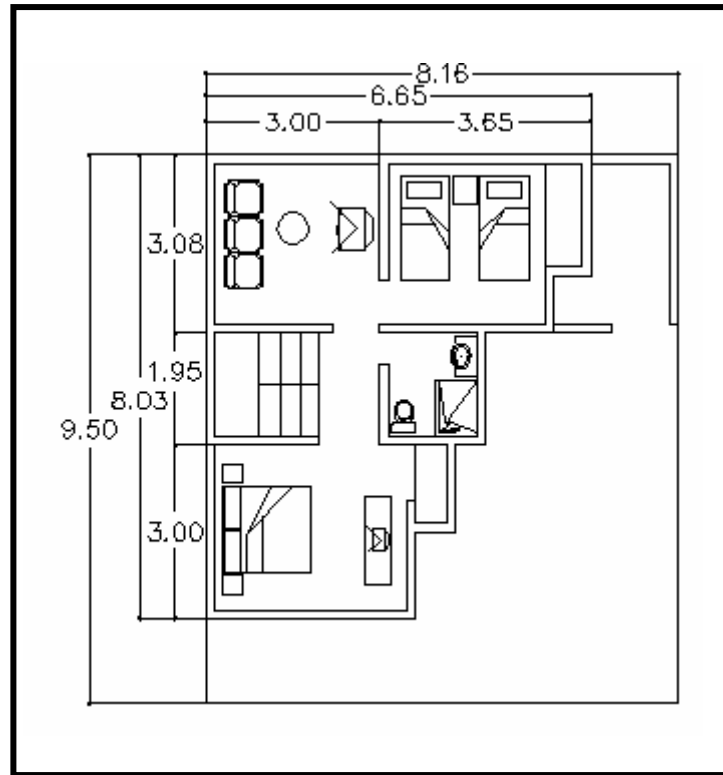
Figura 3.2 Casa planta baja



En la planta alta se encuentran dos recámaras, una sala de televisión y un baño completo (Figura 3.3). Las dimensiones de cada uno de sus componentes se ilustran en las figuras correspondientes.



Figura 3.3 Casa planta alta



3.1.1 Descripción de actividades

El proyecto fue dividido en 28 actividades primarias que a su vez se desglosan en 61 actividades secundarias. A continuación se muestra la tabla 3.1 que incluye la descripción y el número de todas las actividades.

Tabla 3.1 Descripción de actividades primarias y secundarias



No.	ACTIVIDAD	ACTIVIDAD DESGLOSADA
1	(1) Limpia trazo y excavación de cepas	Trazo y nivelación Excavación
2	(2) Mampostería	Cimentación Relleno y compactado de cepas
3	(3) Cisterna	Excavación cisterna Acero en cadenas y castillos Cimbra Colocación de vigueta y bovedilla Muro Concreto
4	(4) Cadena de desplante	Acero en cadenas Cimbra Concreto Impermeabilización
5	(5) Drenajes	Registro
6	(6) Rellenos para recibir firmes	Concreto
7	(7) Muros 1er Nivel	Acero en castillos Muros Cimbra en castillos Concreto en castillos
8	(8) Losa de entpiso	Acero en losa Cimbra cadena de cerramiento Cimbra de baño 2º nivel Colocación de vigueta y bovedilla Cimbra vigueta y bovedilla Concreto en losa
9	(9) Muros 2º Nivel	Acero en castillos Muros Cimbra en castillos Concreto en castillos
10	(10) Losa azotea	Acero en losa Cimbra cadena de cerramiento Colocación de vigueta y bovedilla Cimbra vigueta y bovedilla Concreto en losa
11	(11) Instalación en gral.	Instalación eléctrica (cables) Instalación hidráulica (Tubo pvc)
12	(12) Colocación de herrería 1er Nivel	Marco ventanas
13	(13) Pretilas de azotea	Acero en pretilas Muro en pretilas Cimbra en castillo Concreto en castillos
14	(14) Bases para tinacos	Acero en castillos Cimbra en castillos Cimbra en base Cimbra en frontera Concreto total en base Muro
15	(15) Colocación de herrería 2º nivel	Marco ventanas
16	(16) Impermeabilización azoteas	
17	(17) Colocación de escaleras	Castillos Cimbra Concreto
18	(18) Firmes	1er Nivel Patio de servicio Baño
19	(19) Colocación de cuadrado azotea	
20	(20) Repellados y aplanados	
21	(21) Huellas de acceso	
22	(22) Pintura	
23	(23) Colocación de pisos	
24	(24) Colocación de puertas gral.	
25	(25) Colocación de instalaciones hidráulicas	Regadera WC Lavabo Tinaco Fregadero Lavadero
26	(26) Colocación de herraje eléctrico	
27	(27) Colocación de barandales	
28	(28) Colocación de vidrio	

3.2 Números Generadores



Los números generadores son una estimación de los materiales que se utilizarán a lo largo de una obra. Son manejados en diferentes unidades como m, m², m³, lt, piezas, etc. Son obtenidos por medio de los planos de la obra, algunas especificaciones establecidas por la constructora y en algunos casos también influye el criterio de la persona que los calcula. Los resultados obtenidos no nos dan las cantidades reales de los materiales que se necesitan en la construcción, pero si nos proporcionan una aproximación muy confiable de los requerimientos de materiales.

3.2.1 Cálculo de los números generadores

Existen distintas formas de calcular los generadores, para mostrar como se obtuvieron en este estudio se tomará como ejemplo la actividad *Excavación para cimentación*, que es la segunda actividad secundaria de la actividad *Limpieza, trazo y excavación de cepas* y se utilizará la figura 3.4 que es el plano de la planta baja junto con sus ejes. Los pasos son los siguientes:

- Ubicar la actividad en el plano.

Línea roja (figura 3.4)

- Ubicar los ejes verticales y horizontales en el plano que coinciden con la actividad en el plano.

Ejes verticales: A, B, C, D, E

Ejes horizontales: 1, 2, 3, 4



- Identificar las medidas de las actividades en los ejes verticales.

Columna “Largo”, renglones A-E tabla 3.2

- Identificar las medidas de las actividades en los ejes horizontales, verificando el no repetir lugares que ya se contabilizaron por los ejes verticales.

Para realizar este cálculo la constructora estableció que se excavarán 0.7 m de ancho.

Ejemplo:

Eje 1 entre ejes A y E esto es igual a: $\text{Longitud eje 1} - (0.7A+0.7B+0.7D+0.7C) = 8.16\text{m} - 2.8\text{m} = 5.36\text{ m}$

- Calcular el área de cada eje.

La profundidad de la excavación también la establece la empresa que es de 0.7 m de profundidad.

Ejemplo:

Eje A entre ejes A y E, entonces tenemos que el ancho es de 0.7 m, el alto de 0.7 m y largo el largo de 8.16m es igual a: $(0.7\text{m}) \cdot (0.7\text{m}) \cdot (8.16\text{m}) = 3.9347\text{ m}^3$

- Sumar todas las áreas.

En la tabla 3.2 se muestra el área total de la excavación.

Figura 3.4 Plano planta baja y área de la cimentación

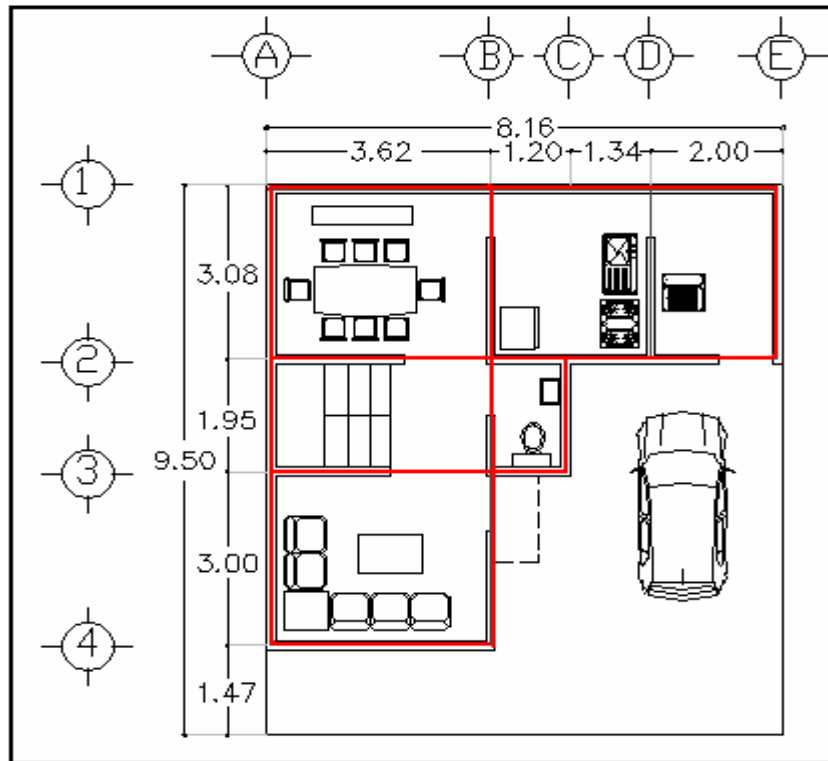


Tabla 3.2 Generadores para la cimentación

Excavacion para mamposteria						
Eje	Entre ejes	Ancho	Alto	Largo	Cantidad	Unidades
A	1y4	0.7	0.7	8.03	3.9347	m3
B	1y4	0.7	0.7	8.03	3.9347	m3
C	2y3	0.7	0.7	1.95	0.9555	m3
D	1y2	0.7	0.7	3.08	1.5092	m3
E	1y2	0.7	0.7	3.08	1.5092	m3
1	A-E	0.7	0.7	5.36	2.6264	m3
2	A-E	0.7	0.7	4.66	2.2834	m3
3	A-C	0.7	0.7	2.72	1.3328	m3
4	A-B	0.7	0.7	2.22	1.0878	m3
Total					19.1737	m3

En el Anexo 1 se encuentran los resultados de los números generadores.

3.3 Rendimientos



3.3.1 Definición

El rendimiento es la tasa de consumo ya sea de materiales o de mano de obra utilizados en una actividad determinada. Todos los rendimientos que se utilizaron se obtuvieron del catálogo de costos y edificación BIMSA CMDG, S. A. De C. V.

3.3.2 BIMSA CMDG, S. A. de C. V.

BIMSA es una sociedad anónima que se ha dedicado 40 años a la investigación de mercados para la industria de la construcción. Atienden a asesores, fabricantes, distribuidores y constructores proyectistas. Realizan análisis presupuestales, valores de reposición y tienen la información más reciente sobre proyectos de construcción.

El objetivo del catálogo de costos es el de informar a la industria de la construcción en el ramo de la edificación y sus obras exteriores de los precios de adquisición de materiales en el mercado formal, salarios del personal obrero requerido para este tipo de obras, conceptos de trabajo analizados por el método de precios unitarios. Esta información se actualiza cada tres meses. En el anexo 5 se incluyen algunos conceptos del manual de costos

3.4 Red Proyecto

3.4.1 Obtención de precedencias y duraciones.

Las precedencias son establecidas por los arquitectos en base a la experiencia, ellos definen qué actividades son más convenientes realizar antes que otras para disminuir las demoras y darle un mejor flujo de movimiento a las actividades. Por otra parte las



duraciones fueron calculadas en base a los rendimientos de los trabajadores por jornada por actividad, obtenidos del manual para la construcción de BIMSA. La forma de calcularlas se explica a continuación.

Lo primero que se debe de hacer es ubicar la actividad en el manual de BIMSA, después se observa a los trabajadores que necesita, así como su rendimiento que es dado en jornadas¹ y al final se multiplica por la cantidad de unidades que tiene dicha actividad, este último dato lo proporcionan los números generadores.

Para ejemplificar la obtención de las duraciones se muestra la figura 3.5 y la actividad número uno.

Figura 3.5 Hoja cálculo que contiene las duraciones de las actividades

H5 =SUMA(G5:G6)								
A	B	C	D	E	F	G	H	
1		DURACIÓN DE ACTIVIDADES						
2								
3								
No.	ACTIVIDAD	ACTIVIDADES SECUNDARIAS	CANTIDAD	UNIDAD	DURACIÓN /JORNADA/ CUADRILL A/UNIDAD *	TIEMPO DES GLOSADO (Jornadas)	TIEMPO TOTAL ACTIVIDAD (Jornadas)	
4								
5	1	Limpia trazo y excavación de cepas	Trazo y nivelación	77.52	m2	0.0035	0.27	4.53
6			Excavación	19.17	m3	0.2223	4.26	
7	2	Mampostería	Cimentación	14.4	m3	0.203	2.92	3.33
8			Relleno y compactado de cepas	4.77	m3	0.085	0.41	
9	3	Cisterna	Excavación cisterna	5.42	m3	0.2223	1.20	4.31
10			Acero en cadenas y castillos	28.28	m	0.02403333	0.68	
11			Cimbra	21.28	m	0.025	0.53	
12			Colocación de vigueta y bovedilla	2.556	m2	0.03	0.08	
13			Muro	9.82	m2	0.085	0.83	
14			Concreto	1.57	m3	0.6285	0.99	

¹ La jornada para este estudio es de 8 horas al día.



- La actividad primaria número 1, *Limpia trazo y excavación de cepas* cuenta con dos actividades secundarias y su duración se dedujo de la siguiente forma.
- *Trazo y nivelación* es igual a $D5$ multiplicado por $F5$, esto nos da $G5 = .027$ jornadas.
- De la misma forma se calcula la *Excavación*, $D6$ por $F6$ y el resultado es $G6 = 4.26$ jornadas.
- El tiempo total de la actividad es igual a la suma de las actividades secundarias que la componen, $.027 + .026 = 4.53$ jornadas.

3.4.2 Desarrollo de la red

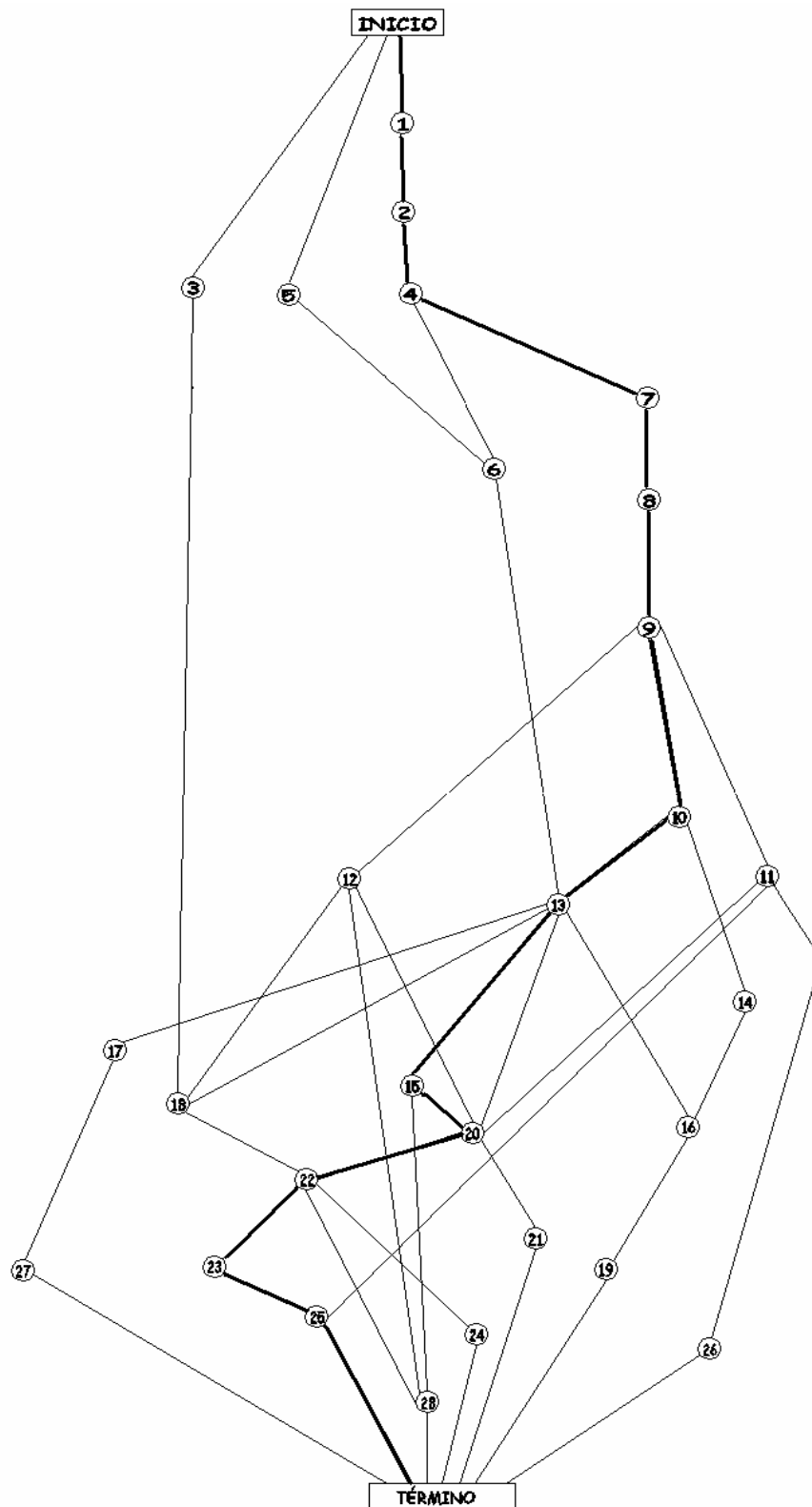
Para tener un panorama más claro del proyecto se desarrolló una red en base al tipo AON (Activity On Node o Actividades en los Nodos), por las razones que se mencionaron en el capítulo dos. Una vez que conocemos los predecesores inmediatos y las duraciones de cada actividad como se muestran en la tabla 3.3 podemos comenzar a construir la red.

**Tabla 3.3 Duraciones y precedencias****LISTA DE ACTIVIDADES**

No.	ACTIVIDAD	PRECEDENCIAS	DURACIÓN (Jornadas)	COSTO
1	(1) Limpia trazo y excavación de cepas	0	4.53	\$ 1,076.20
2	(2) Mampostería	1	3.33	\$ 5,425.95
3	(3) Cisterna	0	4.31	\$ 6,999.49
4	(4) Cadena de desplante	2	4.41	\$ 5,900.53
5	(5) Drenajes	0	0.20	\$ 1,099.11
6	(6) Rellenos para recibir firmes	4,5	0.34	\$ 1,366.99
7	(7) Muros 1er Nivel	4	10.56	\$ 14,501.05
8	(8) Losa de entrepiso	7	6.24	\$ 8,930.11
9	(9) Muros 2º Nivel	8	10.10	\$ 13,893.25
10	(10) Losa azotea	9	6.11	\$ 9,188.87
11	(11) Instalación en gral.	9	8.06	\$ 5,022.99
12	(12) Colocación de herrería 1er Nivel	9	0.75	\$ 1,168.92
13	(13) Pretiles de azotea	6, 10	2.03	\$ 2,794.53
14	(14) Bases para tinacos	10	0.84	\$ 955.54
15	(15) Colocación de herrería 2º nivel	13	0.50	\$ 779.28
16	(16) Impermeabilización azoteas	13, 14	1.40	\$ 2,631.34
17	(17) Colocación de escaleras	13	1.37	\$ 1,856.96
18	(18) Firmes	3,13	1.44	\$ 2,584.03
19	(19) Colocación de cuadrado azotea	16	3.51	\$ 3,186.32
20	(20) Repellados y aplanados	11,12, 13, 15	33.43	\$ 30,593.63
21	(21) Huellas de acceso	20	0.51	\$ 520.44
22	(22) Pintura	18, 20	19.96	\$ 16,049.49
23	(23) Colocación de pisos	18, 22	4.49	\$ 7,877.03
24	(24) Colocación de puertas gral.	22	2.10	\$ 6,422.98
25	(25) Colocación de instalaciones hidráulicas	11,23	3.28	\$ 4,761.47
26	(26) Colocación de herraje eléctrico	11	2.10	\$ 1,466.98
27	(27) Colocación de barandales	17	0.25	\$ 489.64
28	(28) Colocación de vidrio	12,15, 22, 24	0.82	\$ 1,477.96



Figura 3.6 Red del Proyecto





3.4.3 Trayectorias

Las trayectorias obtenidas por la red de la figura 3.5 fueron las siguientes:

Trayectorias															
T1	Inicio	1	2	4	6	13	15	20	21				Término		
T2	Inicio	1	2	4	6	13	15	20	22	23	25		Término		
T3	Inicio	1	2	4	6	13	15	20	22	24			Término		
T4	Inicio	1	2	4	6	13	15	20	22	28			Término		
T5	Inicio	1	2	4	6	13	15	28					Término		
T6	Inicio	1	2	4	6	13	16	19					Término		
T7	Inicio	1	2	4	6	13	17	27					Término		
T8	Inicio	1	2	4	6	13	18	22	23	25			Término		
T9	Inicio	1	2	4	6	13	18	22	24				Término		
T10	Inicio	1	2	4	6	13	18	22	28				Término		
T11	Inicio	1	2	4	6	13	20	21					Término		
T12	Inicio	1	2	4	6	13	20	22	23	25			Término		
T13	Inicio	1	2	4	6	13	20	22	24				Término		
T14	Inicio	1	2	4	6	13	20	22	28				Término		
T15	Inicio	1	2	4	7	8	9	10	13	15	20	21	Término		
T16	Inicio	1	2	4	7	8	9	10	13	15	20	22	28	Término	
T17	Inicio	1	2	4	7	8	9	10	13	15	22	24		Término	
T18	Inicio	1	2	4	7	8	9	10	13	15	20	22	23	25	Término
T19	Inicio	1	2	4	7	8	9	10	13	15	28				Término
T20	Inicio	1	2	4	7	8	9	10	13	16	19				Término
T21	Inicio	1	2	4	7	8	9	10	13	17	27				Término
T22	Inicio	1	2	4	7	8	9	10	13	18	22	23	25		Término
T23	Inicio	1	2	4	7	8	9	10	13	18	22	24			Término
T24	Inicio	1	2	4	7	8	9	10	13	18	22	28			Término
T25	Inicio	1	2	4	7	8	9	10	13	20	21				Término
T26	Inicio	1	2	4	7	8	9	10	13	20	22	23	25		Término
T27	Inicio	1	2	4	7	8	9	10	13	20	22	24			Término
T28	Inicio	1	2	4	7	8	9	10	13	20	22	28			Término
T29	Inicio	1	2	4	7	8	9	10	14	16	19				Término
T30	Inicio	1	2	4	7	8	9	11	20	21					Término
T31	Inicio	1	2	4	7	8	9	11	20	22	23	25			Término
T32	Inicio	1	2	4	7	8	9	11	20	22	24				Término
T33	Inicio	1	2	4	7	8	9	11	20	22	28				Término
T34	Inicio	1	2	4	7	8	9	11	25						Término
T35	Inicio	1	2	4	7	8	9	11	26						Término
T36	Inicio	1	2	4	7	8	9	12	18	22	23	25			Término
T37	Inicio	1	2	4	7	8	9	12	18	22	24				Término
T38	Inicio	1	2	4	7	8	9	12	18	22	28				Término
T39	Inicio	1	2	4	7	8	9	12	20	21					Término
T40	Inicio	1	2	4	7	8	9	12	20	22	23	25			Término
T41	Inicio	1	2	4	7	8	9	12	20	22	24				Término
T42	Inicio	1	2	4	7	8	9	12	20	22	28				Término
T43	Inicio	1	2	4	7	8	9	12	28						Término
T44	Inicio	3	18	22	23	25									Término
T45	Inicio	3	18	22	24										Término
T46	Inicio	3	18	22	28										Término
T47	Inicio	5	6	13	15	20	21								Término
T48	Inicio	5	6	13	15	20	22	23	25						Término
T49	Inicio	5	6	13	15	20	22	24							Término
T50	Inicio	5	6	13	15	20	22	28							Término
T51	Inicio	5	6	13	15	28									Término
T52	Inicio	5	6	13	16	19									Término
T53	Inicio	5	6	13	17	27									Término
T54	Inicio	5	6	13	18	22	23	25							Término
T55	Inicio	5	6	13	18	22	24								Término
T56	Inicio	5	6	13	18	22	28								Término
T57	Inicio	5	6	13	20	21									Término
T58	Inicio	5	6	13	20	22	23	25							Término
T59	Inicio	5	6	13	20	22	24								Término
T60	Inicio	5	6	13	20	22	28								Término



La duración total de cada trayectoria es igual a la suma de la duración de todas las actividades que pasen por esa trayectoria.

En la tabla 3.4 se encuentran las duraciones de todas las trayectorias.



Tabla 3.4 Duración de las trayectorias

Actividad	Duración de las trayectorias																															
	T1	T2	T3	T4	T7	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26	T27	T28	T29	T30		
1	4.53	4.53	4.53	4.53	4.53	4.53	4.53	4.53	4.53	4.53	4.53	4.53	4.53	4.53	4.53	4.53	4.53	4.53	4.53	4.53	4.53	4.53	4.53	4.53	4.53	4.53	4.53	4.53	4.53	4.53		
2	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33		
3	4.31																															
4	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41		
5	0.20																															
6	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34		
7	10.56																															
8	6.24																															
9	10.10																															
10	6.11																															
11	8.06																															
12	0.75																															8.06
13	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03		
14	0.84																															
15	0.50	0.50	0.50	0.50	0.5																											
16	1.40																															
17	1.37																															
18	1.44																															
19	3.51																															
20	33.43	33.43	33.43	33.43																												
21	0.51	0.51																														
22	19.96	19.96	19.96	19.96																												
23	4.49	4.49																														
24	2.10																															
25	3.28																															
26	2.10																															
27	0.25																															
28	0.82																															
	49.08	76.29	70.62	69.34	15.96	19.55	16.26	43.81	38.14	36.85	48.58	75.79	70.12	68.84	81.75	102	103.3	109	48.63	52.22	48.92	76.47	70.8	69.52	81.25	108.5	102.8	101.5	51.03	81.17		



Tabla 3.4 Duración de las trayectorias

		Duración de las trayectorias																															
Act	Dur	T31	T32	T33	T34	T35	T36	T37	T38	T39	T40	T41	T42	T43	T44	T45	T46	T47	T48	T49	T50	T51	T52	T53	T54	T55	T56	T57	T58	T59	T60		
1	4.5	4.53	4.53	4.53	4.53	4.53	4.53	4.53	4.53	4.53	4.53	4.53	4.53	4.53																			
2	3.3	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33																			
3	4.3	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.31	4.31	4.31																
4	4.4	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41																			
5	0.2																	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2		
6	0.3																	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34		
7	11	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6																			
8	6.2	6.24	6.24	6.24	6.24	6.24	6.24	6.24	6.24	6.24	6.24	6.24	6.24	6.24																			
9	10	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1																			
10	6.1																																
11	8.1	8.06	8.06	8.06	8.06																												
12	0.8					0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75				2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	2.03	
13	2																																
14	0.8																																
15	0.5																	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
16	1.4																																
17	1.4																																
18	1.4					1.44	1.44	1.44	1.44						1.44	1.44	1.44																
19	3.5																																
20	33	33.4	33.4	33.4						33.4	33.4	33.4	33.4	33.4				33.4	33.4	33.4	33.4	33.4	33.4	33.4	33.4	33.4	33.4	33.4	33.4	33.4	33.4	33.4	33.4
21	0.5									0.51								0.51															
22	20	20	20	20			20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
23	4.5	4.49					4.49	4.49	4.49	4.49	4.49	4.49	4.49	4.49	4.49	4.49	4.49	4.49	4.49	4.49	4.49	4.49	4.49	4.49	4.49	4.49	4.49	4.49	4.49	4.49	4.49	4.49	4.49
24	2.1		2.1					2.1							2.1	2.1																	
25	3.3	3.28					3.28	3.28	3.28	3.28	3.28	3.28	3.28	3.28	3.28	3.28	3.28	3.28	3.28	3.28	3.28	3.28	3.28	3.28	3.28	3.28	3.28	3.28	3.28	3.28	3.28	3.28	3.28
26	2.1																																
27	0.3																																
28	0.8			0.82										0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	
	108	103	101	101	50.5	49.3	69.1	63.4	62.1	73.9	101	95.4	94.1	40.7	33.5	27.8	26.5	37	64.2	58.5	57.3	3.89	7.48	4.18	31.7	26.1	24.8	36.5	63.7	58	56.8		



Como sabemos que la trayectoria que dura más tiempo será nuestra ruta crítica, entonces tenemos que la ruta crítica será la *trayectoria número 18* con una longitud de 108.5 jornadas.

3.4.4 Programación de las actividades individuales y cálculo de holguras.

Los IC (tiempos de inicio más cercano) y TC (tiempos de terminación más cercano) se obtuvieron en una hoja de cálculo hecha en Excel de la siguiente forma.

Los IC y TC se calcularon con Excel, para la columna de los IC (columna C), se igualó a las celdas de los TC (columna D) según se necesitara, y para los TC se inserto una fórmula que suma al IC más la duración de la actividad.

- Ejemplo: La actividad 6 tiene como predecesores inmediatos las actividades 5 y 4, entonces su IC es igual al TC más grande de sus predecesores que es la actividad cuatro para esto se insertó la función max(figura 3.7) para que Excel nos de el valor más grande que en este caso fue de 12.6, por otro lado el TC es igual al IC mas la duración de la actividad ($C46 + D46 = 12.6$), y se va corriendo hacia abajo según se vayan obteniendo los valores de TC.

Figura 3.6 *Calculo de holguras*

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
39			IC	TC	IL	TL	Holguras	TL-TC	Ruta Critica			
40	Inicio	0	0	0	0	0				T18		
41	1	4.53	0	4.53	0	4.53		0		4.533		
42	2	3.32	4.53	7.85	4.53	7.85		0		3.329		
43	3	4.31	0	4.31	74.98	79.29		74.98				
44	4	4.41	7.85	12.26	7.85	12.26		0		4.411		
45	5	0.20	0	0.2	44.73	44.93		44.73				
46	6	0.34	12.26	12.6	44.93	45.27		32.67				
47	7	10.55	12.26	22.81	12.26	22.81		0		10.56		



Para los IL y TL (figura 3.7 columnas E y F), se empieza a llenar de abajo hacia arriba y por definición el TL es igual al IL de su predecesor inmediato. El TL es igual a la resta del TL menos la duración de la actividad.

- Ejemplo: la actividad 4 de abajo hacia arriba tiene 2 predecesores que son las actividades 6 y 7 entonces para calcular su TL es igual al menor de los IL usando la función min (E46, E47), que nos da el valor mínimo 12.26, para el TL se utilizó la resta TL menos la duración de la actividad, de esto se obtuvo 12.26.

Las holguras son igual a TL-TC, las actividades que no tengan holgura pertenecen a la ruta crítica y no pueden tener retrasos. A continuación se muestra la tabla 3.4 que muestra todas las actividades que tienen holgura.

Tabla 3.5 Holguras

	Duración	IC	TC	IL	TL	Holguras TL-TC	Ruta Crítica
Inicio	0	0	0	0	0		T18
1	4.532811	0	4.5328	0	4.53281	0	4.5
2	3.32865	4.5328	7.8615	4.5328	7.86146	0	3.3
3	4.314654	0	4.3147	75.479	79.7934	75.5	
4	4.410604	7.8615	12.272	7.8615	12.2721	0	4.4
5	0.2	0	0.2	44.74	44.9403	44.7	
6	0.341658	12.272	12.614	44.94	45.2819	32.7	
7	10.55726	12.272	22.829	12.272	22.8293	0	11
8	6.238859	22.829	29.068	22.829	29.0682	0	6.2
9	10.10262	29.068	39.171	29.068	39.1708	0	10
10	6.111131	39.171	45.282	39.171	45.2819	0	6.1
11	8.06	39.171	47.231	39.748	47.8082	0.58	
12	0.75	39.171	39.921	47.058	47.8082	7.89	
13	2.026245	45.282	47.308	45.282	47.3082	0	2
14	0.835317	45.282	46.117	103.21	104.049	57.9	
15	0.5	47.308	47.808	47.308	47.8082	0	0.5
16	1.4028	47.308	48.711	104.05	105.452	56.7	
17	1.366542	47.308	48.675	107.34	108.709	60	
18	1.44045	47.308	48.749	79.793	81.2338	32.5	
19	3.507	48.711	52.218	105.45	108.959	56.7	
20	33.42563	47.808	81.234	47.808	81.2338	0	33
21	0.512	81.234	81.746	108.45	108.959	27.2	
22	19.9556	81.234	101.19	81.234	101.189	0	20
23	4.4898	101.19	105.68	101.19	105.679	0	4.5
24	2.1	101.19	103.29	106.86	108.959	5.67	
25	3.28	105.68	108.96	105.68	108.959	0	3.3
26	5.25	47.231	52.481	103.71	108.959	56.5	
27	0.25	48.675	48.925	108.71	108.959	60	
28	0.8172	101.19	102.01	108.14	108.959	6.95	
Término	0	108.96	108.96	108.96	108.959		109



3.5 Costos

Como se mencionó en el capítulo uno, el grupo URYAR no provee de información detallada a los accionistas en cuanto a materiales y mano de obra se refiere. Los reportes de requerimientos de materiales y de mano de obra los hacen de manera muy general, ya que no especifican concretamente el importe de los materiales utilizados para una actividad determinada ni su costo de mano de obra.

Lo que se busca en esta sección es lograr un mejor control de los costos de los materiales desglosándolos en los componentes que requiere cada actividad, para así poder determinar la cantidad requerida por actividad, así como su costo. Así mismo se calcularon las duraciones de cada actividad y el costo de mano de obra basándonos en datos lo más objetivos posible.

Se realizó un programa en Excel el cual calcula los materiales requeridos por actividad con su costo, duración de cada actividad y su costo de mano de obra, además nos proporciona el costo total por actividad. La idea es que los usuarios que tengan contacto con el programa, sólo tengan que introducir el resumen de los números generadores y la actualización de los costos unitarios en las hojas con los nombres *Resumen generadores* y *Recursos* respectivamente, entonces el programa con algunas fórmulas sencillas y por medio del intercambio de datos entre las páginas calculará los costos ya mencionados. Es importante actualizar estos datos para las obras siguientes puesto que los números generadores variarán en cada obra y los costos cambian constantemente. A continuación se



muestran las tablas de *Resumen de generadores* y de *Recursos* para identificarlas más fácilmente.

Tabla 3.6 Resumen números generadores

RESUMEN GENERADORES

No.	ACTIVIDAD	ACTIVIDADES SECUNDARIAS	CANTIDAD	UNIDAD
1	(1) Limpia trazo y excavación de cepas	Trazo y nivelación	77.52	m2
		Excavación	19.17	m3
2	(2) Mampostería	Cimentación	14.4	m3
		Relleno y compactado de cepas	4.77	m3
3	(3) Cisterna	Excavación cisterna	5.42	m3
		Acero en cadenas y castillos	28.28	m
		Cimbra	21.28	m
		Colocación de vigueta y bovedilla	2.556	m2
		Muro	9.82	m2
		Concreto	1.57	m3
4	(4) Cadena de desplante	Acero en cadenas	51.43	m
		Cimbra	46.83	m
		Concreto	1.4	m3
		Impermeabilización	18.732	m2
5	(5) Drenajes	Registro	2	pieza
6	(6) Rellenos para recibir firmes	Concreto	5.13	m3
7	(7) Muros 1er Nivel	Acero en castillos	67.4	m
		Muros	81	m2
		Cimbra en castillos	46.8	m
		Concreto en castillos	1.404	m3
8	(8) Losa de entrepiso	Acero en losa	43.13	m
		Cimbra cadena de cerramiento	28.42	m
		Cimbra de baño 2º nivel	3.33	m2
		Colocación de vigueta y bovedilla	29.1	m2
		Cimbra vigueta y bovedilla	29.1	m2
		Concreto en losa	1.455	m3
9	(9) Muros 2º Nivel	Acero en castillos	53.55	m
		Muros	78.36	m2
		Cimbra en castillos	49.14	m
		Concreto en castillos	1.4742	m3
10	(10) Losa azotea	Acero en losa	43.13	m
		Cimbra cadena de cerramiento	28.42	m
		Colocación de vigueta y bovedilla	35.33	m2
		Cimbra vigueta y bovedilla	29.52	m2
		Concreto en losa	1.476	m3
11	(11) Instalación en gral.	Instalación eléctrica (cables)	60	m
		Instalación hidráulica (Tubo pvc)	23	m
12	(12) Colocación de herrería 1er Nivel	Marco ventanas	3	pieza
13	(13) Pretilos de azotea 2º nivel	Acero en pretilos	9	m
		Muro en pretilos	16.65	m2
		Cimbra en castillo	9	m
		Concreto en castillos	0.27	m3
14	(14) Bases para tinacos	Acero en castillos	9.2	m
		Cimbra en castillos	1.6	m
		Cimbra en base	1.96	m2
		Cimbra en frontera	5.6	m
		Concreto total en base	0.244	m3
		Muro	0.8	m2
15	(15) Colocación de herrería 2º nivel	Marco ventanas	2	pieza
16	(16) Impermeabilización azoteas		35.07	m2
17	(17) Colocación de escaleras	Castillos	2.16	m
		Cimbra	3.51	m2
		Concreto	1.32	m2
18	(18) Firmes	1er Nivel	35.04	m2
		Patío de servicio	5.46	m2
		Baño	3.15	m2
19	(19) Colocación de cuadrado azotea		35.07	m2
20	(20) Repellados y aplanados	Repellado exterior e interior	498.89	m2
21	(21) Huellas de acceso		16	pieza
22	(22) Pintura		498.89	m2
23	(23) Colocación de pisos		64.14	m2
24	(24) Colocación de puertas gral.		7	pieza
25	(25) Colocación de instalaciones hidráulicas		8	pieza
		Regadera	1	pieza
		WC	2	pieza
		Lavabo	2	pieza
		Tinaco	1	pieza
		Fregadero	1	pieza
		Lavadero	1	pieza
26	(26) Colocación de herraje eléctrico		21	pieza
27	(27) Colocación de barandales		1	pieza
28	(28) Colocación de vidrio		6.81	m2

**Tabla 3.7 Recursos****RECURSOS**

Material	Unidad	Costo Unitario
Piedra Braza	m3	\$ 141.00
Agua	m3	\$ 55.00
Mortero	m3	\$ 1,500.00
Tabique rojo recocido	millar	\$ 780.00
Cemento gris	Ton	\$ 1,580.00
Arena	m3	\$ 88.66
Grava	m3	\$ 125.00
Microlastic 4 lts.	lt	\$ 49.50
Festerfelt 15 (pres. rollo)	metro	\$ 105.30
Pony-plas app.de 3mm.liso negro roll.10m	rollo	\$ 297.00
Hidrotex 200 lt	pza	\$ 1,532.70
Gas butano	kg	\$ 4.69
Pintura	cubeta (19 lts)	\$ 780.00
Vigueta	metro	\$ 15.98
Bovedilla	mil	\$ 3,918.18
Armex (.15*.2*6)	metro	\$ 17.50
Lozeta Cerámica	m2	\$ 80.00
Cuadrado	m2	\$ 35.00
Vidrio	m2	\$ 150.00
Cable	metro	\$ 6.00
Tubo pvc	metro	\$ 7.00
Registro	pieza	\$ 493.70
Marco ventanas 1er Nivel	pieza	\$ 250.00
Marco ventanas 2º Nivel	pieza	\$ 250.00
Huellas de acceso	pieza	\$ 26.00
Puertas	pieza	\$ 750.00
Herraje eléctrico	pieza	\$ 14.00
Barandal	pieza	\$ 350.00
Cimbra	metro	\$ 12.00
Cimbra	m2	\$ 28.00
<i>Muebles de instalación hidráulica</i>		
Regadera	pieza	\$ 48.00
Excusado	pieza	\$ 465.22
Lavabo	pieza	\$ 156.52
Tinaco	pieza	\$ 1,727.00
Fregadero	pieza	\$ 500.00
Lavadero	pieza	\$ 80.00

OBRERO	SALARIO/JORNADA	SALARIO/HORA
Especialista	\$ 407.58	\$ 50.95
Albañil, plomero, electricista, herrero, pintor, vidriero	\$ 354.57	\$ 44.32
Peon	\$ 203.99	\$ 25.50

Una vez que el usuario ha actualizado estas dos hojas de cálculo las demás hojas se actualizarán automáticamente y se tendrán los resultados de los costos de materiales, costos de mano de obra y las duraciones que se explicaron anteriormente. Enseguida se explican los costos.



3.5.1 Costos de Materiales

Lo primero que se hizo fue agrupar los materiales según la actividad que se realiza, por ejemplo todas las actividades que involucren cimientos, muros, acero, concreto etc. Una vez que se agruparon se observa la cantidad de material por unidad, es decir el rendimiento² de material ya sea en m, m², lt, etc. Después de revisar los rendimientos se introducen a una matriz en la cual se multiplican por las cantidades que proporcionan los números generadores y estos resultados por su costo unitario³ para obtener el costo de materiales por una actividad determinada. Para ejemplificar usaremos el ejemplo del cálculo de materiales para el concreto.

Ejemplo:

- Se creó una hoja de cálculo con el nombre *Desglose de materiales*.
- Se agruparon las actividades en las cuales se necesita concreto quedando los siguientes: concreto en cisterna, relleno de firmes, cadena de desplante, castillos 1° nivel, losa de entrepiso, castillos 2° nivel, losa de azotea, castillos pretiles, base para tinaco, escaleras (figura 3.8, columna A).
- El siguiente paso fue introducir los materiales que utiliza el concreto (figura 3.8, columna B).

² Los rendimientos fueron obtenidos en base al catalogo de costos de Bimsa.

³ Los costos unitarios fueron proporcionados por la compañía y por el catalogo de costos de Bimsa.



- En las columnas *C* y *D*, se colocan las unidades y el rendimiento de material por unidad respectivamente (figura 3.8.).

- En la columna *E* se encuentra el costo unitario que se jala de la hoja llamada *recursos*, este esta marcado de color naranja para identificar que es la primera vez que aparece en la hoja, puesto que las próximas veces que aparezca se cambiará automáticamente como lo hicieron el costo de la arena y el agua (C50 y C52).

- La columna *F* jala la información de la hoja llamada resumen generadores que es igual a ala cantidad de m^3 de concreto que requiere cada actividad. Se marca de color canela, puesto que es la primera vez que aparece para identificarlo fácilmente, de igual manera que el costo unitario se cambiará automáticamente las veces siguientes.

- La cantidad total de material por actividad es la columna *G*, nos da como resultado al multiplicar las columnas *F* y *D*, por su parte el costo del material nos lo dan la multiplicación de las columnas *F* por *G* y por último el costo total de la actividad nos lo da la sumatoria de los costos de los cuatro materiales que aparece en la columna *I*.



Figura 3.7 Parte de la hoja de cálculo Desglose de materiales.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
45	=RECURSOSIC8								
46	Concreto								
47	Rendimiento								
48		Material por m3	unidad	Cantidad / m3	costo u	m3 concreto	Cantidad total	Costo Material	Costo total
49	Cisterna	cemento gris	ton	0.3698	\$ 1,580.00	5.13	1.897074	2997.37692	
50		Arena	m3	0.5321	88.66	5.13	2.729673	242.0128082	
51		grava	m3	0.6452	\$ 125.00	5.13	3.309876	413.7345	
52		agua	m3	0.2424	55	5.13	1.243512	68.39316	\$ 3,721.52
53									
54	Relleno de firmes	cemento gris	ton	0.3698	1580	1.404	0.5191992	820.334736	
55		Arena	m3	0.5321	88.66	1.404	0.7470684	66.23508434	
56		grava	m3	0.6452	125	1.404	0.9058608	113.2326	
57		agua	m3	0.2424	55	1.404	0.3403296	18.718128	\$ 1,018.52
58	Cadena de desplante	cemento gris	ton	0.3698	1580	1.4	0.51772	817.9976	

3.5.2 Costos de mano de obra

Para los costos de mano de obra se creó una hoja de cálculo llamada *Duración y costos MO*. En esta hoja se especifican los rendimientos por jornada por cuadrilla por unidad que nos otorga el catálogo de costos de BIMSA, es decir la estimación de tiempo (en jornadas) que le tomará a esa cuadrilla llevar a cabo esa actividad por la cantidad de m², m³ que establecieron los números generadores. Se entiende por cuadrilla al número de obreros en total que se necesitan para esa actividad. El número de obreros depende de la complejidad de la tarea. La cuadrilla que nosotros sugerimos para cada actividad es la misma que aparece en el manual de costos para que los rendimientos tengan efecto. Para darle un poco de flexibilidad a los cálculos aumentamos una parte que dice *cuadrilla utilizada* que sirve para modificar la cuadrilla en caso de que la actividad lo requiera por alguna razón. Entonces nosotros podemos saber cuanto va a tardar una actividad dependiendo de cuantos obreros la atacan. Hicimos este cálculo disminuyendo el tiempo proporcionalmente al número de trabajadores y su costo aumentará de acuerdo al rango del obrero adicional debido a que tienen salarios diferentes. Al hacer la distinción entre los



campos de *oficial* y *ayuda* es tanto para albañiles como pintores, plomeros, electricistas, etc.

Cabe hacer notar que el cálculo para las cuadrillas que tienen trabajadores extras es una aproximación y puede diferir un poco del tiempo real puesto que no siempre tendrá una variación inversamente proporcional al número de obreros aumentados. Además hay un punto en el que aumentar más trabajadores ya no es funcional porque se estorbarían, pero este punto queda a criterio del arquitecto.

En los anexos 2,3 y 4 se muestran las hojas de cálculo correspondientes a los costos de materiales, mano de obra y duraciones. En resumen todos estos cálculos mencionados en este capítulo fueron realizados para llegar a la tabla 3.8.

Tabla 3.8 *Lista de actividades*

LISTA DE ACTIVIDADES

No.	ACTIVIDAD	PRECEDENCIAS	DURACIÓN (Jornadas)	COSTO
1	(1) Limpia trazo y excavación de cepas	0	4.53	\$ 1,076.20
2	(2) Mampostería	1	3.33	\$ 5,425.95
3	(3) Cisterna	0	4.31	\$ 6,999.49
4	(4) Cadena de desplante	2	4.41	\$ 5,900.53
5	(5) Drenajes	0	0.20	\$ 1,099.11
6	(6) Rellenos para recibir firmes	4,5	0.34	\$ 1,366.99
7	(7) Muros 1er Nivel	4	10.56	\$ 14,501.05
8	(8) Losa de entrepiso	7	6.24	\$ 8,930.11
9	(9) Muros 2º Nivel	8	10.10	\$ 13,893.25
10	(10) Losa azotea	9	6.11	\$ 9,188.87
11	(11) Instalación en gral.	9	8.06	\$ 5,022.99
12	(12) Colocación de herrería 1er Nivel	9	0.75	\$ 1,168.92
13	(13) Pretilos de azotea	6, 10	2.03	\$ 2,794.53
14	(14) Bases para tinacos	10	0.84	\$ 955.54
15	(15) Colocación de herrería 2º nivel	13	0.50	\$ 779.28
16	(16) Impermeabilización azoteas	13, 14	1.40	\$ 2,631.34
17	(17) Colocación de escaleras	13	1.37	\$ 1,856.96
18	(18) Firmes	3,13	1.44	\$ 2,584.03
19	(19) Colocación de cuadrado azotea	16	3.51	\$ 3,186.32
20	(20) Repellados y aplanados	11,12, 13, 15	33.43	\$ 30,593.63
21	(21) Huellas de acceso	20	0.51	\$ 520.44
22	(22) Pintura	18, 20	19.96	\$ 16,049.49
23	(23) Colocación de pisos	18, 22	4.49	\$ 7,877.03
24	(24) Colocación de puertas gral.	22	2.10	\$ 6,422.98
25	(25) Colocación de instalaciones hidráulicas	11,23	3.28	\$ 4,761.47
26	(26) Colocación de herraje eléctrico	11	2.10	\$ 1,466.98
27	(27) Colocación de barandales	17	0.25	\$ 489.64
28	(28) Colocación de vidrio	12,15, 22, 24	0.82	\$ 1,477.96