



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"ACATLÁN"

ANALISIS DE UN SISTEMA CONSTRUCTIVO CON CONCRETO CELULAR PREFABRICADO



T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

I N G E N I E R O C I V I L

P R E S E N T A :

SALVADOR GUTIERREZ FITZ

ASESOR : ING. MANUEL GOMEZ GUTIERREZ



MAYO DE 2004



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ESTA LIBRO NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

DEDICATORIAS

A Dios por darme esta y tantas oportunidades, pero sobre todo por darme la oportunidad de existir.

A mis padres Primo Gutiérrez Juárez y Altagracia Fitz Miranda, por haberme dado la vida, por todo el cariño, apoyo, protección y sobre todo como muestra del más sincero agradecimiento por los consejos y sacrificios que me brindaron para poder alcanzar una de mis metas.

A mis hermanos Francisco, Juliana, Ana Berta y Pedro, por todo el cariño, confianza y apoyo que me han brindado y que sirvió de motivación para poder alcanzar ésta meta y sobre todo por hacerme sentir orgulloso de tenerlos.

A la Doctora Ángela y a Mamá Juana por su apoyo y cariño.

A mis sobrinos Primo Gabriel, Jorge Alberto, Francisco, Alicia, Elsa Guadalupe, Estela y Víctor Hugo, espero que este trabajo sea motivo de inspiración e impulso para que logren sus metas.

En memoria de Rodrigo, Anaid y María Gabriela.

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: SALVADOR
GUTIÉRREZ FITZ
FECHA: 04/MAYO/2004
FIRMA: 

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por ser la Máxima casa de estudios.

A la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, por permitirme estudiar en sus aulas.

A mi asesor, el Ing. Manuel Gómez Gutiérrez por su dirección y apoyo en la elaboración de éste trabajo.

A la empresa Contec Mexicana S. A. por la información y asesoría otorgada en la elaboración de éste trabajo.

A mis compañeros de escuela con quienes viví gratas experiencias.

Índice

Introducción	1
1 Generalidades del concreto	4
1.1 Definición	6
1.2 Materiales constitutivos	7
1.2.1 Cemento	7
1.2.2 Agregados	17
1.2.3 Agua	22
1.2.4 Aditivos	23
1.3 Propiedades	25
1.4 Características	27
1.5 Usos	29
II Conceptos básicos de prefabricados en la construcción	30
2.1 Definición	31
2.2 Antecedentes	37
2.3 Clasificación de los elementos prefabricados	43
2.3.1 Prefabricación de concreto	43
2.3.2 Concreto ligero	44
2.3.3 Prefabricación con lámina metálica	44
2.3.4 Prefabricación de asbesto cemento	45
2.3.5 Prefabricados de acero	45
2.3.6 Prefabricación con plástico	45
III Descripción del concreto celular	46
3.1 Fabricación y control de calidad	48
3.2 Propiedades y características	50
3.2.1 Propiedades físicas	52
3.2.2 Propiedades mecánicas	55
3.3 Estudios técnicos	56
3.3.1 Pruebas de laboratorio y normas de referencia	56
3.4 Aspectos constructivos	64
3.4.1 Herramientas y equipo	65
3.5 Ventajas y desventajas	68
3.6 Usos	69

IV Proceso constructivo con concreto celular	70
4.1 Estudios preliminares	71
4.2 Cimentación	71
4.3 Estructuración y montaje	72
4.4 Instalación eléctrica	92
4.5 Instalación hidrosanitaria	95
4.6 Acabados	98
4.7 Impermeabilización	100
4.8 Mantenimiento	101
V Análisis comparativo costo - tiempo con respecto al sistema tradicional	102
5.1 Presupuesto para casa habitación con concreto celular	105
5.2 Presupuesto para casa habitación con materiales tradicionales	120
5.3 Resultados	135
Conclusiones	137
Anexo	140
Bibliografía	154

INTRODUCCIÓN

La técnica se adopta en la construcción con el objeto de optimizar el manejo de recursos materiales y humanos, además de obtener una mejor calidad de la obra terminada, lo que se traduce en bienestar para el usuario y economía por el correcto uso de los recursos.

El concreto celular es un concreto de bajo peso volumétrico, se ha utilizado desde que terminó la segunda guerra mundial principalmente en Alemania para la reconstrucción de las edificaciones que sufrieron daños durante la guerra, en nuestro país éste material no se utiliza con la intensidad que se tiene en otros países debido en parte al desconocimiento del sistema constructivo.

En el presente trabajo se estudian las características del concreto celular y el sistema constructivo desarrollado para la construcción con este material, lo que coadyuva a formar criterios en la elección de procedimientos constructivos, considerando siempre las necesidades económicas que se tengan para edificar vivienda y cualquier espacio necesario para actividades humanas.

Se estudia el sistema constructivo desarrollado por la empresa Contec Mexicana S. A. de C. V., para determinar las posibles ventajas y desventajas que ofrece el concreto celular con respecto a los materiales que se utilizan en las prácticas comunes de edificación de vivienda, se considera para este trabajo el parámetro costo y tiempo en la edificación de vivienda de interés social, así como las características físicas y constructivas que en la práctica nos ayudará a tomar decisiones sobre el uso de un sistema constructivo.

INTRODUCCIÓN

En el capítulo primero se exponen las características generales del concreto, mencionando sus materiales constitutivos y la normatividad vigente en nuestro país, lo que coadyuva a obtener una mezcla de concreto de calidad, así mismo se mencionan los criterios de uso de los materiales constitutivos de acuerdo a las características de las obras por edificar en las que se utiliza concreto hidráulico. El concreto celular es una variedad del concreto hidráulico, por lo que se complementa la información con el estudio de las propiedades y características de los concretos, materiales constitutivos y usos.

En el segundo capítulo se hace una semblanza histórica de los materiales de construcción prefabricados y su uso a través de la historia, mencionando también los sistemas prefabricados que actualmente se usan en nuestro país, así mismo se clasifican los sistemas de construcción prefabricada de acuerdo a sus características físicas.

En el capítulo tercero se tiene como objetivo estudiar las características del concreto celular como material de construcción, describiendo su proceso de producción y propiedades mecánicas, basado en estudios efectuados por el Centro Nacional de Prevención de Desastres.

En el capítulo cuarto se estudia el sistema constructivo con concreto celular, mencionando los criterios de estructuración y montaje de los elementos prefabricados bloques y paneles, así mismo se muestran detalles constructivos que contribuyen a mejorar la calidad en el uso del sistema.

INTRODUCCIÓN

En el capítulo quinto se hace el análisis económico de la construcción de una casa habitación tipo de interés social, tomando en cuenta los parámetros costo y tiempo con el uso del sistema constructivo de concreto celular, comparado con un sistema tradicional de construcción, cuantificando los recursos y volúmenes de obra que intervienen en los presupuestos.

De acuerdo a los resultados obtenidos en los presupuestos se dan conclusiones de acuerdo a lo observado en su formulación, determinando las ventajas y desventajas que constituyen cada proceso constructivo, lo que nos ayuda a tener criterios para la elección del proceso constructivo adecuado en la construcción de la vivienda.

CAPÍTULO I

Generalidades del concreto.

1 Generalidades del concreto.

La versatilidad, durabilidad y economía del concreto lo convierten en el material de construcción más usado en el mundo, ya que se puede emplear en la construcción de carreteras, puentes, edificios, presas, pisos, banquetas y gracias a que en estado plástico es moldeable también se utiliza para fines artísticos de ornato y hasta en obras de arte en esculturas.

El concreto hecho con cemento ofrece características favorables al constructor, las estructuras en las que se emplea ofrece resistencia y en estado plástico puede moldearse a la forma requerida; al endurecer la cara expuesta del concreto proporciona una superficie dura resistente al desgaste, una alta resistencia al fuego y a la penetración del agua.

Sin embargo el concreto es un material que presenta fragilidad debido a su baja resistencia a la tensión contraria a su buena resistencia a los esfuerzos de compresión, para contrarrestar la baja resistencia que presenta a la tensión se adiciona comúnmente acero de refuerzo que absorbe la mayor parte de este esfuerzo.

En la elaboración de mezclas de concreto, se debe tener un adecuado control de calidad, ya que en caso contrario esta es una causa de la presencia de características desfavorables, por lo que es necesario contar con personal capacitado para el diseño y control de las mezclas considerando siempre la calidad de sus componentes.

1.1 DEFINICIÓN

El concreto es una mezcla integrada por cemento, agregados pétreos seleccionados, agua y en algunas ocasiones se incluyen aditivos en el caso que se requiera de características especiales durante el mezclado o en el concreto ya endurecido.

Los elementos que componen el concreto se dividen en activos e inertes. Se llama elementos activos al agua y al cemento que son responsables de la reacción química llamada hidratación, al mezclarse estos dos elementos se forma una masa llamada lechada que al endurecer alcanza un estado de gran solidez.

Los elementos inertes están compuestos por los agregados que son la grava y la arena, éstos tienen la función de formar el esqueleto del concreto ocupando una gran parte de una mezcla típica de concreto hidráulico, normalmente hasta un 75%, al tener un estricto control de calidad en los agregados se tiene un concreto de mejor calidad y economía en la elaboración de mezclas de concreto.

Las proporciones en que se mezclan los distintos componentes varían de acuerdo con la granulometría de los agregados y aún en la resistencia final deseada; los valores que se muestran en la tabla nos dan una idea aproximada de cómo se realiza una mezcla de concreto.

A g r e g a d o s	7 5 %
C e m e n t o	1 0 %
A g u a	1 5 %

Tabla 1.1 Las cantidades se indican en % de los componentes de una mezcla típica de concreto, estas pueden variar de acuerdo a las características deseables en el concreto endurecido.

El agua que entra en combinación química durante el proceso de hidratación con el cemento es aproximadamente de un 33% de la cantidad total y esa fracción disminuye con la resistencia del concreto, la mayor parte del agua de mezclado se destina a lograr fluidez y trabajabilidad de la mezcla, interviniendo a la contracción del fraguado y dejando en su lugar los vacíos correspondientes cuya presencia influye en forma negativa en la resistencia final, para evitar estos efectos de contracción por pérdida de humedad se recomienda emplear alguna técnica para el curado de concreto.

1.2 Materiales constitutivos

Los materiales que constituyen el concreto son principalmente el cemento, agregados y agua, los cuales al mezclarse forman una masa, en el texto se describen los materiales que constituyen una mezcla de concreto, indicando en términos generales la función que desempeñan los mismos.

1.2.1 Cemento

El nombre de cemento y más específicamente Cemento Pórtland fue concebido originalmente debido a la semejanza de color y calidad entre el cemento ya fraguado y una caliza obtenida en la cantera de Pórtland Inglaterra.

Se atribuye el invento del cemento a Joseph Aspdin, un constructor inglés que en 1824 obtuvo una patente y llamó a su producto Cemento Pórtland, debido a que producía un concreto que en apariencia se parecía a la caliza natural que se extraía en Inglaterra en la Isla de Pórtland. Para fines de texto, llamaremos simplemente cemento al Cemento Pórtland.

El cemento es un material aglomerante que reacciona químicamente al agregar agua iniciando el proceso de hidratación, formándose una pasta que se comporta de manera plástica temporalmente lo que permite moldearla a la forma requerida, al continuar el proceso de hidratación la pasta endurece formando una masa

compacta, la pasta en estado compacto actúa como adhesivo que al incluir agregados pétreos une a todas las partículas formando así al concreto hidráulico que es el material de construcción más versátil y de mayor uso en el mundo.

El cemento es producto de la molienda fina del clinker con la adición de un porcentaje de yeso (CaSO_4) que oscila en un 3 a 4% en peso. El clinker es un material granular que resulta de la cocción de materias primas trituradas, proporcionadas, mezcladas, pulverizadas y homogeneizadas de silicatos, aluminio y aluminoferritos calcicos a temperaturas del orden de los 1450°C . En resumen el cemento es el producto de la calcinación a una temperatura aproximada a los 1450°C de materias primas calcáreas y arcillosas.

Así mismo la norma NOM-C-1 define al cemento como el conglomerado hidráulico que resulta de la pulverización del clinker frío a un grado de finura determinado, al cual se le adiciona sulfato de calcio natural o agua con sulfato de calcio natural.

Los principales componentes del cemento son los descritos en la siguiente tabla.

Compuesto	Abreviatura	Características
Silicato Tricalcico	C3S	Compuesto del que depende la resistencia que se obtiene a los 28 días aproximadamente
Silicato Dicalcico	C2S	Compuesto del que depende la resistencia despues de los 28 días de edad.
Aluminato Tricalcico	C3A	Compuesto que genera un alto calor de hidratación , su concentración en la mezcla debe ser bajo para evitar la formación de grietas por contracción térmica.
Ferroaluminato Tetracalcico	C4AF	Compuesto que ayuda a acelerar la hidratación en el concreto.

Tabla 1.2 se describen los principales compuestos del cemento y los efectos que tienen durante la hidratación.

Los elementos antes mencionados constituyen aproximadamente el 90 % del cemento, el otro 10% lo constituyen materiales como el yeso (CaSO_4), cal libre, álcalis, etc.

La velocidad con que endurece el cemento debe controlarse dentro de ciertos límites, dicho control se logra dosificando yeso (CaSO_4) adecuadamente durante la molienda del clinker el cual regulará la acción química entre el cemento y el agua, controlando así el tiempo de fraguado.

La mayor parte de las especificaciones para cemento describe la composición química y algunas propiedades físicas del cemento, su conocimiento es provechoso para interpretar los resultados de las pruebas que se le practican.

Con la finalidad de conocer algunas de estas propiedades y dada su importancia mencionaré las siguientes:

- ⇒ **Fraguado.**- Se especifica en las normas NOM-C-58,C-59, C-132 que esta propiedad se determina al endurecimiento de una masa compuesta de cemento y agua, perdiendo su plasticidad inicial, es decir que el fraguado es el periodo de endurecimiento de una mezcla de cemento y agua.
- ⇒ **Finura.**- Las normas NOM-C-150, C-49, C-55, C-56, especifican que esta propiedad del cemento es determinante en la resistencia que logra ya endurecido y al proceso de hidratación del mismo, al incrementarse la finura del cemento se incrementa la rapidez del proceso de hidratación lo que acelera la adquisición de resistencia, para fines prácticos, si se aumenta la finura del cemento, se reduce la cantidad de agua requerida para el mezclado.
- ⇒ **Calor de hidratación.**- Se llama así al calor generado cuando reaccionan el cemento y el agua, la cantidad de calor generado depende principalmente de la composición química así como de la finura y temperatura de curado, es importante conocer los efectos del calor de hidratación ya que en estructuras de gran volumen de concreto puede ocurrir una elevación de

temperatura acompañada de dilatación térmica que al enfriarse a la temperatura ambiente puede crear esfuerzos perjudiciales en el concreto, existe para este problema la producción de cementos de bajo calor de hidratación los que mencionare posteriormente.

- ⇒ **Peso específico.**- La norma NOM-C-152 nos indica que el peso específico del cemento generalmente es de 3.15 ton/m³, este índice no es sinónimo de calidad y su uso principal se da en el diseño de mezclas.

Gran parte de las propiedades y el comportamiento del concreto dependen de su componente más activo que es el cemento, por lo tanto la elección del cemento más adecuado en cada obra tiene gran influencia técnica y económica para la elaboración de mezclas de concreto.

En nuestro país, actualmente se producen cementos con características particulares de acuerdo a las necesidades de las obras, por lo que a partir del 22 de abril de 1999 se emitió la norma NMX-C-414-ONNCCE-1999 del Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación (ONNCCE), que nos especifica la normalización de los diferentes tipos de cemento, las cuales se identifican por el tipo y la clase resistente; si el cemento tiene especificada una resistencia inicial, se agregara la letra R en la especificación, así mismo los cementos tienen una clase resistente cuya nomenclatura se identifica por los números 20, 30 y 40 que indican que el tipo de cemento cumple con una resistencia mecánica inicial a la compresión a los 3 días.

- ⇒ **Cemento Pórtland ordinario (CPO).**- Este cemento es apto para el uso en la prefabricación, particularmente sin tratamientos higrotérmicos, es decir ambientes controlados de humedad y temperatura. Se emplea también para la elaboración de concretos de altas resistencia como estructuras de concreto pretensado ya que confiere una buena protección a las armaduras contra los efectos de corrosión metálica, es apto para obras de concreto de pequeño o mediano volumen, es sensible al ataque químico de

compuestos ácidos y salinos. Este cemento se produce en los diferentes tipos de clase resistente como se describe en la siguiente tabla.

Tipo de cemento	Clase Resistente	Utilizable para:	No recomendable	Precauciones
Cemento Portland Ordinario (CPO)	20	Obras de concreto en masa, de pequeño o mediano volumen, concreto armado, concreto pretensado, pavimentación y firmes de carreteras	Obras en aguas y terrenos agresivos, o de concreto de gran volumen	Cuidar el almacenamiento, tratando de que este no se prolongue por mas de 90 días
	30 y 30R	Obras de concreto armado en las que se requiere de endurecimiento rápido, obras de concreto pretensado y prefabricación.	Obras en ambientes, aguas y terrenos agresivos, obras de concreto armado de mediano o gran volumen o espesor y estructuras fácilmente fisurables por retracción, tanto plástica como térmica e hidráulica	Cuidar el almacenamiento, cuidando no se prolongue por mas de 60 días. Cuidar la dosificación y especialmente el curado para evitar la retracción plástica durante las primeras horas.
	40 y 40R	Obras especiales de concreto armado de endurecimiento muy rápido y de muy altas resistencias a toda edad, elaboración de concreto en tiempo o clima muy frío y en los que se requiere de un descimbrado y desmoldado muy rápidos.	Obras en ambientes, aguas y terrenos agresivos, obras de concreto armado de mediano volumen o espesor y estructuras fisurables por retracción, tanto térmica como hidráulica	Cuidar el almacenamiento, cuidando no se prolongue por mas de 30 días. Cuidar la dosificación y especialmente el curado para evitar la retracción plástica durante las primeras horas.

Tabla 1.3 En la tabla se describen los tipos de cemento Pórtland Ordinario que se producen, usos y recomendaciones prácticas.

- ⇒ **Cemento Portland Puzolánico (CPP).**- Es un cemento idóneo para la prefabricación en donde se tienen procesos controlados de temperatura y humedad ya sea con vapor libre o con vapor a presión en autoclave, este cemento es de bajo calor de hidratación sobre todo a cortas edades. Los cementos Portland puzolánicos se pueden usar en obras de concreto expuestas a aguas agresivas principalmente carbónicas y ácidas por lo que se recomiendan para su uso en la construcción de presas y cimentaciones masivas. Este cemento al igual que el CPO se produce en los diferentes tipos de clase resistente como se describe en la siguiente tabla.

Tipo de cemento	Clase Resistente	Utilizable para:	No recomendable	Precauciones
Cemento Portland Puzolánico (CPP)	20	Obras de concreto en masa y armado, pavimentos y cimentaciones, morteros en general, concretos susceptibles a los ataques de aguas agresivas carbónicas o debil acidez, obras de concreto de gran volumen como las presas y cimentaciones másivas así como en obras en las que se requiere de impermeabilidad	Concreto pretensado con alambres adherentes y elaboración de concreto en tiempo de heladas.	Cuidar el almacenamiento, tratando de que este no se prolongue por mas de 90 días, curar en forma adecuada y por periodos prolongados en especial en climas secos y fríos, evitando desecaciones durante el período de endurecimiento en climas secos y cálidos.
	30 y 30R 40 y 40R	Los mismos usos que tiene el Concreto Portland Puzolánico clase resistente 20	Los mismos usos que tiene el Concreto Portland Puzolánico clase resistente 20	Las mismas que tiene el Concreto Portland Puzolánico clase resistente 20, reduciendo unicamente el período de almacenamiento a 60 días.

Tabla 1.4 En la tabla se describen los tipos de Cemento Portland Puzolánicos que se producen, usos y recomendaciones prácticas.

- ⇒ **Cemento Pórtland Escoria Granulada de Alto Homo (CPEG).**- Este cemento es un poco menos vulnerable a la agresión química en general de tipo salino por agua de mar o por sulfatos, genera un bajo calor de hidratación. Este cemento debido a que está constituido en gran parte por escoria de alto homo en el rango del 25 al 70% del peso de cemento, puede contener sulfuros lo que puede ocasionar corrosión sobre concreto armado, especialmente en el caso de concreto pretensado, es recomendable su uso en concretos de gran volumen debido al bajo calor de hidratación y se puede usar en concretos armados con previo tratamiento contra la corrosión, ideal en zonas costeras o en estructuras sumergidas en el mar o suelos y terrenos salinos o sulfatados. Este cemento al igual que los anteriores se produce en los diferentes tipos de clase resistente como se describe en la siguiente tabla.

Tipo de cemento	Clase Resistente	Utilizable para:	No recomendable	Precauciones
Cemento Portland de Escoria Granulada de Alto Homo (CPEG)	20	Obras de concreto en masa que requieran de un bajo calor de hidratación, pavimentos, cimentaciones, obras subterráneas, estabilización de suelos, suelocemento, obras marítimas expuestas a las aguas salinas o sulfatadas.	Concreto pretensado con alambres adherentes, elaboración de concreto a bajas temperaturas o en tiempos de heladas, obras en las que importe el aspecto exterior del concreto (manchas)	Cuidar el almacenamiento, tratando de que este no se prolongue por mas de 90 días, curar en forma adecuada y por periodos prolongados en especial en climas secos y fríos, es recomendable utilizar productos de curado.
	30 y 30R 40 y 40R	Los mismos usos que tiene el Concreto Portland de Escoria Granulada de Alto Homo clase 20, pero en donde se requiera de mayor resistencia.	Los mismos usos que tiene el Concreto Portland de Escoria Granulada de alto Homo clase resistente 20.	Las mismas que tiene el Concreto Portland de Escoria Granulada de Alto Homo clase resistente 20, reduciendo unicamente el periodo de almacenamiento a 60 días.

Tabla 1.5 En la tabla se describen los tipos de Cemento Pórtland de Escoria Granulada de Alto Homo que se producen, usos y recomendaciones prácticas.

- ⇒ **Cemento Pórtland Compuesto (CPC).**-Es el conglomerante hidráulico que resulta de la molienda del clinker Pórtland que, usualmente contiene sulfato de calcio y una mezcla de materiales puzolánicos, escoria de alto horno y caliza, lo que le confiere tener propiedades que tienen todos los demás tipos de cementos. Este tipo de cemento se fabrica en los diferentes tipos de clase resistente como lo muestra la siguiente tabla.

Tipo de cemento	Clase Resistente	Utilizable para:	No recomendable	Precauciones
Cemento Portland Compuesto (CPC)	20	Prácticamente cumple con todos los fines de los tipos CPEG y CPP, tomando en cuenta que sus propiedades o comportamientos se pueden tomar como suma ponderada, según sea la composición, de las propiedades y comportamientos de dichos tipos de cemento y clases resistentes	Prácticamente los mismos casos limitativos de los tipos CPEG y CPP, de las correspondientes clases resistentes, por los mismos motivos.	Prácticamente las mismas que para los tipos CPEG y CPP, de las clases resistentes correspondientes por razones análogas.
	30 y 30R 40 y 40R	Prácticamente cumple con todos los fines de los tipos CPEG y CPP, tomando en cuenta que sus propiedades o comportamientos se pueden tomar como suma ponderada, según sea la composición, de las propiedades y comportamientos de dichos tipos de cemento y clases resistentes	Prácticamente los mismos casos limitativos de los tipos CPEG y CPP, de las correspondientes clases resistentes, por los mismos motivos.	Prácticamente las mismas que para los tipos CPEG y CPP, de las clases resistentes correspondientes por razones análogas.

Tabla 1.6 En la tabla se describen los tipos de Cemento Pórtland Compuesto que se producen, usos y recomendaciones prácticas.

- ⇒ **Cemento Pórtland con Humo de Sílice (CPS).**- El uso de cementos con humo de sílice requiere a veces del uso de superfluidificantes reductores de agua en el concreto, con el fin de mantener bajas las exigencias de agua del mismo y su reacción hidráulica de secado debido a que el humo de sílice es un producto que consta de partículas más finas que las del cemento ordinario.

Tipo de cemento	Clase Resistencia	Utilizable para:	No recomendable	Precauciones
Cemento Portland con Humo de Sílice (CPS)	20	Obras de concreto en masa y armado, pavimentaciones y cimentaciones, morteros en general, prefabricación, obras en las que se requiere impermeabilidad, a condición que la dosificación sea la adecuada.	Concreto pretensado en alambres adherentes, elaboración de concreto en tiempo de heladas, obras en ambientes, aguas y terrenos agresivos compuestos salinos o sulfatados.	Cuidar que el almacenamiento no se prolongue por más de 90 días, curado en forma adecuada y prolongada en especial en climas secos y fríos, evitando desecaciones durante el primer periodo de endurecimiento en climas cálidos y secos.
	30 y 30R 40 y 40R	Los mismos fines que para el concreto CPS, clase resistente 20, salvo en que se requiera de mayor resistencia.	Concreto pretensado en alambres adherentes, elaboración de concreto en tiempo de heladas, obras en ambientes, aguas y terrenos agresivos compuestos salinos o sulfatados.	Cuidar que el almacenamiento no se prolongue por más de 60 días, curado en forma adecuada y prolongada en especial en climas secos y fríos, evitando desecaciones durante el primer periodo de endurecimiento en climas cálidos y secos.

Tabla 1.7 En la tabla se describen los tipos de Cemento Pórtland con Humo de Sílice que se producen, usos y recomendaciones prácticas.

- ⇒ **Cemento con Escoria Granulada de Alto Homo (CEG).**- Este cemento se fabrica conteniendo alrededor del 75% en peso de cemento, se usa en las obras en donde no se requiere de una resistencia temprana o mediana velocidad de endurecimiento y en donde se requiera de un calor de hidratación muy bajo. Le pueden afectar al concreto exposición salina, sulfatos o agua de mar.

Tipo de cemento	Clase Resistente	Utilizable para:	No recomendable	Precauciones
Cemento con Escoria Granulada de Alto Homo (CEG)	20	Obras de concreto en masa, incluso de gran volumen que requieran un bajo calor de hidratación, obras de concreto en masa de ambiente húmedo, pavimentaciones, cimentaciones y obras subterráneas, estabilización de suelos, obras marítimas.	Concreto armado y pretensado, concreto a bajas temperaturas, obras de gran superficie y de poco espesor y concreto en ambientes muy secos.	Las mismas que para el CPEG, sobre todo en lo referente al curado y a la desecación, tener especial cuidado en las dosificaciones y la compactación, evitar su empleo en ambientes muy secos salvo precauciones extremas de curado, no emplearlo en tiempo frío en el caso de concreto armadp.
	30 y 30R 40 y 40R	Los mismos fines que para el concreto CEG, clase resistente 20, salvo en que se requiera de resistencias mecánicas mayores.	Los mismos fines que el tipo CEG, clase resistente 20.	Las mismas que para el tipo CEG, clase resistente 20.

Tabla 1.8 En la tabla se describen los tipos de Cemento con Escoria Granulada de Alto Homo que se producen, usos y recomendaciones prácticas.

Los cementos descritos anteriormente pueden obtener características especiales, mismas que se clasifican de la siguiente manera; Resistente a los Sulfatos (RS), Baja Reactividad Alkali Agregado (BRA), Bajo Calor de Hidratación (BCH) y Blanco (B), a continuación se describen los usos de este tipo de cementos.

- ⇒ **Cemento Resistente a los Sulfatos (RS).**- Se usa en concretos en contacto con aguas sulfatadas o terrenos yesíferos, concretos en aguas marinas o en ambientes marítimos, se debe tener precaución en el proceso de curado.
- ⇒ **Cemento de Baja Reactividad Alkali Agregado (BRA).**- Se usa en concretos en masa, con agregados que sea factible la reactividad a álcalis, se debe tener precaución en la etapa de curado.
- ⇒ **Cemento de Bajo Calor de Hidratación (BCH).**- Se usa en obras en las que interviene grandes masas de concreto susceptibles a experimentar fuertes retracciones por variaciones térmicas con peligro de fisuración y agrietamiento, como es el caso las presas, cimentaciones masivas y grandes losas, en las mezclas de concreto se debe tener precaución especialmente en evitar evaporaciones o desecaciones.
- ⇒ **Cemento Blanco (B).**- Tiene las mismas características del cemento ordinario, se usa principalmente en concretos arquitectónicos y en la fabricación de piezas o elementos de mortero y concreto de color blanco o claro, no es recomendable su uso en ambientes expuestos a las aguas o terrenos que contengan sulfatos.

1.2.2 Agregados.

Los agregados ocupan hasta un 75% del volumen del concreto, por lo tanto sus características influyen en las propiedades del mismo, así como también en las proporciones de la mezcla lo que puede redituar en economía o costos excesivos en su elaboración. Casi el 100 % de los concretos que se elaboran en México se encuentran constituidos por agregados pétreos de origen natural o por la trituración por medios mecánicos de la roca madre, en algunas ocasiones se recicla el concreto viejo mediante la trituración por medios mecánicos, siendo esta una fuente factible de agregados principalmente en lugares en donde escasean los agregados de calidad, además influyen notablemente en las propiedades del concreto recién mezclado y endurecido, en las proporciones de la mezcla y en la economía.

Los agregados para concreto que se encuentran en estado natural, están compuestos por minerales que poseen características de una sustancia sólida natural que tiene una estructura ordenada, se trata de materiales inertes que se mezclan con el material aglomerante para obtener así el concreto.

La Norma Oficial Mexicana NOM-C-111 los define como material natural, material procesado y material artificial que se mezcla con un cementante hidráulico para hacer morteros o concretos, los agregados para concreto se clasifican como dos tipos básicos que son:

- ⇒ **Arenas.-** Se clasifican así aquellos materiales que pasan la malla especificada en la norma NOM G – 4.75, también es llamado agregado fino, sus partículas son menores de 5 mm.
- ⇒ **Gravas.-** Se clasifican así a los materiales que quedan retenidos en la malla NOM G – 4.75, también es llamado agregado grueso, sus partículas son predominantemente mayores de 5 mm. y generalmente entre 9.5 mm. y 38 mm.

Los agregados deben estar limpios de impurezas como carbón, escorias, yeso, micas, restos vegetales; ya que dichos materiales comprometen la resistencia del concreto y en el caso de las gravas (agregado grueso), la adherencia con el mortero.

Para la elaboración de un concreto de alta calidad, los agregados deben reunir características de limpieza, sanidad, resistencia y forma considerando lo siguiente.

- ⇒ **Limpieza.-** Los agregados se consideran limpios si están exentos de arcilla, limo, materia orgánica, sales químicas y granos recubiertos, en el caso de las gravas la limpieza puede efectuarse por procesos de lavado, retirando con esto los materiales finos adheridos.

- ⇒ **Sanidad.-** Se considera que un agregado es físicamente sano si éste conserva su integridad al someterse a cambios de temperatura y humedad, además de mostrar resistencia a la acción de la intemperie sin entrar en un proceso de descomposición.
- ⇒ **Resistencia.-** Un agregado para ser considerado resistente debe sobrepasar como mínimo la resistencia del material aglomerante, además de no ser susceptible al desmoronarse o desquebrajarse, es decir debe ser un material duro y tenaz.
- ⇒ **Forma.-** En este caso, no se deben presentar en los agregados partículas planas o alargadas, ya que esto perjudica la trabajabilidad del concreto, haciendo necesario el uso de mayor cantidad de agua en el mezclado, afectando con esto la relación agua cemento lo que influye en la resistencia final del concreto.

Es de gran importancia emplear los agregados adecuados con la calidad requerida, ya que al representar hasta un 75 % del volumen total de la mezcla del concreto influyen en forma notable en sus propiedades recién mezclado y en el desarrollo de la resistencia final, además en la elección de los agregados y en su proporcionamiento es posible lograr economía en la elaboración de concretos.

- ⇒ **Granulometría.-** Para la mecánica de suelos, la granulometría es el estudio de las formas y distribución de tamaño de las gravas o partículas que constituyen un suelo.

La granulometría y el tamaño máximo de los agregados son importantes debido a su efecto en la dosificación, trabajabilidad, economía, porosidad y contracción del concreto.

Para la elaboración de concretos, se determina la distribución del tamaño de las partículas de los agregados, implementando para ello la prueba de análisis de mallas en el caso de los agregados gruesos y el modulo de finura en el caso de los agregados finos.

El tamaño máximo del agregado grueso que se utiliza en el concreto tiene su fundamento en la economía; comúnmente se necesita más agua y cemento para agregados de tamaño pequeño que para tamaños mayores.

El número de tamaño de la granulometría se aplica a la cantidad colectiva de agregado que pasa a través de un arreglo de mallas, el tamaño máximo nominal, es el menor tamaño de la malla por el cual debe pasar la mayor parte del agregado. La malla de tamaño máximo nominal puede retener de 5% a 15% del agregado dependiendo del número de tamaño.

Comúnmente el tamaño máximo de las partículas de agregado grueso no debe pasar de $1/5$ de la dimensión más pequeña del miembro de concreto, $3/4$ del espaciamiento libre entre barras de refuerzo y $1/3$ del peralte de las losas.

A continuación se presenta un estudio de agregados gruesos por el método de mallas de acuerdo a las normas de la ASTM (American Standard of Testing Materials), realizada a una muestra de agregados gruesos para una mezcla típica de concreto, en la cual se hace pasar por una serie de tamices o mallas dependiendo del tipo de agregado, para este caso se pasa por las mallas $1\frac{1}{2}$, 1 , $3/4$, $1/2$, $3/8$, # 4 y fondo.

Tamaño o malla	Peso Retenido (grs)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa
$1\frac{1}{2}$ "	0	0	0	100
1"	694.2	7.06	7.06	92.04
$3/4$ "	5818	59.19	66.25	33.75
$1/2$ "	2464.8	25.07	91.32	8.68
$3/8$ "	342	3.48	94.8	5.2
#4	272	2.77	97.57	2.43
Fondo	239	2.43	100	0

Tabla 1.9 En la tabla se observa que de la muestra de agregado se tiene un tamaño absoluto de $1\frac{1}{2}$ " y un tamaño máximo nominal de 1" .

Como resultado de la prueba efectuada en los agregados gruesos se obtiene la curva de granulometría de agregados gruesos como se observa en la figura 1. 1

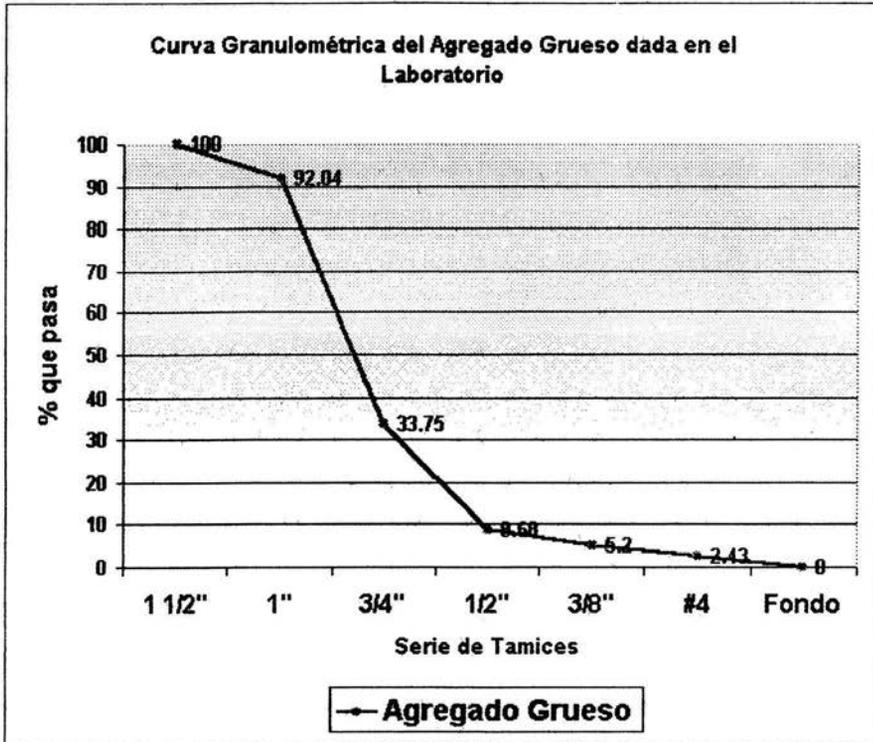


Figura 1.1 En la grafica se muestra la distribución de tamaños de las partículas de los agregados gruesos en una prueba de laboratorio.

También es necesario determinar el modulo de finura de los agregados finos, ya que al tener arenas muy finas en una mezcla de concreto estas se segregan al mismo tiempo que resultan de mayor costo, mientras que con arenas gruesas se tienen mezclas de concreto muy ásperas.

El módulo de finura es un índice para definir lo fino y lo grueso del agregado. Para las arenas, el módulo de finura se calcula sumando los porcentajes retenidos acumulados en las seis mallas que se utilizan en la prueba y dividiendo la suma entre 100, como se muestra en la siguiente tabla correspondiente a un análisis de mallas de una muestra en laboratorio de agregados finos para concreto.

Malla Número	Porcentaje individuales Retenidos	Porcentaje Acumulados Retenidos
4	1	1
8	18	19
16	20	39
30	19	58
50	18	76
100	16	92
Charola	8	
Sumatoria	100	285

Tabla 1.10 Resultados de análisis de mallas para los agregados finos.

El módulo de finura se determina como la relación del porcentaje de acumulados retenidos y el porcentaje de retenido en cada malla y se muestra de la forma siguiente.

M.F. = $285/100 = 2.85$ Para fines prácticos, el módulo de finura se considera normal en el rango de valores entre 2.50 y 3.0.

1.2.3 Agua.

La calidad del agua desempeña una función primordial en las mezclas de concreto, las impurezas que contenga puede interferir con el fraguado del cemento y al mismo tiempo afectar la resistencia del concreto, causar corrosión en el acero de refuerzo o crear manchas en la superficie del concreto algo no muy deseable, sobre todo cuando el diseño especifica concreto aparente.

Una manera sencilla de determinar si cierta agua es o no la adecuada, es comparando el tiempo de fraguado del cemento y la resistencia que adquiere con otra mezcla hecha con agua destilada, si no existe una diferencia apreciable de comportamiento entre las muestras de concreto, se aceptará el uso de ésta agua, realizando las pruebas especificadas en la norma ASTM C 109, que indica que se pueden utilizar cuando el concreto alcanza resistencias iguales o al menos el 90% de especímenes testigo fabricados con agua destilada.

El agua que contiene menos de 2,000 partes por millón (ppm) de sólidos disueltos totales generalmente puede ser utilizada de manera satisfactoria para elaborar concreto, el agua que contenga más de 2,000 ppm de sólidos disueltos deberá ser ensayada de acuerdo a la Norma ASTM C 109 para investigar su efecto sobre la resistencia y el tiempo de fraguado.

El agua que contiene grandes cantidades de cloruro (como el agua de mar), tiende a causar humedad persistente y eflorescencia de la superficie, por consiguiente este tipo de agua no debe utilizarse en casos en los que la apariencia sea importante o en superficies en donde se aplicará yeso.

En lo que se refiere al curado del concreto, el agua que se utiliza adecuadamente para la mezcla sirve también para este fin, pero cuando hay presencia de materia orgánica o hierro puede producir manchas, en especial si el agua fluye lentamente sobre el concreto y se evapora con mucha rapidez.

1.2.4 Aditivos.

El aditivo es un material diferente al agua, a los agregados y al cemento hidráulico que se emplea como componente del concreto o mortero y se agrega a la mezcla antes o durante el mezclado, este material con frecuencia se emplea para modificar ciertas propiedades del concreto, haciéndolo más adecuado para determinado trabajo; un ejemplo práctico es cuando se dificulta un vaciado de

concreto a temperaturas muy bajas en donde la opción para evitar que la mezcla se congelé es la inclusión de un aditivo, mismo que ayudará a que el concreto presente un mejor comportamiento de la mezcla endurecida a ciclos de congelación y deshielo.

De acuerdo a las características deseadas en el concreto ya endurecido, se toman dos criterios para el uso de aditivos.

- ⇒ Modificar el concreto fresco.
- ⇒ Modificar el concreto cuando este haya endurecido.

Los aditivos se utilizan principalmente en el concreto fresco ya sea para aumentar la trabajabilidad con una misma cantidad de agua ó disminuyendo ésta, retardar o acelerar el tiempo de fraguado inicial, para evitar el fraguado o provocar una ligera expansión para reducir la segregación, para modificar la cantidad de sangrado, mejorar la penetración de la mezcla en los moldes y facilitar el bombeo del concreto fresco, además de reducir la tasa de pérdida de revenimiento.

Para modificar el concreto endurecido se emplean aditivos con la facilidad de reducir la evolución del calor durante el endurecimiento temprano, acelerar la resistencia del concreto a edades tempranas, incrementar resistencias, reducir capilaridad y permeabilidad a los líquidos, para producir concreto celular, para incrementar la adherencia del concreto al acero de refuerzo y para incrementar la adherencia entre concreto nuevo y concreto viejo.

Para el empleo de aditivos es necesario tomar en cuenta el aspecto económico dado el costo adicional que representa, así como cualquier efecto que puede tener sobre los costos de transportación, colado y acabado del concreto.

Con frecuencia los aditivos permiten la aplicación de procesos constructivos o métodos de diseño menos costosos, todo esto para compensar el incremento en costos ocasionado por los mismos.

En el caso del **concreto celular** las propiedades físicas que se requieren se logran con aditivos inclusores de aire.

El aditivo se debe utilizar después de haber sido evaluados sus efectos, tomando en cuenta lo siguiente.

- ⇒ Especificar tipos especiales de cemento
- ⇒ Se va a emplear más de un aditivo
- ⇒ El mezclado y el colado se llevan a cabo en temperaturas extremas.

Además de esto se debe tomar en consideración si es conveniente un cambio en la cantidad de cemento empleado, modificar la composición granulométrica del agregado o de las proporciones de la mezcla.

1.3 Propiedades.

Las principales propiedades del concreto hidráulico, son la trabajabilidad, impermeabilidad, durabilidad y su resistencia; lo que hace que el concreto pueda ser utilizado para diversos tipos de construcción poniendo en práctica diferentes técnicas que permiten su aprovechamiento máximo.

⇒ Trabajabilidad

Esta es una propiedad muy importante para las muchas aplicaciones que tiene el concreto, aunque en realidad resulta difícil evaluar, la trabajabilidad se puede definir como la facilidad con la que pueden mezclarse, transportarse, manejarse y colocarse los ingredientes constitutivos del concreto con poca pérdida de la homogeneidad.

La trabajabilidad puede comprobarse con las pruebas de revenimiento; en esta prueba se coloca una muestra en un molde de forma troncocónica con las

siguientes dimensiones, de 12" (30.48 cm.), con base de 8" (20.32 cm.) y parte superior de 4" (10.16 cm.) de diámetro; cuando se quita el molde, se mide el cambio de altura de la muestra, a este cambio de alturas se le llama revenimiento.

Una mezcla bien proporcionada se revendrá con lentitud y conservará la forma cónica del molde, por el contrario, una mezcla deficiente se desmoronará, segregará y despedazará, por lo general el revenimiento especificado debe dar la consistencia deseada con la mínima cantidad de agua y cemento.

⇒ Durabilidad

Esta relacionada con la resistencia que ofrece el concreto a los efectos de la intemperie y desgaste a que estará sometido durante el servicio; la resistencia del concreto a estos efectos físicos es posible mejorarla aumentando la impermeabilidad del mismo, aplicándole un impermeabilizante o un agente inclusor de aire que aumente de un 2 a un 6 % del aire en la mezcla.

Los agentes químicos como los ácidos inorgánicos, ácido acético y ácido carbónico, además de los sulfatos de calcio, sodio magnesio, potasio, hierro y aluminio, producen daño al concreto y en algunos casos llegan a desintegrarlo; para protegerlo contra el daño de estos elementos, se debe utilizar cemento Pórtland con características de resistencia a los sulfatos (RS)

La resistencia al desgaste, por lo general, se logra con un concreto denso, de agregados duros que proporcionen una alta resistencia.

⇒ Impermeabilidad.

Esta propiedad del concreto puede mejorarse desde la fabricación reduciendo la cantidad de agua en la mezcla, ya que el exceso de agua deja vacíos y cavidades después de la evaporación, y si están interconectados, el agua puede penetrar o atravesar el concreto provocando capilaridad, la inclusión de aire o la aplicación

de impermeabilizantes ayudan también a mejorar mucho esta propiedad del concreto, así como también el curado cuidadoso por tiempo prolongado suele aumentarla también.

⇒ **Resistencia.**

Esta es una propiedad del concreto que, casi siempre, es motivo de preocupación. Por lo general esta propiedad es determinada en el laboratorio mediante la lectura de la resistencia final de una probeta sometida a compresión; pero en algunas ocasiones se toma en cuenta la capacidad de flexión o de tensión.

La resistencia a compresión a los 28 días es la medida más común de esta propiedad, ya que el concreto alcanza su resistencia nominal a esta edad, y se determina mediante la utilización de especímenes en forma de cilindros normales, hechos de acuerdo a las especificaciones de la ASTM.

1.4 Características.

⇒ **Cambio de volumen.**

Esta característica del concreto debe ser tomada en cuenta, ya que la expansión debida a los cambios provocados por las reacciones químicas entre los ingredientes del concreto puede ocasionar pandeos; y la contracción al secarse puede ser la causa de agrietamientos.

La expansión debida al calor de hidratación del cemento se puede reducir manteniendo lo más bajo posible la cantidad de cemento que contiene la mezcla o utilizar cemento tipo de bajo calor de hidratación (BCH), ó enfriando los agregados y el agua.

Así mismo la expansión debida a la reacción álcali-agregados puede evitarse con agregados que no sean reactivos. Si se deben utilizar agregados reactivos, la expansión puede reducirse o eliminarse añadiendo a la mezcla materiales puzolánicos o utilizando cemento Pórtland puzolana.

Otro factor que puede propiciar cambios de volumen en el concreto, son las variaciones de la temperatura ambiente, esto sucede principalmente en climas extremos; este factor puede reducirse produciendo concreto de menor coeficiente de dilatación.

⇒ **Moldeabilidad.**

Cuando la mezcla de concreto aún no ha endurecido, tiene la característica de ser muy fácil de moldear, solamente se tiene que preparar la cimbra con las formas deseadas y hacer el vaciado de la mezcla.

⇒ **No tóxico.**

El concreto no contiene sustancias tóxicas; el producto no presenta ningún peligro para la salud de las personas o para el medio ambiente, además la composición del material no favorece ni atrae la formación de plagas.

⇒ **Durabilidad.**

El concreto es un material durable y no se degrada bajo condiciones climáticas normales, posee características superiores a las de otros materiales para la construcción frente a los efectos de la humedad, congelación o deshielo y a los ataques químicos.

⇒ **Resistencia al fuego**

El concreto es resistente al fuego y no contiene materiales combustibles.

⇒ **Acústico y térmico.**

El concreto es un material con buen aislamiento acústico, superior a algunos materiales utilizados en la construcción, la acústica depende en parte de la densidad del concreto y de la calidad de los agregados.

Así mismo el concreto posee cualidades de aislante térmico garantizando con esto un ambiente interior confortable, aunque esta característica se puede mejorar al realizar un buen diseño arquitectónico.

1.5 Usos del concreto.

El concreto hidráulico es utilizado en diversos tipos de construcción, gracias esto a la versatilidad que tiene y a las características y propiedades que posee.

El concreto puede ser utilizado en cualquier obra y en las cantidades necesarias, es utilizado regularmente como material de autoconstrucción en las viviendas populares, además de también ser utilizado para obras hidráulicas y de comunicaciones; por citar ejemplos la construcción de presas, carreteras, aeropuertos, drenajes, cimentaciones, etc.

Existen prefabricados de concreto, que adicionándoles acero como refuerzo se utilizan para diversos fines estructurales como el concreto presforzado y el concreto postensado.

Dadas las características y propiedades del concreto hidráulico, se llega a la conclusión de que es necesario llevar a cabo un buen control de calidad, para no tener efectos adversos en la calidad del concreto.

CAPÍTULO II

Prefabricados en la construcción.

En términos genéricos, la construcción es una actividad que consiste en la ordenación de componentes para construcción de un habitáculo, se considera como la actividad destinada al ensamblaje de elementos que ha de llevarse a cabo para la construcción de todo tipo de obras de ingeniería como edificios, viviendas, puentes, carreteras y en general todo tipo de obras que tengan funcionalidad para el hombre.

La industria de la construcción ha sostenido un desarrollo progresivo similar al que han experimentado otros procesos de producción, en la actualidad estos deben ser más eficientes y rápidos para lograr el máximo rendimiento de los recursos económicos en la construcción y en cualquier otra actividad; la industrialización nos da la posibilidad de incrementar sustancialmente la productividad y la eficiencia de los procesos constructivos.

El proceso de industrialización tiene la finalidad de producir en serie un elemento constructivo, partiendo de que una edificación está formada por un conjunto de elementos ensamblados; en la producción industrializada los elementos se fabrican empleando máquinas lo que permite obtener productos con altos estándares de calidad, logrando condiciones de estética para usos arquitectónicos y precisión en los productos terminados lo que representa calidad en la obra.

2.1 La prefabricación.

La prefabricación es un método industrial de construcción en el que los elementos se producen en serie, se emplean métodos de producción masiva y se montan en las obras mediante el uso de herramientas y equipos necesarios para su fijación. También puede definirse como los elementos de construcción que se elaboran antes de llegar a la obra o al pie de la misma, estos pueden tener variables procesos de producción, desde un nivel sencillo o artesanal, hasta obtener una jerarquía de proceso industrializado, en la figura 2.1 se muestran los productos de una planta bloquera y adocretos.

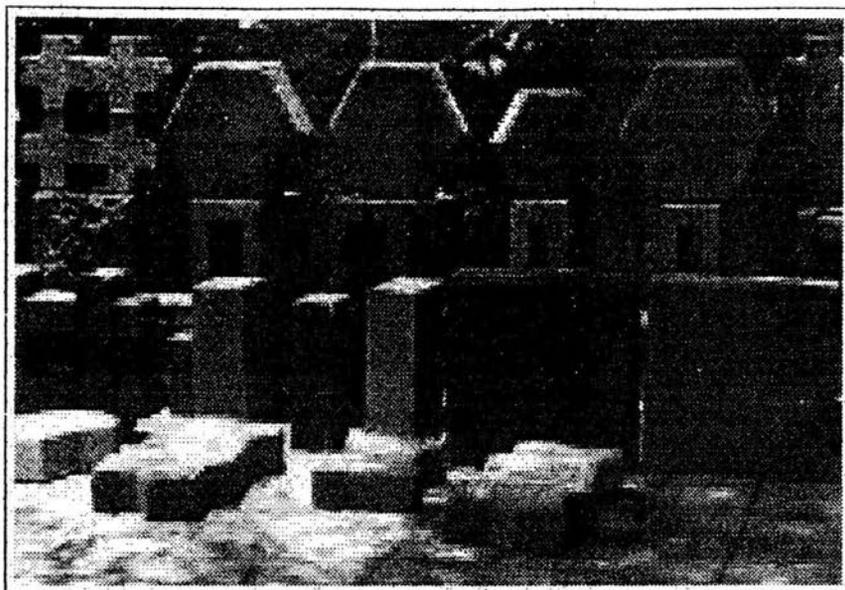


Figura 2.1 se muestra en la figura los elementos bloques y adocretos que se producen en serie en una planta bloquera.

Cuando los elementos constructivos no se elaboran en forma artesanal y se producen en serie, se crea el proceso de industrialización el cual se basa en la producción del mismo elemento en forma masiva con características iguales que mediante un proceso constructivo se unen para dar forma a estructuras o edificaciones que darán servicio al hombre.

Cualquier tipo de prefabricación de elementos constructivos, se basa en un sistema de construcción y producción lógica, para lo que es necesario constituir una estructura de organización técnica del sistema que proporciona la información por medios escritos mediante catálogos de elementos, componentes, tablas, costos y manuales que ilustren el correcto montaje del producto, además de proporcionar la asistencia técnica y de capacitación de personal para el correcto uso del sistema constructivo.

Una estructura organizada nos puede asegurar que la producción sea constante y sin retrasos considerables en la entrega de los elementos constructivos, lo que garantiza que la obra se va a llevar a buen término.

De lo anterior, resumimos que la construcción sistematizada con elementos prefabricados si se lleva a cabo de la mejor manera posible, da como resultado el abatimiento en costo – tiempo – calidad, es decir, que se traduce en un bajo costo, en un menor tiempo de ejecución y con un alto grado de calidad en la obra terminada.

La construcción con elementos prefabricados inicia desde la producción de los elementos y finaliza en el momento en que se han montado en la obra; la producción puede realizarse en fábrica o instalación industrializada, en este caso la producción debe hacerse en grandes series tomando en cuenta la dimensión y peso de los elementos, para efectos de transportación al sitio de la obra. Asimismo la prefabricación puede hacerse a pie de obra, utilizando para estas fábricas móviles que se emplean cuando los elementos son de grandes dimensiones y se dificulta la transportación, o cuando por citar un ejemplo en un tramo carretero se fabrican las dóvelas para contención, ahorrando con ello los costos de transportación de los elementos.

Una fábrica fija requiere de maquinaria y equipo costoso con un alto nivel de mecanización, por lo que se necesita de grandes inversiones para su buen funcionamiento, con una fábrica fija aumenta el nivel de productividad y se tiene un efectivo control de calidad, esto exige que el producto al inicio de la producción deba tener una alta demanda en el mercado y posteriormente planear una producción moderada, además el peso y dimensiones quedan restringidos a la capacidad de los medios de transporte que se utilizan.

Por lo que se refiere a una fábrica móvil, ésta se sitúa al pie de la obra, con una inversión menor en infraestructura y en transportación de los elementos; este tipo de fábricas se instalan en obras en donde se tiene que ajustar la producción a la variable cuantitativa, temporal y geográfica de la demanda. Existen sistemas que no permiten este tipo de fábricas ya que los elementos que se forman no pueden elaborarse fuera de una planta establecida por ser necesaria la alta tecnología y control de calidad que se requiere en su proceso.

Para el montaje de los elementos en la obra se utiliza el equipo y herramienta necesaria, los fabricantes de los elementos señalan las metodologías y procesos constructivos que se deben seguir para un aprovechamiento máximo de los elementos, los elementos prefabricados tienen uso en todos los sectores de la industria de la construcción de tipo industrial, edificación y en el desarrollo de obras públicas; los elementos prefabricados después de ser montados en la obra requieren de un mínimo de recubrimientos y en ocasiones ya cuentan con el revestimiento definitivo.



Figura 2.2 Se muestra en la gráfica el montaje de las piezas prefabricadas, los paneles de concreto son ubicados en planos y posteriormente colocados en su sitio definitivo con ayuda de grúa.

La industrialización de la construcción ofrece ventajas importantes como el acortar el tiempo de ejecución de la obra, los requerimientos de materiales se reducen al no utilizar cimbras y andamios, se emplea maquinaria con el sustancial ahorro en la mano de obra, mejora la calidad ya que se tiene un mejor control de materiales en la planta de producción y la producción de los elementos no se ve afectada por las condiciones climáticas, ya que la producción se lleva en locales cerrados.

Para la producción en serie de elementos prefabricados es necesario tomar en cuenta el volumen de obra en el que pueden ser utilizados con una ordenación adecuada de los mismos, además se debe analizar la posibilidad de que los elementos constructivos sean funcionales en diversos tipos de obras y para varias finalidades.

Los sistemas de prefabricación se clasifican en base al peso de los elementos siendo las siguientes:

- ⇒ **Prefabricación ligera.-** Es la que precisa de no ocupar maquinaria para el manejo de los elementos de hasta 500 Kg., independientemente de su volumen.
- ⇒ **Prefabricación media.-** En este tipo de producción de elementos prefabricados, es utilizada maquinaria para manejar piezas con un peso oscilante entre los 500 Kg., y los 1000 Kg.
- ⇒ **Prefabricación pesada.-** Este tipo de producción, necesita de maquinaria para maniobrar elementos con un peso mayor a los 1000 Kg.

El concreto celular está considerado dentro de un sistema de prefabricación ligera, lo cual revisaremos con más detalle en el siguiente capítulo.

Los productos prefabricados deben adaptarse a la zona por edificar respetando la modulación haciendo posible la combinación de los elementos para edificar diversos tipos de viviendas, contando de preferencia con una distribución tipo de elementos para uno o varios niveles de piso y procurando que las comunicaciones verticales como los cubos de escaleras, elevadores y ductos de aire acondicionado tengan una misma distribución arquitectónica, la condición más importante es mantener las dimensiones de los elementos para pocos y muchos niveles utilizando las mismas comunicaciones verticales.

La prefabricación de vivienda exige que los proyectos contengan distribuciones tipo, conservando siempre las exigencias básicas en relación con las dimensiones, además de disponer de las instalaciones para la posibilidad de una futura transformación.

Todo producto que se fábrica en serie tiene la finalidad de ofrecer ventajas económicas y de calidad, por lo que su producción se lleva a cabo con un mínimo de materiales evitando desperdicios y un adecuado control de calidad, se emplea maquinaria procurando que los elementos puedan transportarse fácilmente en recorridos relativamente largos y lo más importante que sea posible un montaje rápido de los mismos en el sitio de la obra.

⇒ Coordinación de medidas (Modulación)

La tipificación debe ser el medio de enlace entre el proyecto y su ejecución; la adición, combinación y sustitución de elementos solo es posible cuando sus medidas son acordes entre sí, esto quiere decir que deben tener cierta coordinación que se logra con una adecuada ordenación de medidas, al tener una correcta modulación los elementos puedan ser utilizados para varios conceptos de trabajo, obteniendo un alto rendimiento y evitando los desperdicios.

⇨ Módulo.

El módulo es el máximo común divisor a partir del cual pueden deducirse todas las medidas de la construcción ya sea por adición o multiplicación. Cuando todas las dimensiones de la obra, son en realidad múltiplos del módulo y existe una relación apreciable en sus dimensiones, se consigue en el sistema la coordinación de medidas.

Uno de los principios básicos de la prefabricación es que ésta debe ser más económica en cuanto menos elementos y tipos de los mismos se utilicen en una edificación, esto quiere decir que una construcción con elementos prefabricados, resulta económica, siempre y cuando se respeten los principios de la modulación y la coordinación de los elementos.

2.2 Antecedentes.

Resulta difícil definir cuando comenzó a utilizarse la prefabricación en la construcción, pero mencionaremos algunos ejemplos de aplicación que se han hecho a través de la historia.

Las culturas prehispánicas de mesoamérica, tuvieron algunas experiencias relacionadas con la prefabricación; los toltecas lo aplicaron con sus atlantes y los pilares del templo tlahuizcalpantecuhtli, en el cual una piedra formada de diversas partes, se ensamblan conforme al principio de caja y espiga; otro ejemplo lo vemos en los elementos decorativos de fachadas de algunos templos mayas en los que se observa la repetitividad y la producción masiva de los elementos que las constituyen.

Dentro de los orígenes del empleo de la modulación, se encuentra la arquitectura griega, en la cual para proporcionar sus construcciones, los griegos tomaban como base determinados valores relativos; en el caso de los templos, se tomaba

como módulo el diámetro inferior de la columna, para estos principios de modulación arquitectónica su función no era tecnológica y constructiva, sino de carácter estético.

Otro ejemplo histórico es Japón, en donde desde la antigüedad utilizaban la coordinación modular y la normalización en la construcción de sus templos y viviendas.

En el año de 1516, Leonardo Da Vinci diseñó una ciudad ideal sobre el río Loire; la cual se construía con casas prefabricadas que tenían la característica de ser desmontables.

El norteamericano Burnham Kelly, autor del libro " The prefabrication of houses" , en 1951, menciona que en el año de 1727 fueron construidas dos casas en la ciudad de Nueva Orleans que fueron transportadas posteriormente a las Antillas y rearmadas allá.

En 1851 Joseph Paxton un constructor inglés realizó el palacio de cristal para una exposición en Londres, el cual consistía en elementos prefabricados de metal y vidrio, los cuales estaban coordinados modularmente; el palacio fue desmontado en 1854 y rearmado en Sydenham.

La prefabricación de casa para vivienda con concreto armado y en masa fue iniciada en Europa después de la Primera Guerra Mundial, los ensayos más avanzados en esta industria fueron realizados en Alemania, utilizando paneles de suelo a techo, estos eran colocados en la obra con la ayuda de una grúa.

En la construcción con hormigón armado, históricamente siempre ha habido cierto grado de prefabricación. Los primeros elementos de grandes dimensiones para cubiertas fueron probablemente los fabricados en Brooklyn en los Estados Unidos en el año 1900; los elementos en cuestión tenían 1.20 m. de ancho por

5.10 mts. de largo con un espesor de placa de 5 cms. Fueron colocados sobre una estructura de entramado metálico.

En 1905, Tomas Alva Edison, creó un sistema de prefabricación de concreto realizado " in situ" ; empleando para ello una cimbra metálica y utilizando el principio de modulación de los elementos.

Fue al término de la Segunda Guerra Mundial, cuando la evolución de la prefabricación en la construcción toma diversos caminos de modernización, para lo cual se hará mención de los más importantes.

En los Estados Unidos sus inicios comienzan con casas unifamiliares constituidos por marcos de madera, donde predominan los sistemas abiertos de prefabricación.

En el año de 1945, en Francia se desarrolla la producción de elementos de grandes dimensiones (Paneles de concreto), con el objeto de bajar costos del mercado de la construcción en las edificaciones.

En la desaparecida Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (U.R.S.S.), se construyen enormes plantas para la prefabricación de elementos que se utilizaron en la reparación de los daños causados por la guerra.

Por último en Alemania Occidental en 1959, se comienza la construcción de 80,000 viviendas prefabricadas con elementos de concreto.

Por lo que toca a México, en cuestión de prefabricación, como ejemplo en 1962, se llevo a cabo la construcción de viviendas en la colonia San Juan de Aragón, la construcción se basó en un sistema de concreto prefabricado el cual se elaboró en planta, vaciando el concreto en moldes especiales de tal forma que los muros

y losas fueran prefabricadas, posteriormente los elementos eran colocados y fijados de cierta manera que finalmente se formara la casa.

En la actualidad la prefabricación en México va teniendo mayor auge debido a la gran demanda de vivienda, uno de los sistemas más utilizado es el de vigueta y bovedilla, el cual se forma por medio de viguetas presforzadas que se anclan en el perímetro de los muros y entrelazado entre las viguetas por bovedillas de concreto, para su terminación se tiende en toda el área malla electrosoldada y sobre ésta una capa de compresión de concreto de 4 ó 5 cm., dependiendo de las especificaciones. En las figuras 2.3, 2.4 y 2.5 se muestra el principio de estructuración de vigueta y bovedilla.

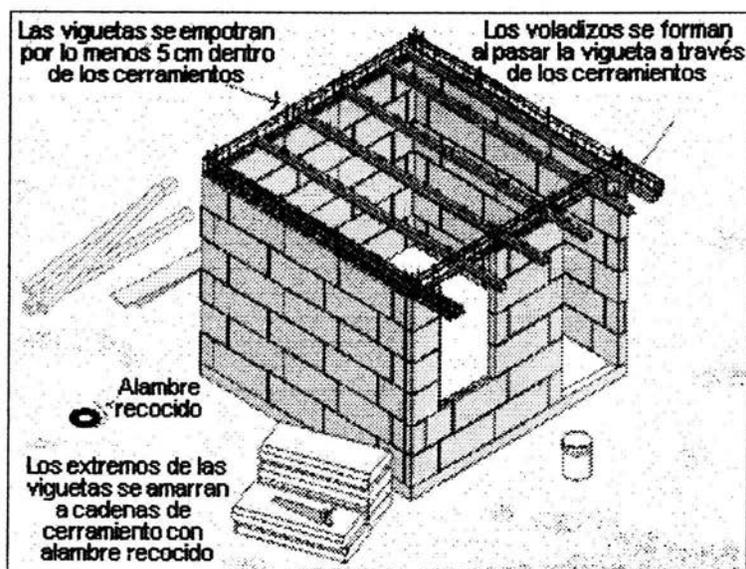


Figura 2.3 En la figura se muestra en forma esquemática el montaje de viguetas para sistema de entepiso de vigueta y bovedilla.

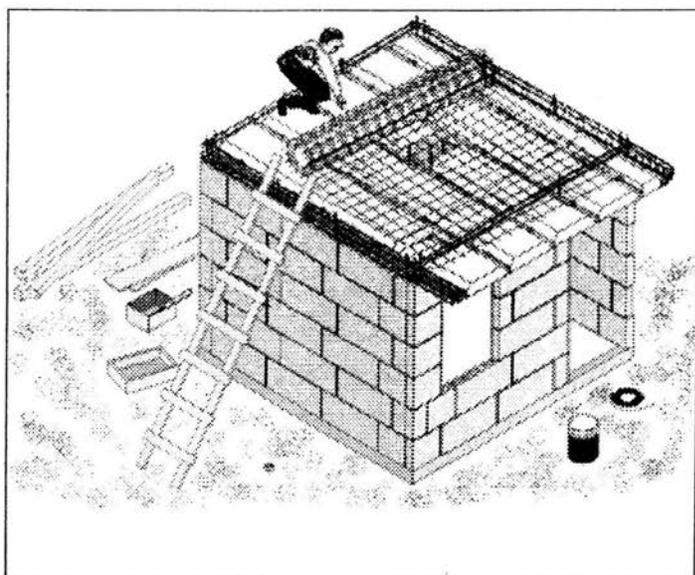


Figura 2.4 En la figura se muestra en forma esquemática el tendido de malla electrosoldada, sobre esta se coloca una capa de compresión de concreto de 4 a 5 cm.

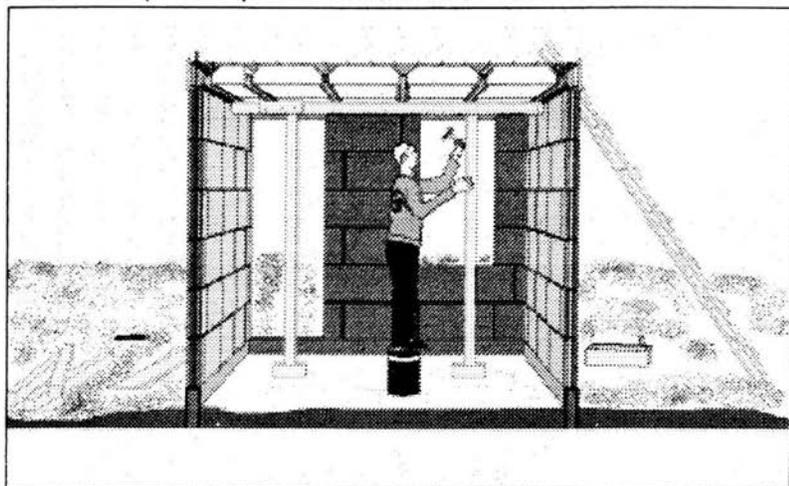


Figura 2.5 En la figura se muestra en forma esquemática la colocación de cimbra en el sistema constructivo de vigueta y bovedilla.

En lo que respecta al proceso constructivo con concreto celular prefabricado, este tiene sus orígenes en el año de 1943; año en el que Josef Hebel previendo la reconstrucción de Alemania por los efectos de la Segunda Guerra Mundial, se

convenció de la necesidad de fabricar un nuevo material constructivo que combinara las mejores características de los materiales existentes hasta esa época, comenzó a producir concreto celular en una fábrica cercana a Munich Alemania, las ventajas de ligereza y resistencia lo hizo un material apropiado para todo tipo de edificación.

El concreto celular en México es producido en planta de Anillo Periférico 333, Col. San Jemo, en la ciudad de Monterrey, estado de Nuevo León, cuenta con la tecnología y las instalaciones más modernas para la producción en serie de los elementos prefabricados de concreto celular, en la figura 2.6 se muestra una panorámica de la planta de la empresa CONTEC, productora de elementos prefabricados de concreto celular paneles y bloques.

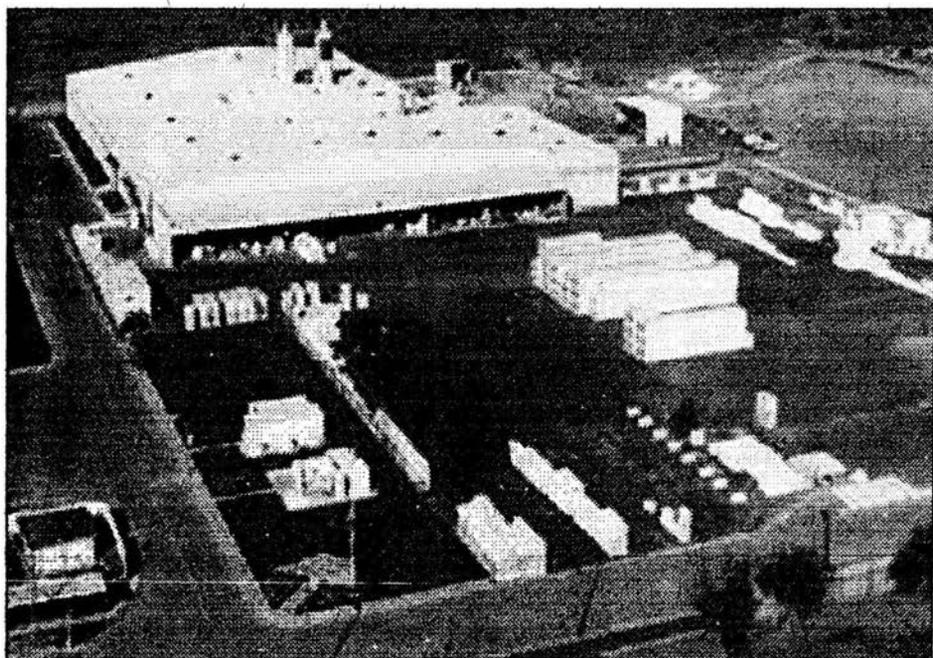


Figura 2.6 En la fotografía se muestra la planta productora de concreto celular, ubicada en la ciudad de Monterrey, Nuevo León.

2.3 Clasificación de sistemas de construcción prefabricada.

Los diferentes tipos de sistemas en base al material principal que se ocupa para su elaboración, así como algunas de las técnicas de prefabricación en edificación las mencionaré a continuación. Actualmente el uso de sistemas de prefabricación se ha venido desarrollando en todo tipo de edificaciones como viviendas, pavimentos, puentes, edificios, fábricas y bodegas.

2.3.1 Prefabricación de concreto.

En la prefabricación de concreto, generalmente se fabrican elementos con acero de refuerzo y comúnmente son piezas presforzadas (pretensados y postensados), este tipo de prefabricados se utilizan principalmente en la construcción de puentes, edificios, bodegas, naves industriales, etc., en la figura 2.7 se muestra un ejemplo de montaje de elementos de concreto.



Figura 2.7 En la fotografía se muestra la estructura de acero de un edificio en el cual se colocan anclajes para el posterior montaje de elementos prefabricados de concreto, con la finalidad de formar la fachada del edificio.

2.3.2 Concreto ligero.

Los concretos ligeros hechos con cemento, arena y agentes químicos adicionales, que al término del proceso adquieren una gran resistencia mecánica y estabilidad reforzado con acero; con este tipo de elementos se pueden construir losas, muros y cerramientos. El concreto celular se encuentra dentro de ésta clase de material, sus características se mencionaran con mayor detalle en el siguiente capítulo.

2.3.3 Prefabricación con lámina metálica.

Este tipo de elementos son fabricados con zinc, hierro y aluminio, y son utilizadas principalmente para cubiertas, fachadas y muros, en la figura 2.8 se ilustra una edificación construida con uno de estos procesos.

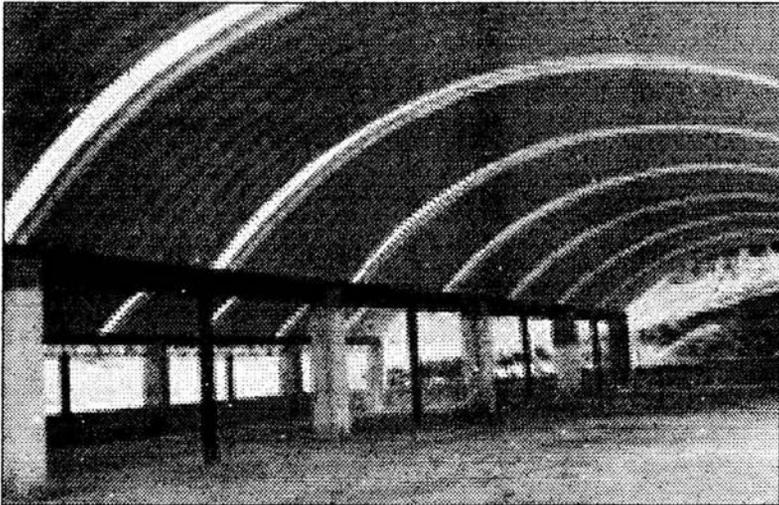


Figura 2.8 En la fotografía se muestra como ejemplo el uso de laminas metálicas prefabricadas, en este caso para cubierta de grandes claros de naves industriales.

2.3.4 Prefabricados de asbesto cemento.

El asbesto cemento es utilizado para cubiertas en la modalidad de láminas que pueden ser lisas u onduladas, tienen que superar en el aspecto termoacústico a la lámina metálica, sus principales usos son en cubiertas, tuberías de drenaje, tinacos, fosas sépticas, etc.

2.3.5 Prefabricados de acero.

Este tipo de elementos pueden ser utilizados en diversos tipos de construcción, en especial en donde la resistencia del acero es importante para la sustentación de la estructura, se usan principalmente en la construcción de puentes, fábricas, naves industriales, tanques de almacenamiento, hangares, edificios, etc.

2.3.6 Prefabricación con plástico.

El uso del plástico se manifiesta más como recubrimientos de muros, techos, domos y para instalaciones en general, como material de juntas e impermeabilización y en estructuras autosoportantes.

Existen otras formas de edificación con prefabricados que se van desarrollando y en este momento se usan como las cimbras deslizantes, estructuras colgantes, muros de yeso, tubos de cartón comprimido para aligerar la construcción con concreto, paneles estructurales MICSA, sistema de paneles W y paneles JL para sistemas de entrepiso, vigueta y bovedilla y un sin número de sistemas que tienen el objetivo de obtener un mejor aprovechamiento de los recursos materiales y humanos en la construcción y una mejor calidad en los trabajos.

CAPÍTULO III

Descripción del concreto celular.

El concreto celular es un material que tiene su origen en el año de 1943 en Alemania, debido a la necesidad de fabricar materiales con características favorables para la reconstrucción de edificaciones después de la segunda guerra mundial. Se atribuye el inicio de su producción a Josef Hebel un constructor que combinó materiales para fabricar concreto celular en una planta cercana a Munich, Alemania; las características de este material ligero y resistente fueron reconocidas por los constructores que implementaron un sistema constructivo compuesto de bloques y paneles estructurales que se usan en todo tipo de edificación.

Actualmente el concreto celular es un material que se emplea en más de 30 países en el ámbito mundial, en nuestro país la producción se realiza en la ciudad de Monterrey, Nuevo León, en Anillo periférico, colonia San Jemo, contando con la tecnología para la elaboración industrializada de los elementos que componen el sistema constructivo. En la figura 3.1 se ilustra en forma esquemática el uso que tiene este sistema en el mundo.

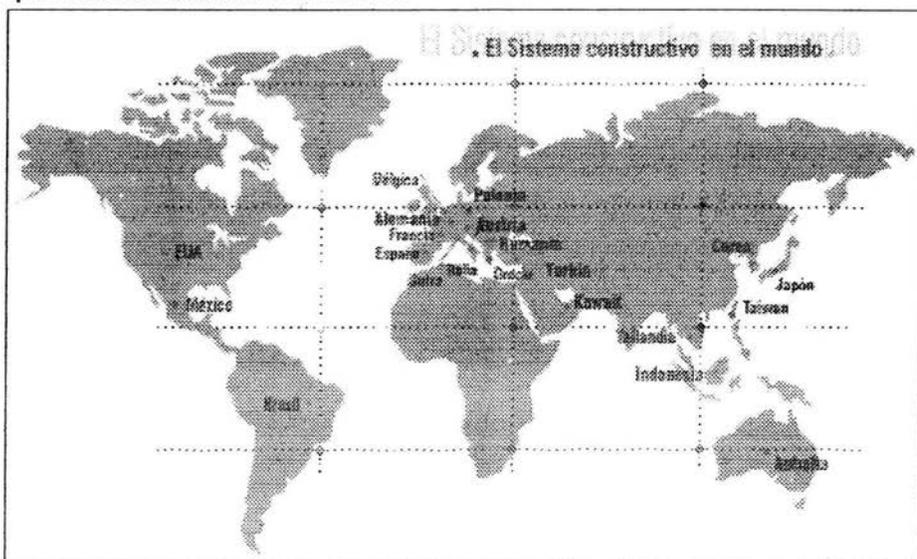


Figura 3.1 En el mapa se indican los países en los que actualmente se produce concreto celular y que cuenta con todo un sistema constructivo.

3.1 Producción y control de calidad.

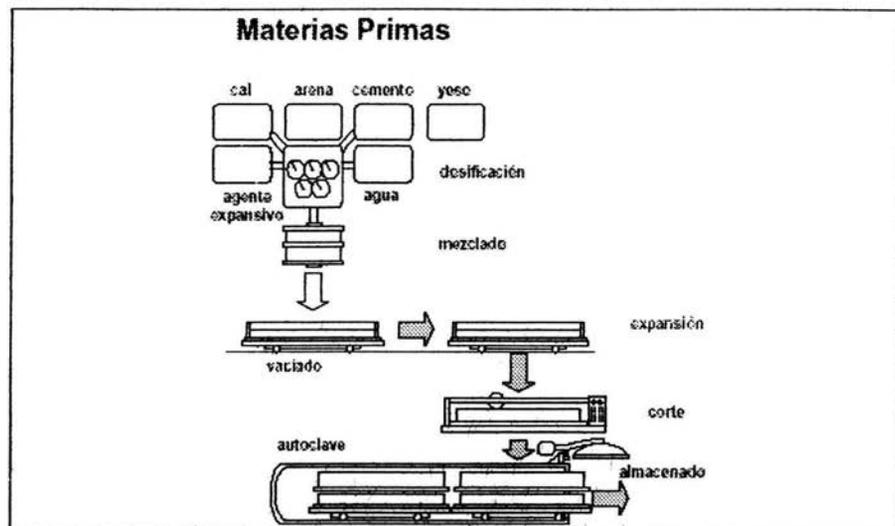
El concreto celular es elaborado con materias primas que son comunes en la construcción como la arena, cal, cemento, yeso, agua y aditivos que funcionan como agente expansor, en el producto industrializado las materias primas se dosifican por peso para después ser vaciado en moldes en los que el aditivo consistente en partículas de aluminio reacciona químicamente formando celdas de aire que se distribuyen de manera uniforme en la masa.

Colocado el material en los moldes, el producto pasa a un precurado por seis horas, posteriormente se transporta a una maquina cortadora con mecanismo de hilos metálicos con la que se efectúa el proceso de corte de elementos a las dimensiones requeridas, la tolerancia dimensional en este proceso es de +/-1.5 mm.

La fase final del proceso de producción consiste en el curado del material, el cual se lleva a cabo en autoclaves (temporizador) en condiciones controladas de temperatura, humedad y presión; esta fase tiene una duración de 12 horas.

Algunos elementos del sistema constructivo, tales como paneles para losa, paneles para muro y peldaños para escalera tienen acero de refuerzo liso y de alta resistencia, el cual recibe un tratamiento anticorrosivo con un elemento acrílico base agua conteniendo un porcentaje de sílice que asegura 50 años de protección después de ser colocado en el molde, el proceso de producción se describe en la figura 3.2 para los elementos de concreto celular sin refuerzo y concreto celular con refuerzo.

PROCESO DE PRODUCCIÓN (PRODUCTO NO REFORZADO)



PROCESO DE PRODUCCIÓN (PRODUCTO REFORZADO)

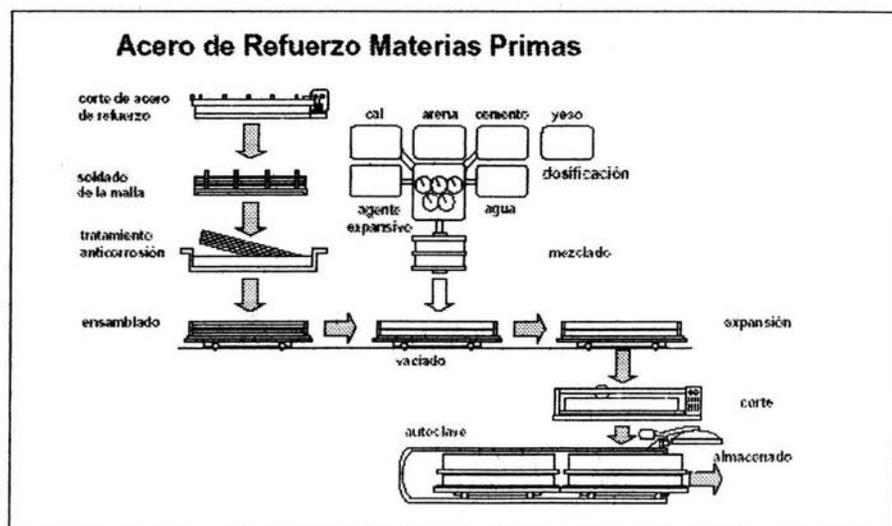


Fig. 3.2 Proceso de producción de concreto celular en planta en las modalidades de concreto celular simple y concreto celular con acero de refuerzo.

3.2 Características y propiedades.

El concreto celular, como ya se mencionó anteriormente puede usarse en todo tipo de edificación debido a que posee características similares o superiores a los materiales que se emplean comúnmente en los sistemas constructivos tradicionales, algunas de las características en que muestra un buen desempeño son las siguientes.

- ⇒ **Precisión.-** El proceso de producción garantiza exactitud dimensional de las piezas que componen el sistema constructivo, logrando un contacto perfecto entre éstas, lo que mejora su comportamiento estructural; además se garantiza calidad en la construcción de muros de bloques y la colocación de paneles estructurales perfectamente lisos y plomados.

- ⇒ **Rapidez en la construcción.-** Los elementos de concreto celular son prefabricados listos para ser colocados en la construcción usando solo una baja cantidad de mortero adhesivo, además ofrece facilidad de montaje por el bajo peso de los elementos (600 kg/m^3), lo que resulta en un menor tiempo de ejecución de las obras, ya que se incrementa notablemente el rendimiento de la mano de obra.

- ⇒ **Trabajabilidad.-** Las piezas de concreto celular no reforzado son de fácil manejo y se pueden cortar, ranurar o lijar para hacer ajustes en el proceso de construcción de muros, lo que evita se generen desperdicios excesivos; además se tiene facilidad para alojar las instalaciones de servicios eléctricos e hidrosanitarios de la edificación. En el caso de los elementos de concreto celular con acero de refuerzo como paneles de losa y muros, las dimensiones de los elementos hacen necesario el uso de una grúa para su montaje en la obra.

- ⇒ **Versatilidad.-** El sistema constructivo con concreto celular cubre los requerimientos de una construcción, ya que se producen bloques para muros, paneles para losa y muros, cerramientos para claros de puertas y ventanas, todos estos elementos tienen una exactitud dimensional que garantiza una mejor calidad de obra terminada.

- ⇒ **Ligereza.-** El concreto celular es hasta cuatro veces más ligero que el concreto hidráulico, esto representa ventajas en el transporte, manejo del material en obra y rapidez en la construcción incrementando el rendimiento de la mano de obra.

- ⇒ **Resistencia al fuego.-** El concreto celular es un material totalmente inorgánico que no tiene materias combustibles; un muro hecho de bloques de 20 cm de espesor, proporciona una clasificación de resistencia al fuego de por lo menos cuatro horas.

- ⇒ **No tóxico.-** Es un material que para su elaboración no ocupa de sustancias tóxicas, por lo que no representa peligro para la salud de las personas o para la contaminación del medio ambiente.

- ⇒ **Durabilidad.-** Este material es durable y no se degrada bajo condiciones climáticas normales, tiene un comportamiento sobresaliente a ciclos de congelación o deshielo y ataques químicos.

3.2.1 Propiedades físicas.

El concreto celular es un material que posee propiedades que lo hacen diferente de los materiales que se usan tradicionalmente en los procesos constructivos de edificación, las propiedades en las que posee un comportamiento favorable es la acústica, termicidad y bajo peso volumétrico; comparado con el concreto hidráulico hasta en un 75% menor. Las características favorables del concreto celular comparado con los materiales que se usan comúnmente son las siguientes

- ⇒ **Peso volumétrico.**-El concreto celular tiene un peso volumétrico de 400 kg/m³ en los bloques tipo 2.5 y de 600 kg/m³ en los bloques 5.0, nomenclatura definida por Contec, lo que representa grandes ventajas en el transporte y manejo del material en obra, además de rapidez en la construcción. Para diseño estructural se toma un valor de peso de 540 kg/m³ en bloques tipo 2.5 y de 700 Kg/m³ en bloques tipo 5.0, estos valores se toman de acuerdo a las normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería y el reglamento de construcciones del Distrito Federal, el concreto hidráulico normal tiene un peso volumétrico de 2400 kg/m³ por lo que se tiene hasta un 75% de disminución en peso.

CARACTERÍSTICAS	CLASES		UNIDADES
	BLOQUE AAC 2.5/B	BLOQUE AAC 5.0/B	
Densidad nominal	400	600	kg/m ³
Peso de diseño	540	780	kg/m ³
Resistencia a la compresión	25	50	kg/m ²
Resistencia a la compresión de diseño	15	24	kg/m ²
Resistencia al cortante de diseño	3	4	kg/m ²
Modulo de elasticidad	12500	22500	kg/m ²
Contracción lineal	0.25	0.25	mm/m
Coefficiente de expansión térmica	8.0x10 ⁴	8.0*10 ⁶	/°C

Tabla 3.1 Propiedades de los bloques de concreto celular, los valores se obtuvieron de pruebas de laboratorio hechas por el Centro Nacional de Prevención de desastres y por el Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, las pruebas se realizaron a cubos de 10 X 10 X 10, para los valores de mampostería de bloque de concreto celular se toman en cuenta las NTC- RCDF- 1987

- ⇒ **Acústica.**-El concreto celular posee importantes propiedades de aislamiento acústico por lo que sus elementos se pueden usar en diversas aplicaciones de aislamiento acústico y permitir un ambiente agradable en el interior de la construcción. Para mejorar ésta característica del concreto celular, se recomienda construir un sistema de muro doble con una cámara interior en la cual se coloca lana mineral, lo que mejora notablemente el comportamiento de aislamiento acústico.

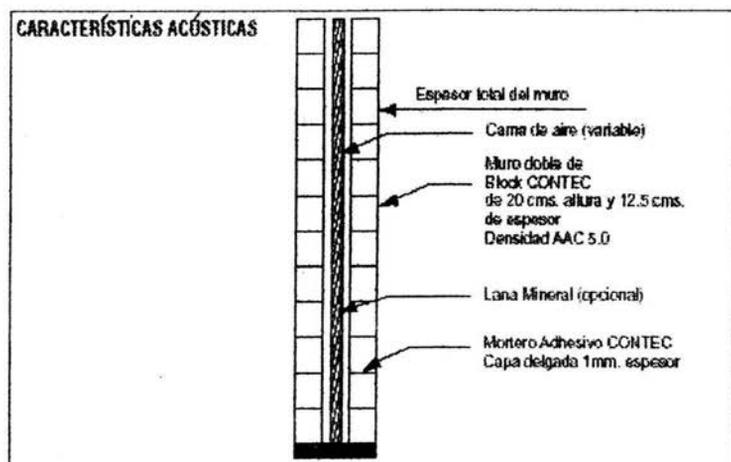


Figura 3.3 En la figura se muestra un muro doble con aislamiento intermedio de lana mineral, a este sistema de muro se le aplicaron pruebas de aislamiento acústico por parte de la Acoustic Systems, STC (Sound Transmission Class) y la OITC (Outdoor Indoor Transmission Class)

Tipo	Espesor	Densidad	Camara interior			Espesor total camara	Espesor total	STC	OITC
			Cama de aire	Lana mineral					
Muro doble	12.5 cm	AAC 5.0	14.0 cm	no	no	14	39 cm	60	51
Muro doble	12.5 cm	AAC 5.0	8.9 cm	5.1 cm	2 pcf	14	39 cm	65	53
Muro doble	12.5 cm	AAC 5.0	3.8 cm	10.2 cm	4 pcf	14	39 cm	68	54

Tabla 3.3 En la tabla se muestran los resultados de las pruebas efectuadas por la Acoustic Systems al concreto celular clase AAC 5.0 con una densidad de 600 kg/m^3 . el ejemplo ilustrativo es el utilizado para pruebas por la STC y la OITC.

⇒ **Aislamiento térmico.** Un ambiente confortable desde el punto de vista de temperatura interna de una construcción, depende en gran medida de las propiedades de aislamiento térmico proporcionado por los elementos muros y losas que la componen, el concreto celular posee propiedades sobresalientes de aislamiento térmico gracias al aire incluido haciendo posible que en la mayoría de los casos no se requiera de aislamiento térmico suplementario para garantizar una temperatura interior confortable. La eficiencia del concreto celular en el control de la temperatura interior de una construcción se demostró a través de pruebas efectuadas por el instituto Fraunhofer en Alemania consistente en exponer una construcción hecha con bloques de 25 cm de espesor durante 24 horas, la cara oriente de la construcción se pintó de negro y durante la prueba se registró un diferencial de temperatura de $+70^{\circ}\text{C}$ en la cara exterior, en la cara interior se registro un incremento de $+2^{\circ}\text{C}$, manteniéndose una temperatura interior confortable.

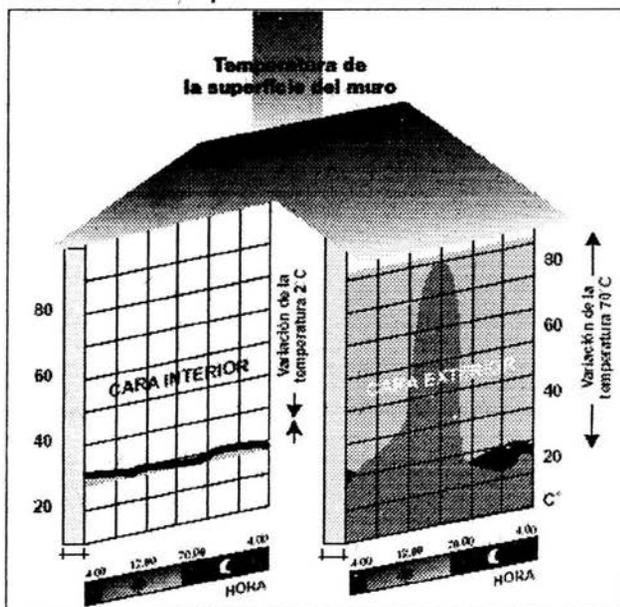


Figura 3.4 En la figura se muestra en forma esquemática la prueba realizada por el instituto Fraunhofer de Alemania, midiendo los diferenciales de temperatura interior y exterior de un muro de bloques de concreto celular de 25 cm de espesor.

3.2.2 Propiedades mecánicas.

Los elementos de concreto celular, tienen propiedades de resistencia que lo constituyen como un material apto para las necesidades de una obra, el estudio de estas propiedades las realizó el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) en colaboración con el Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto (IMCYC), con el objetivo de estudiar el material y calificar la seguridad estructural que ofrecen los elementos de concreto celular para viviendas de bajo costo.

Para el estudio de las propiedades mecánicas de los elementos de concreto celular, se tomaron muestras en forma aleatoria del tren de producción en la planta de concreto celular, los procedimientos de prueba se hicieron conforme lo indican las normas técnicas mexicanas, como resultado de las pruebas se obtuvo la siguiente información.

- ⇒ **Resistencia a la compresión.**- La resistencia a la compresión de los bloques de concreto celular tienen una resistencia a la compresión de 25 kg/cm² para el tipo AAC 2.5 y de 50 kg/cm² para el tipo AAC 5.0, para el caso de los paneles de losa y de muros se tiene una resistencia de 35 kg/cm² para el panel AAC 3.5 y de 50 Kg / cm² para el panel AAC 5.0 de acuerdo a las especificaciones especificadas por el productor en los elementos no reforzados y de elementos con refuerzo.
- ⇒ **Resistencia a la tensión.**- Este valor de resistencia al igual que los concretos hidráulicos, tiene un valor aproximado de un 8% a un 12% de su resistencia a la compresión y a menudo se considera como 1.33 a 1.99 veces la raíz cuadrada de la resistencia a la compresión.

- ⇒ **Resistencia al desgaste.-** Todas las estructuras y edificaciones están expuestas al desgaste, el concreto celular posee características de durabilidad y no se degrada incluso exponiéndolo a ciclos de congelación y deshielo, este comportamiento se logra debido al aire incluido durante el proceso de producción de los elementos del sistema constructivo.

3.3 Estudios técnicos

Como se menciona anteriormente los estudios técnicos, consistentes en pruebas de resistencia y seguridad estructural se hicieron con la colaboración del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) y el Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto (IMCYC), obteniendo los siguientes resultados.

3.3.1 Pruebas de laboratorio y normas de referencia

Las pruebas de laboratorio efectuadas a muestras de concreto celular se hicieron de acuerdo a las normas mexicanas y las normas DIN alemanas, obteniendo resultados que a continuación describo.

- ⇒ **Estabilidad dimensional.-** Los bloques de concreto celular se tomaron en forma aleatoria del tren de producción de la planta de producción, en las clases AAC 2.5 = 400 kg/m³ y AAC 5.0 = 600 kg/m³, con espesores de 150 y 175 mm. El procedimiento de prueba se determino de acuerdo a la norma mexicana NMX-C-38, evaluando la estabilidad dimensional de las piezas, es decir midiendo las dimensiones de los bloques en el peralte, anchura y longitud, registrando las variaciones de medidas, el resumen de resultados obtenidos en la prueba se muestran en las tablas, con los valores nominales tomados del manual de productos proporcionado por la planta de concreto celular.

Examinando los resultados de las pruebas, es evidente la estabilidad dimensional de los bloques en su longitud, peralte y espesor, la media aritmética es prácticamente igual que el valor nominal en todos los casos.

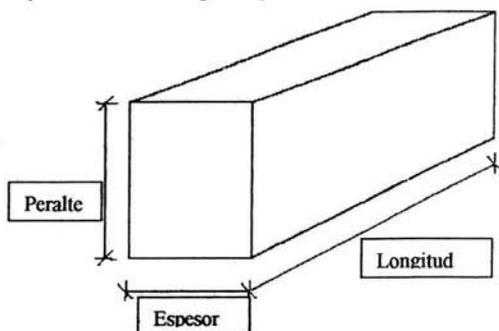


Figura 3.5 Se ilustra en forma esquemática las dimensiones que se consideran para evaluar la estabilidad dimensional de los bloques de concreto celular.

Dimensiones en milímetros						
	L1	L2	P1	P2	E1	E2
Media	627	626	199	199	150	149
Nominal	625	625	200	200	150	150

Tabla 3.5 Dimensiones medias de los bloques de concreto celular de la clase AAC 2.5, con espesor nominal de 150 mm, las medidas son de L = Longitud, P = Peralte y E = Espesor.

Dimensiones en milímetros						
	L1	L2	P1	P2	E1	E2
Media	626	626	199	199	175	174
Nominal	625	625	200	200	175	175

Tabla 3.6 Dimensiones medias de los bloques de concreto celular de la clase AAC 2.5, con espesor nominal de 175 mm, las medidas son de L = Longitud, P = Peralte y E = Espesor.

Dimensiones en milímetros						
	L1	L2	P1	P2	E1	E2
Media	627	627	199	199	150	150
Nominal	625	625	200	200	150	150

Tabla 3.7 Dimensiones medias de los bloques de concreto celular de la clase AAC 5.0, con espesor nominal de 150 mm, las medidas son de L = Longitud, P = Peralte y E = Espesor.

Dimensiones en milímetros						
	L1	L2	P1	P2	E1	E2
Media	627	626	199	199	175	175
Nominal	625	625	200	200	175	175

Tabla 3.8 Dimensiones medias de los bloques de concreto celular de la clase AAC 5.0, con espesor nominal de 175 mm, las medidas son de L = Longitud, P = Peralte y E = Espesor.

⇒ **Resistencia a la compresión.**- El método de prueba para determinar el índice de resistencia a la compresión del concreto celular, es el propuesto por la norma mexicana NMX-C-36, el espécimen consiste en una pieza completa ensayada en una máquina universal, para lograr obtener una carga de distribución uniforme, se colocaron dos placas de acero de 25mm de espesor, la resistencia a la compresión se determinó para cuatro tipos de piezas en bloques de 150 y 175 mm de espesor y en las densidades AAC 2.5 y AAC 5.0, logrando una resistencia promedio de AAC 2.5 = 25 kg/cm² y AAC 5.0 = 41 kg/cm². La falla de las piezas para los cuatro casos, se inicio con el aplastamiento de las caras verticales en contacto con las placas de acero, se calculó la media aritmética de las resistencias a compresión registradas de nueve bloques de concreto celular.

Tipo de pieza	AAC 2.5 150mm	AAC2.5 175mm	AAC5.0 150mm	AAC5.0 175mm
Media (9 piezas)	25 kg/cm ²	26 kg/cm ²	40 kg/cm ²	43 kg/cm ²
Media total	25 kg/cm ²		41 kg/cm ²	

Tabla 3.9 En la tabla se muestran los resultados de prueba de resistencia a compresión de 9 bloques de concreto celular en las clases AAC 2.5 y AAC 5.0, la resistencia es la media aritmética de las resistencias.

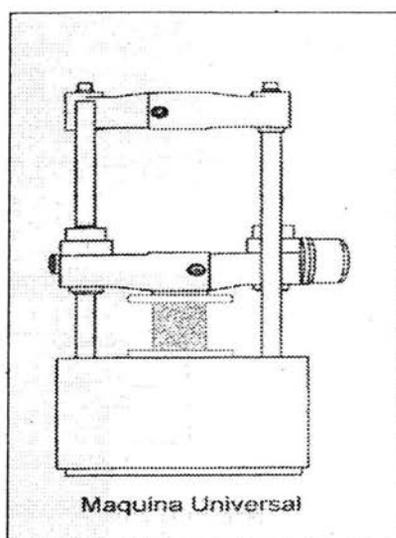


Figura 3.4.1 Las pruebas de resistencia a la compresión se efectuaron con ayuda de la máquina universal, aplicando carga uniforme en los especímenes hasta la falla.

⇒ **Compresión en cubos.**- También se determinó el índice de resistencia en cubos de 100 mm de lado labrados en la planta de producción, su resistencia se determinó para dos pesos volumétricos, nuevamente AAC 2.5 y AAC 5.0, de acuerdo al procedimiento de prueba descrito en la norma alemana DIN 1058, el promedio para cada clase se calculó con la media aritmética de los resultados de prueba de 20 cubos. La resistencia a la compresión de los cubos fue del orden de 45% mayor que el de los bloques, obteniendo una resistencia de AAC 2.5= 37 kg/cm² y de AAC 5.0=56 kg/cm².

Tipo de muestra		Resistencia a compresión	Contenido de agua
AAC 2.5	Media	37.0 kg/cm ²	16%
	C. V.	0.06	0.13
AAC 5.0	Media	56.0 kg/cm ²	16%
	C. V.	0.05	0.10

Tabla 3.10 En la tabla se muestran los resultados de prueba de resistencia a la compresión de cubos de 100 mm de lado, norma DIN 1058; se obtiene una resistencia superior a la nominal de acuerdo a manual técnico del productor de concreto celular.

- ⇒ **Compresión en prismas.-** La resistencia a la compresión también se obtiene del ensaye de prismas de 150 mm X 150 mm X 300 mm de altura, el promedio de las resistencias se calcula como la media aritmética de las resistencias de 10 prismas, con el ensaye de prismas se determina también el modulo de elasticidad según la norma NMX-C-128, la resistencia a la compresión de los elementos se liga con la densidad de los mismos, teniendo a mayor densidad una mayor resistencia, por lo que los bloque del tipo AAC 2.5 se consideran de resistencia media y los del tipo AAC 5.0 como de resistencia alta.

muestra		Resistencia a compresión	Módulo de elasticidad	Contenido de agua
AAC 2.5	Media	29.0 kg/cm ²	13155.0 kg/cm ²	16%
	C. V.	0.08	0.08	0.18
AAC 5.0	Media	43.0 kg/cm ²	18730.0 kg/cm ²	15%
	C. V.	0.1	0.14	0.22

Tabla 3.11 En la tabla se muestran los resultados de pruebas de resistencia a la compresión de prismas y su módulo de elasticidad de los mismos, con el procedimiento descrito en la norma mexicana NMX-C-128.

- ⇒ **Compresión en muretes.-** El comportamiento que tiene el conjunto pieza-mortero sujeto a carga axial simple, se estudia en las pruebas a muretes en las que se toma en cuenta su relación altura / espesor, para efectuar la prueba se construyen nueve pilas para cada uno de los tipos de piezas, se emplea mortero adhesivo especial para concreto celular el cual produce el fabricante, para elaborar este mortero no se emplea arena y se aplica con una cuchara dentada de anchura igual al espesor de los bloques que se colocan formando las pilas, el espesor de las juntas es de 1.0 a 2.0 mm aproximadamente, ya construidas las pilas se mantienen en el laboratorio hasta el momento de la prueba, para registrar la curva esfuerzo - deformación, se colocaron simétricamente dos transductores de desplazamiento que median la deformación total entre los extremos de las

pilas. Los puntos de referencia de los transductores fueron dos marcos rígidos de aluminio sujetos a la pila con tornillos de punta, al momento de la prueba se registro una longitud de medición del orden de 480mm.

Prueba		AAC 2.5		AAC 5.0	
		150 mm	175 mm	150 mm	175 mm
Resistencia del mortero kg/cm ²	Media	160.00			
Compresión axial kg/cm ²	Media	28.50	27.00	44.80	36.30
	C.V.	0.06	0.05	0.10	0.07
Módulo de elasticidad kg/cm ²	Media	13640.00	13860.00	23215.00	21870.00
	C.V.	0.11	0.08	0.05	0.06

Tabla 3.12 En la tabla se muestran los resultados de pruebas de compresión en pilas, así mismo se obtiene el valor del módulo de elasticidad de las pilas.

- ⇒ **Resistencia a la flexión.-** La resistencia a la flexión del concreto celular curado en autoclave, se obtuvo de acuerdo a la norma NMX – C 303, usando una viga simple con carga en el centro del claro. Los especímenes fueron prismas de 150 X 150 X 500 mm., se ensayaron diez prismas, en la tabla 3.10 se presenta la media y coeficientes de variación para prismas elaborados con concreto celular de las clases AAC 2.5 y AAC 5.0.

Tipo de muestra		Módulo de Ruptura	Contenido de agua
AAC 2.5	Media	8.4 kg/cm ²	39%
	C. V.	0.03	0.04
AAC 5.0	Media	11.5 kg/cm ²	27%
	C. V.	0.04	0.13

Tabla 3.13 En la tabla se muestran los resultados de pruebas efectuados a prismas para determinar la resistencia del concreto celular a esfuerzo de flexión, los resultados son la media aritmética de 10 piezas en las clases AAC 2.5 y AAC 5.0.

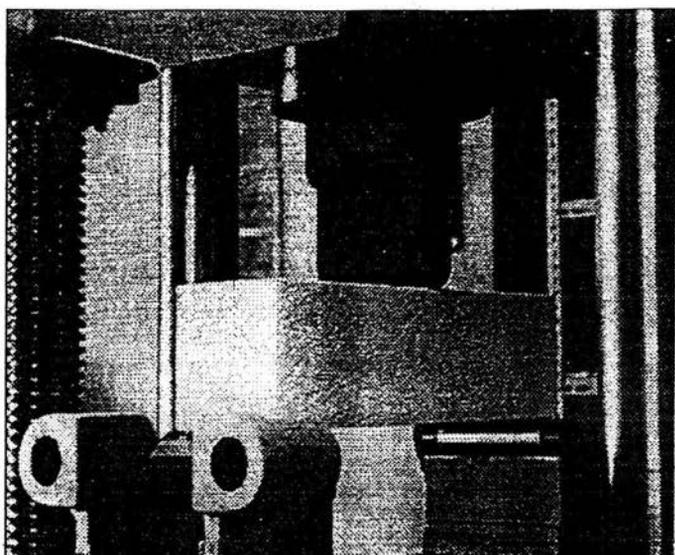


Figura 3.4.2 Las pruebas de resistencia a la flexión se efectuaron sobre especímenes de concreto celular, aplicando una carga puntual hasta la falla de los mismos.

- ⇒ **Resistencia al esfuerzo cortante.**- El comportamiento del conjunto pieza - mortero sujeto a tensión diagonal y cortante se estudia con la prueba a muretes cuadrados de acuerdo con la norma mexicana NMX-ONNCE-1997 b, la base de muretes se hace de una pieza y media; el número de hiladas se determinó a modo de tener un espécimen cuadrado, se ensayan los muretes en un marco de carga, para distribuir la carga en las esquinas de los muretes se colocan ángulos de acero con longitudes iguales a la altura de los bloques pegados con yeso, para la aplicación de carga se emplean un par de cabezales de acero. Para registrar la curva esfuerzo cortante-deformación angular se colocaron dos pares de transductores de desplazamientos dispuestos simétricamente sobre las diagonales, midiendo la deformación sobre las mismas; los puntos de referencia de los transductores son tornillos fijados al murete, al efectuar la prueba la longitud de medición es del orden de 1130 mm.

Prueba		AAC 2.5		AAC 5.0	
		150 mm	175 mm	150 mm	175 mm
Resistencia del mortero kg/cm ²	Media	185.00	184.00	194.00	185.00
	C.V.	0.06	0.11	0.08	0.06
Tensión diagonal kg/cm ²	Media	4.80	5.80	8.40	8.60
	C.V.	0.25	0.09	0.11	0.14
Módulo de rigidez al corte kg/cm ²	Media	4720.00	4670.00	7210.00	7230.00
	C.V.	0.11	0.07	0.08	0.07

Tabla 3.14 En la tabla se muestran los resultados de pruebas efectuados a muretes para determinar la resistencia al esfuerzo cortante del concreto celular, los resultados son la media aritmética de 10 piezas en las clases AAC 2.5 y AAC 5.0.

De las diferentes pruebas efectuadas por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) y el Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto (IMCYC), se concluye que las piezas presentan estabilidad dimensional y un buen comportamiento de resistencia a la compresión de bloques en sus clases AAC 2.5 y AAC 5.0, así mismo mostró un comportamiento aceptable para los esfuerzos de flexión y cortante cumpliendo con los requerimientos del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal.

- ⇒ Resistencia a flexión de paneles.- Para verificar la resistencia a la flexión de los paneles de concreto celular, se coloca un panel de 0.61 X 4.00 m. sobre dos apoyos, aplicando cargas en los puntos exteriores a la cuarta parte del claro; además se le aplicaron cargas de 300 kg utilizando bultos de 50 kg distribuyéndolos sobre la superficie del panel, la deflexión se midió en el centro del claro con ayuda de un micrómetro. Las mediciones se efectuaron en el momento de aplicación de la carga y posteriormente a las 24 horas momento en el que se le quitó la carga, tomando la lectura final a las 24 horas después de que se le quitó la carga, el panel registro una deflexión por peso propio al inicio de la prueba de 11.59 mm y una deflexión máxima con carga de 18.98 mm, el panel después de 24 horas de que se le quitó la carga registró una deflexión por peso propio de 12.09 mm, por lo que la resistencia de los paneles de concreto celular para losa

tienen la resistencia suficiente para ocuparla como losa de entrepiso y azotea, de acuerdo al Reglamento de Construcciones del Distrito Federal el panel cumple satisfactoriamente las pruebas de carga presentando un comportamiento dúctil.

RCDF	Panel de prueba
Recuperación mínima en sus deflexiones de losa 75%	Recuperación de losa de 89.79%
Flecha máxima por peso propio 20.58 mm	Flecha máxima por peso propio 11.59 mm

Tabla 3.15 En la tabla se muestran los valores requeridos en el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal y los valores que resultaron de las pruebas a un panel de concreto celular tipo AAC 3.5 de 20 cm de espesor.

3.4 Aspectos constructivos.

En el sistema constructivo con concreto celular es necesario el uso de herramienta y equipo de corte para ajuste de los elementos a las longitudes requeridas en obra, así mismo se debe contar con el personal capacitado para la construcción con el sistema constructivo, lo que dará como resultado el optimizar los recursos materiales y económicos que nos darán un sustancial ahorro en el proceso constructivo así como disminuir el tiempo de ejecución de la obra, además es de necesario contar con todos los elementos de fijación de elementos, ya que estos se producen en fábrica y deben ser ensamblados en la obra.

Los ajustes a los elementos de concreto celular pueden hacerse con ayuda de herramienta manual y el montaje de paneles se puede efectuar con ayuda de malacates gracias a su bajo peso de 120.78 kg por panel de 6.00 m de largo X 0.61 m de ancho y un espesor de 0.30 m.

3.4.1 Herramientas y equipo.

El sistema constructivo de concreto celular necesita del uso de herramienta especial manuales, eléctricas y de montaje, que son esenciales para conseguir la calidad requerida en la obra terminada, en la siguiente figura se muestran las herramientas manuales de corte y cucharas para la colocación de mortero adhesivo apropiadas para trabajar el concreto celular.

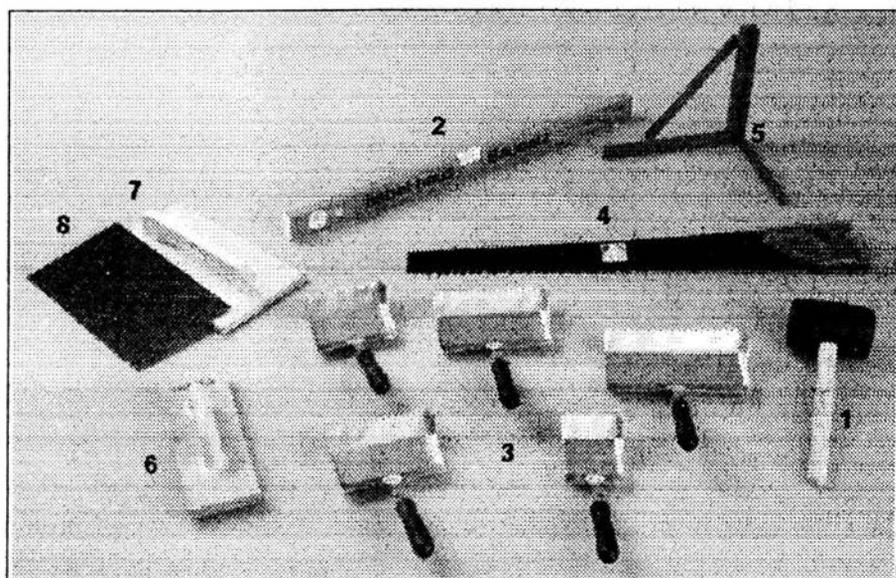


Figura 3.6 En la figura se ilustran las herramientas manuales que se usan en la construcción con concreto celular para efectuar adecuadamente las tareas de corte y ajustes en construcción de muros de bloque de concreto celular.

- | | |
|------------------|-----------------------|
| 1.- Mazo de goma | 5.- Escuadra de corte |
| 2.- Nivel | 6.- Liana de desbaste |
| 3.- Cucharas | 7.- Liana lija |
| 4.- Serrucho | 8.- Repuesto de lija |

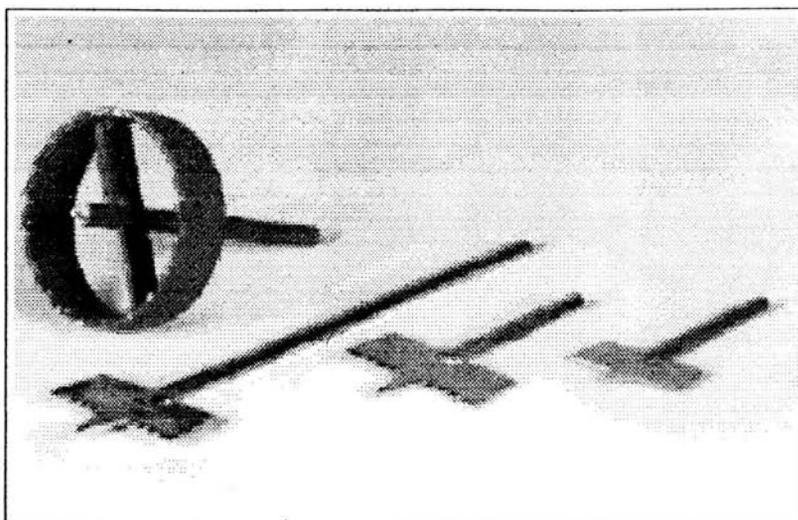


Figura 3.7 En la figura se muestran las herramientas de cortes circulares para hacer huecos de ductos de instalaciones en muros de bloque de concreto celular, estas se adaptan a un taladro.

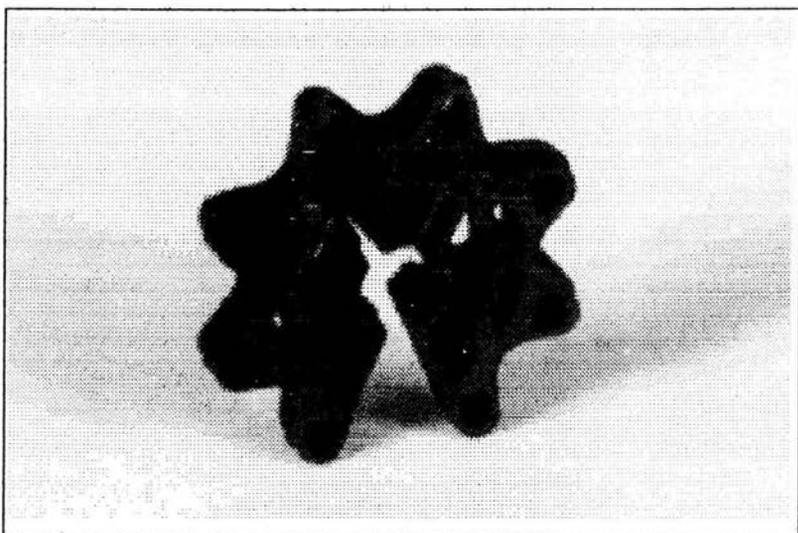


Figura 3.8 En la figura se muestra un separador de varilla de refuerzo de entrecalles de paneles de losa de azotea y entrepiso.

El equipo necesario para el montaje de paneles de muro y de losa son los que se ilustran en las fotografías.

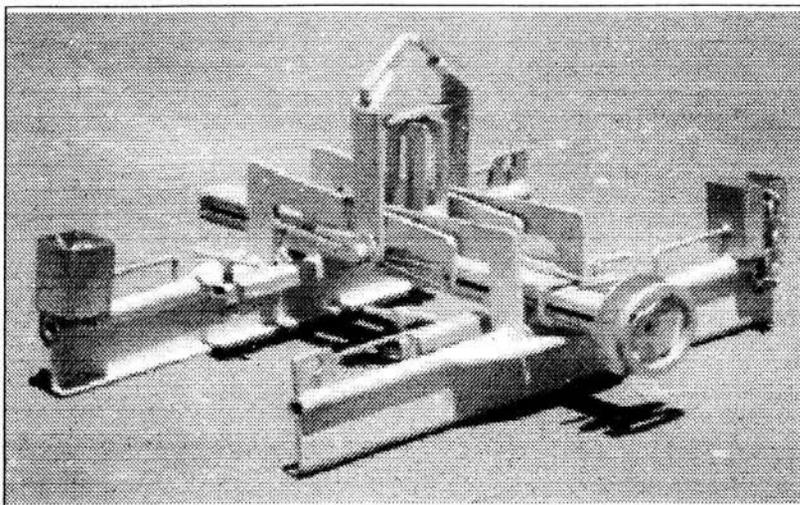


Figura 3.9 Se muestra en la figura la herramienta (tenaza) necesaria para sujetar paneles de losas de entepiso y azotea, la elevación de los paneles se hace con la ayuda de una grúa, el rendimiento de la colocación de piezas depende del espacio que se tenga para maniobra de la grúa.

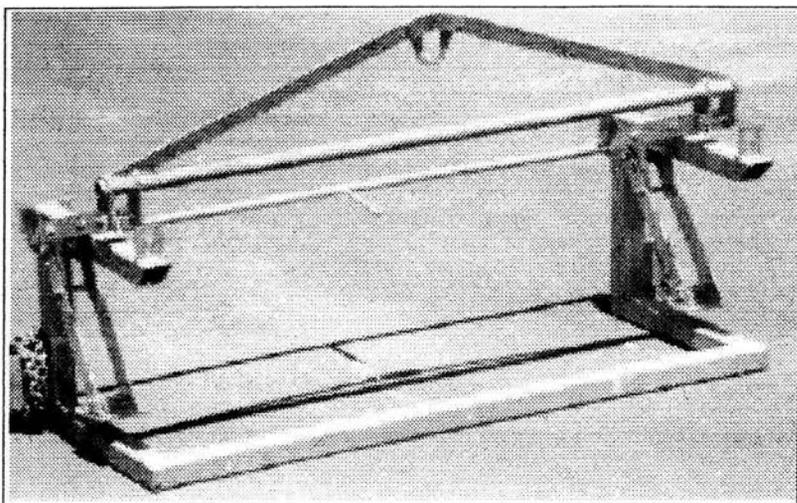


Figura 3.10 Se muestra en la figura un marco de sujeción de paneles, esta herramienta se utiliza para el manejo de paneles reforzados en forma manual.

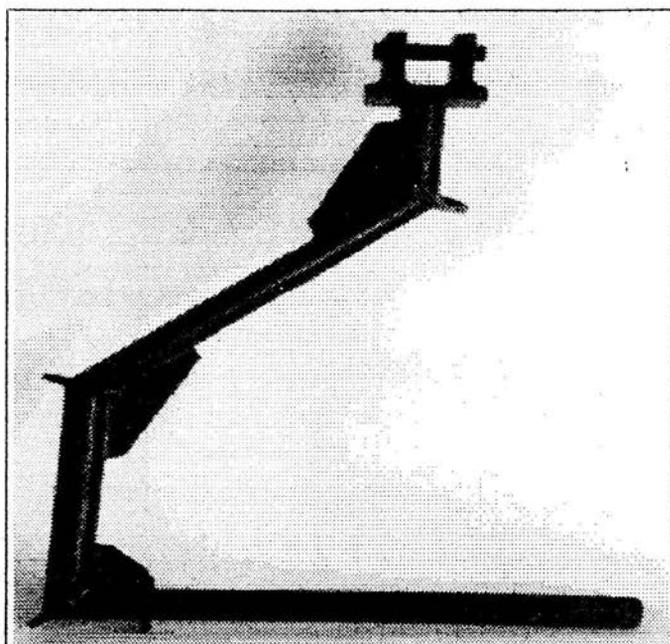


Figura 3.11 En la figura se muestra el gancho para carga de paneles de muro, se utiliza para la colocación de piezas hasta una altura de 3.00 m, para alturas mayores se utiliza la tenaza de sujeción y el apoyo de una grúa.

3.5 Ventajas y desventajas

Los elementos que componen el sistema constructivo con concreto celular son ligeros, por lo que es de fácil manejo en la obra e incrementa el rendimiento de la mano de obra lo que resulta en disminución del tiempo necesario para la ejecución de los trabajos, además el sistema constructivo reduce de manera significativa el uso de cimbras y el uso de concreto hidráulico, actividades que son comunes en los procesos tradicionales de construcción, la construcción hecha con concreto celular facilita el habilitado de huecos y ranuras para las instalaciones de los servicios.

Otras ventajas que presenta el concreto celular es el control de la temperatura interior de las construcciones gracias a las propiedades de aislamiento térmico que presenta, propiedad que es importante para el ahorro de energía principalmente en áreas geográficas en las que se necesita usar sistemas de refrigeración y calefacción.

La desventaja principal del sistema constructivo con concreto celular es la necesidad de aplicar sistemas de impermeabilización, ya que en caso contrario se pueden tener problemas con la aparición de humedad.

3.6 Usos

El sistema constructivo con concreto celular puede usarse en todo tipo de edificación, es un material apto para la construcción de sistemas de muros de bloques que presentan un comportamiento aceptable de resistencia a los esfuerzos de compresión y cortante requeridos en el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal.

Además es un material apto para la construcción de obras de tipo industrial y de vivienda de interés social, por lo que el sistema constructivo con concreto celular ha sido certificado por el Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT).

CAPÍTULO IV

Proceso constructivo con concreto celular.

El sistema constructivo con concreto celular es versátil y puede usarse en todo tipo de edificación, reduciendo las tareas tradicionales de habilitados de acero, uso de cimbras y colados de concreto hidráulico; permite con esto rapidez en la construcción, incrementando el rendimiento de la mano de obra lo que resulta en ahorro de recursos, algunos aspectos constructivos del sistema se mencionan a continuación.

4.1 Estudios preliminares.

Todo trabajo de edificación requiere de la elaboración de planos arquitectónicos y de instalaciones eléctricas, sanitarias e hidráulicas, en los que se dará detalle de las especificaciones de construcción y de materiales, además se indica si es necesario el uso de equipo complementario para las tareas de construcción o preparación de superficie.

Para iniciar los trabajos de construcción, es necesario efectuar los estudios pertinentes de costo, ya que cada obra se construye con una suma limitada de dinero, es necesario por esto analizar el costo probable de una obra, considerando los gastos necesarios para los permisos correspondientes.

4.2 Cimentación.

La construcción con el sistema constructivo de concreto celular, requiere de una cimentación que por lo general será del mismo tipo a la que se utiliza en los sistemas tradicionales de construcción; es recomendable que la cimentación se proyecte basados en estudios de mecánica de suelos que informen sobre las propiedades mecánicas del suelo; así mismo es recomendable la participación de ingenieros calificados que con su experiencia en la zona de construcción proponga el tipo de cimentación conveniente que proporcione estabilidad a la construcción y resulte económica.

El sistema constructivo con concreto celular, transmite las cargas de la estructura a la cimentación en forma similar a todos los sistemas constructivos; en zonas no sísmicas los muros no requieren de confinamiento a base de castillos y cerramientos.

En zonas sísmicas la cimentación propuesta es similar a la que se utiliza en los sistemas tradicionales de construcción, es decir que los muros son confinados con castillos y cerramientos.

Para el caso de cimentaciones en terrenos pantanosos, suelos compresibles y zonas de relleno es necesario proponer una cimentación rígida como una losa de cimentación.

4.3 Estructuración y montaje.

El proceso constructivo con concreto celular es todo un sistema que describe desde la construcción de la cimentación, muros de mampostería y paneles con acero de refuerzo para losas y muros; al igual que en los sistemas tradicionales de construcción se tienen muros divisorios y muros cargadores construidos a base de bloques, además de cerramientos prefabricados para los marcos de puertas y ventanas. En el caso de que sea necesario construir muros de sótano y muros de contención es recomendable el uso de concreto hidráulico reforzado. El montaje de los elementos del sistema constructivo se puede hacer en forma manual para el caso de los bloques de concreto celular, será necesario el uso de herramienta especial y grúa para la elevación de los paneles de muro y losas.

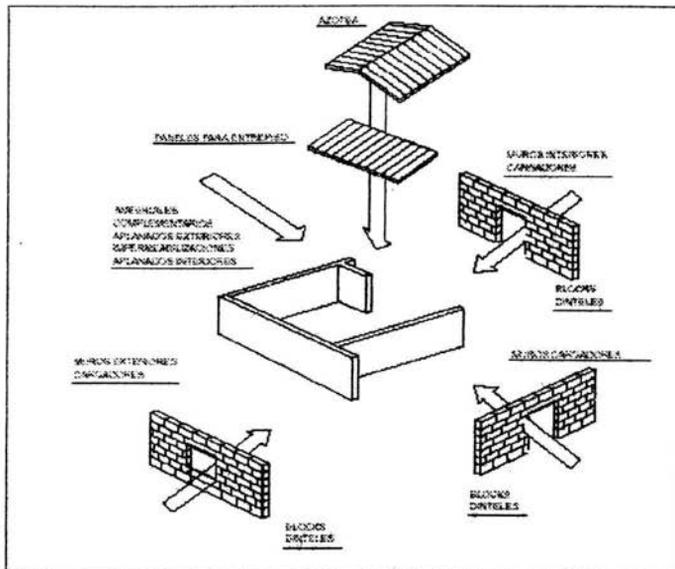


Figura 4.1 Sistema constructivo para proyectos habitacionales de concreto celular, compuesto de muros cargadores, muros interiores y paneles de losa.

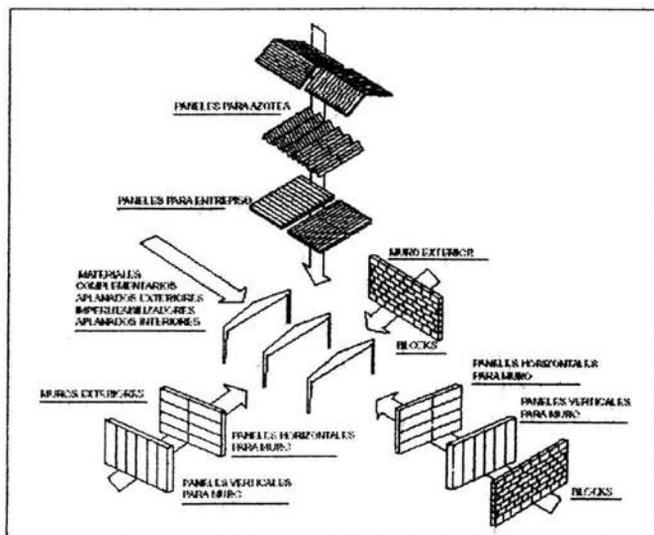


Figura 4.2 Sistema constructivo para proyectos industriales de concreto celular, sistema de estructura de soporte a base de marcos que se recubren con paneles armados para muro que pueden colocarse vertical u horizontalmente, como alternativa se utilizan muros de bloques de concreto celular.

La construcción con concreto celular requiere de las revisiones de reglamento y construcción locales, dependiendo de la ubicación geográfica donde se desarrolla la edificación; además deberán seguirse las especificaciones de diseño de las normas alemanas DIN y las recomendaciones del instituto alemán de construcción Zulassung. Para el diseño de las estructuras y valores de cargas de servicio se recomienda utilizar el Reglamento de Construcción del Distrito Federal y para las cargas por viento y regionalización sísmica las normas de la Comisión Federal de Electricidad.

NORMA	
DIN 1053	Diseño de muros de mampostería de concreto celular (baja densidad)
DIN 4223	Diseño de estructuras formadas con paneles de muro y de losa
ACI 318-90	Diseño de estructuras formadas con elementos de concreto reforzado
AISC 9th Ed.	Diseño de estructuras formadas con elementos de acero
CFE c.1.4.	Normas técnicas complementarias para diseño a estructuras expuestas al viento
CFE c.1.3.	Normas técnicas complementarias para diseño de estructuras expuestas a sismos.
RDF	Evaluación de cargas y requerimientos sísmicos en base al reglamento del Distrito Federal
Z2.1-5.1	Recomendaciones de diseño con paneles de losa para entrepiso
Z2.1-5.2	Recomendaciones de diseño con paneles de losa para azotea
Z2.1.-10.3	Recomendaciones de diseño con paneles para muros

Tabla 4.1 En la tabla se da referencia de las normas que se utilizan para el diseño de estructuras, basándose en el Reglamento de Construcción del Distrito Federal, normas DIN alemanas, Normas de construcción de la Comisión Federal de Electricidad y las recomendaciones del instituto Zulassung.

4.3.1 Firme de concreto.

El proceso constructivo requiere de un firme de concreto correctamente nivelado, el cual se refuerza utilizando malla electrosoldada cal. 6x6/10-10, es sobre este firme que se desplantan los muros de mampostería de bloques de concreto celular, en el caso de que el proyecto especifique una losa de cimentación, esta proporcionará la superficie adecuada para su desplante. Se recomienda cuidar en este proceso el alineamiento de fronteras perimetrales de la cimbra y la nivelación de la superficie.

Algunos o la totalidad de los servicios se embeberán en el firme o losa de cimentación, es recomendable que las distintas tuberías se puedan alojar ranurando los muros, por lo que las salidas se deben localizar dentro del espesor de los mismos, además las subidas deben localizarse lo más cerca posible al paño de salida previsto cuidando que la profundidad de la ranura no exceda de $1/3$ el espesor del muro.

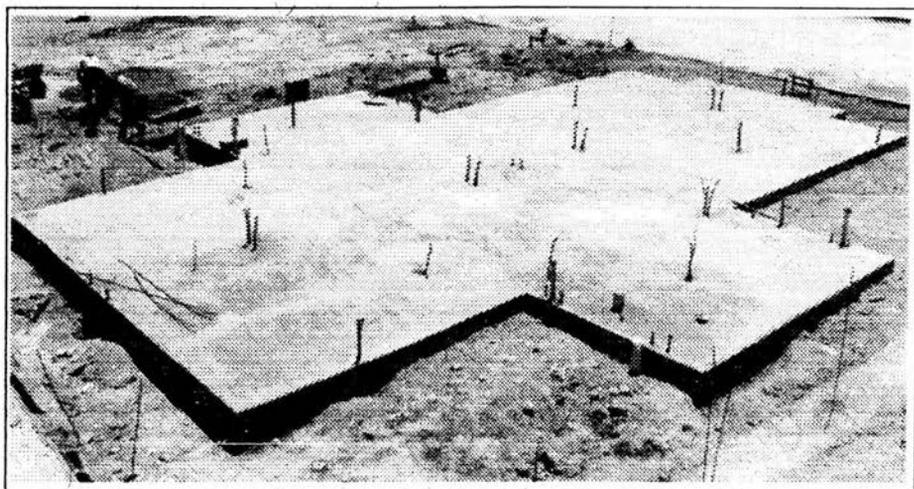


Figura 4.1 En la figura se observan las salidas de instalaciones que se encuentran embebidas en el firme de concreto reforzado, las salidas deben especificarse en planos.

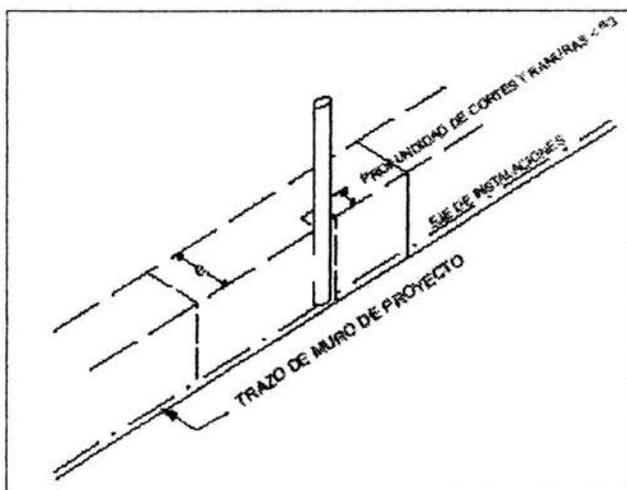


Figura 4.2 En la figura se ilustra la profundidad máxima que se puede ranurar en los bloques de concreto celular, se especifica que la ranura no debe exceder de $1/3$ del espesor del muro.

4.3.2 Protección contra la humedad.

Al desplantar los muros de bloque de concreto celular, debe tomarse en cuenta la humedad del suelo, ya sea por la presencia de un manto freático próximo a la superficie de desplante o humedad proveniente de escurrimientos; el control de humedad para este caso se realiza con la aplicación de una capa de polietileno o cartón asfáltico sobre una capa de asfalto que se pondrá sobre la primera hilada de bloques.

Además del uso de membranas plásticas y asfalto, se puede controlar la humedad desplantando la construcción a un nivel alejado de la humedad colando los firmes sobre una capa de grava y arena o impermeabilizando con membranas asfálticas los muros en zonas de contacto continuo con la humedad.

El concreto celular es un material resistente a la humedad, sin embargo los acabados como los aplanados de yeso, morteros, pinturas y texturizados si se ven afectados por lo que se debe analizar este aspecto y juzgar a criterio del

constructor la conveniencia de proteger contra la humedad la primera hilada de bloque, aplicando el sistema que considere apropiado.

El uso de protección contra la humedad es indispensable como en muros de sótano, muros próximos al manto freático y muros que se desplantan sobre superficies expuestas al agua; a criterio del constructor también será necesario protección contra la humedad en construcciones en zonas de escurrimiento o terrenos mal drenados, construcciones desplantadas a niveles inferiores a los de pavimento, banqueteta o terreno natural y en zonas de alta concentración de humedad como los muros de baños.

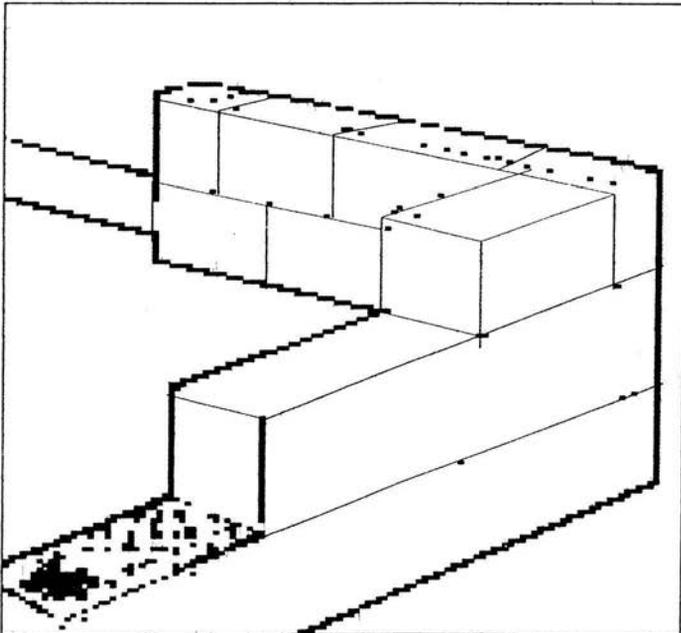


Figura 4.3 En la figura se ilustra la aplicación de membrana asfáltica en la primer hilada de bloques de concreto celular, esta protección puede ser del tipo asfalto oxidado o laminas impermeabilizantes de asfalto.

4.3.3 Manejo, desplante y colocación de bloques.

Los bloques de concreto celular deben almacenarse en un lugar cercano a la construcción sobre tarimas de madera, para evitar el contacto directo con el terreno, además se debe evitar manejos y transportes secundarios con la finalidad de tener mayor rapidez en el manejo. La colocación de la primera hilada de bloques se hace sobre una capa de mortero cemento arena en proporción 1:3, esta capa tendrá un rango de espesor de 1.00 a 5.00 cm con el fin de corregir imperfecciones posibles de la superficie de desplante, así mismo se recomienda que la colocación de los bloques se inicie por las esquinas del perímetro a construir, cada bloque de esquina se debe alinear y nivelar tomando en cuenta las referencias de alineamiento y bancos de nivel del terreno, ya que de esto depende que los muros presenten los niveles y la verticalidad deseada. En el caso de zonas no sísmicas el traslape con hiladas superiores de bloques debe asegurar comportamiento estructural.



Figura 4.4 En la figura se ilustra el procedimiento para el desplante de la primera hilada de bloque de concreto celular, colocando mortero cemento arena con espesor de 1.00 a 5.00 cm con el fin de corregir imperfecciones de la superficie de desplante.

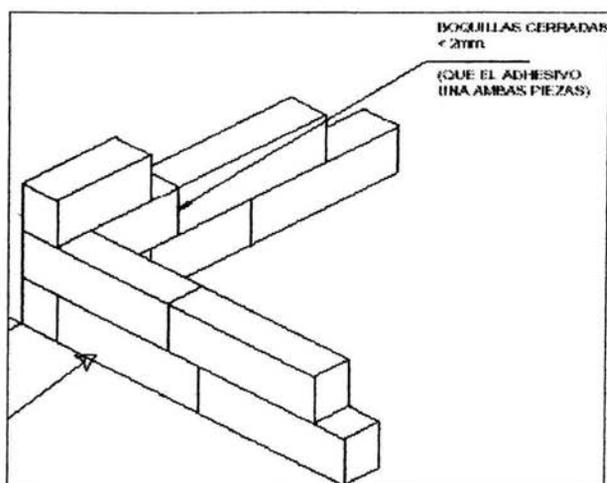


Figura 4.5 En la figura se muestra el traslape óptimo de los muros de bloque, para garantizar comportamiento estructural en zonas no sísmicas.

Para el caso de construcción con concreto celular en zonas sísmicas, los muros deben ser confinados por sistemas de castillos y cerramientos, para lograr un correcto amarre de los muros con los castillos se utilizan laminas conectoras de acero que se colocan a cada 40 cm, es decir a cada 2 hiladas de bloques de concreto celular.

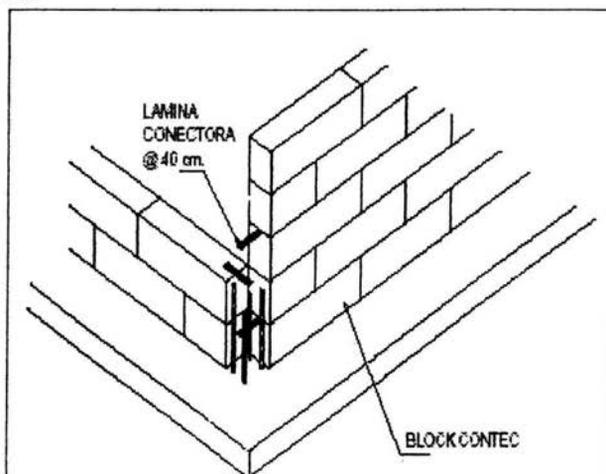


Figura 4.6 En la figura se muestra la forma correcta construcción de muros en zonas sísmicas, con el fin de asegurar un comportamiento estructural adecuado.

Para la adhesión de hiladas subsecuentes a la primera, se usa mortero adhesivo que se aplica con una cuchara de ancho igual al espesor del bloque de concreto celular que se está colocando, la consistencia del mortero debe ser tal que permita cubrir totalmente la superficie expuesta del bloque, debe fluir a través de los dientes de la cuchara y se obtiene en forma automática el espesor requerido de mortero adhesivo.

La consistencia del mortero se debe verificar a partir del aspecto de una capa del mismo aplicado sobre la superficie de un bloque, si el mortero escurre y desaparecen las estrías dejadas por la cuchara, se tiene exceso de agua y se puede corregir agregando más polvo; si por el contrario sucede que el mortero no cubre toda la superficie se requiere más agua para hacerlo fluir a través de los dientes de la cuchara, en cualquiera de estos dos casos es necesario batir la mezcla después de cada adición de material.

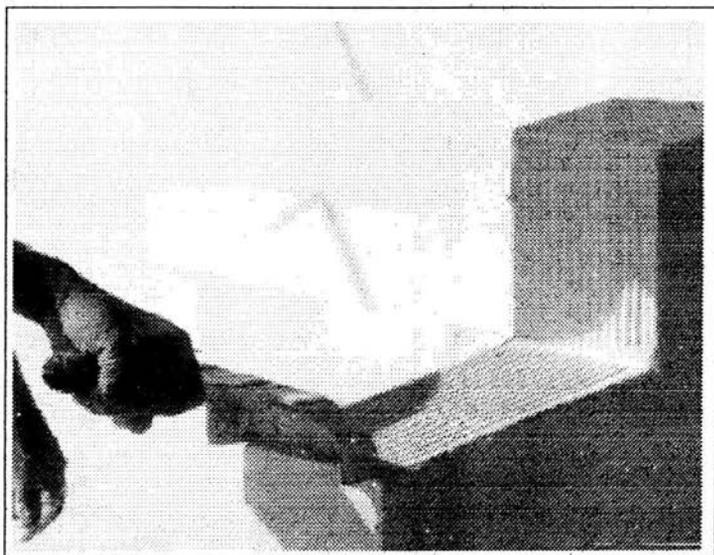


Figura 4.7 En la fotografía se muestra el procedimiento de aplicación de mortero adhesivo con la cuchara dentada, se observa la consistencia necesaria de la mezcla que garantiza el espesor requerido de mortero.

Previo a la colocación de bloque de la segunda hilada, se debe corregir toda imperfección de nivel en la primera hilada utilizando una llana con lija, y posteriormente la superficie se cepilla para eliminar polvo y partículas sueltas para garantizar una buena adhesión del mortero. Los bloques se unen con el mortero adhesivo en las caras verticales en la primera hilada y a partir de la segunda hilada en las caras verticales y horizontales. Cada bloque se debe asentar, alinear y nivelar con la ayuda de un mazo de goma y el nivel de mano, el espesor de juntas entre bloques, será de 1.00 mm a 2.00 mm aproximadamente, en este proceso se debe tener especial cuidado de limpiar correctamente de polvo y partículas que afectan la adhesión del mortero adhesivo, así mismo no es permitido el exceso del mismo en las juntas, ya que esto implica que los muros construidos queden desalineados y desplomados.

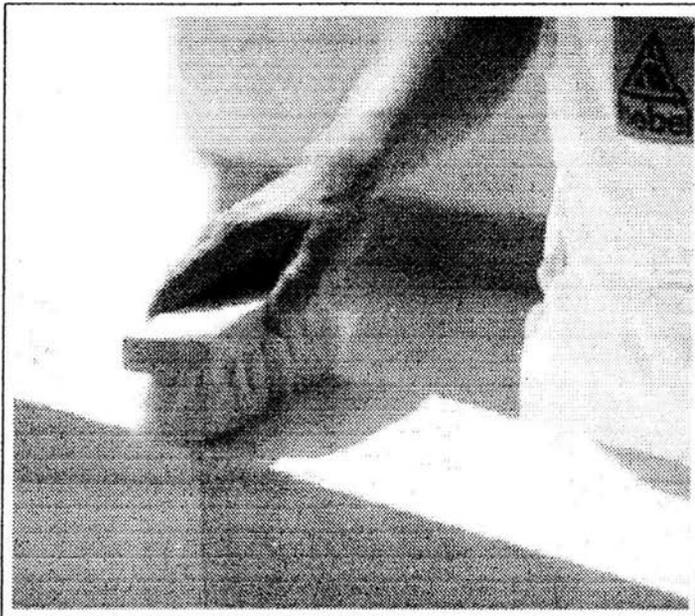


Figura 4.8 En la fotografía se muestra el cepillado de las piezas de bloque después de corregir las imperfecciones de nivel, el cepillado ayuda a limpiar de polvo y partículas sueltas que no permiten la correcta adhesión del mortero.

El acomodo de los bloques en hiladas sucesivas se hará traslapando un mínimo de 10.00 cm entre las boquillas verticales, los ajustes a estos se realizan mediante corte, ayudados por un serrucho y una escuadra; en forma similar los cortes se pueden hacer con sierra eléctrica lo que permite precisión y rapidez en los cortes; en los paños de huecos de muro, se recomienda que los ajustes sean de una longitud mínima de 10.00 cm, así mismo a medida que se avanza en la construcción de los muros se deberá verificar el alineamiento, plomos y niveles, además de retirar el exceso de mortero adhesivo de la superficie de los muros. Es recomendable modular la altura de muros a un múltiplo del peralte de los bloques.

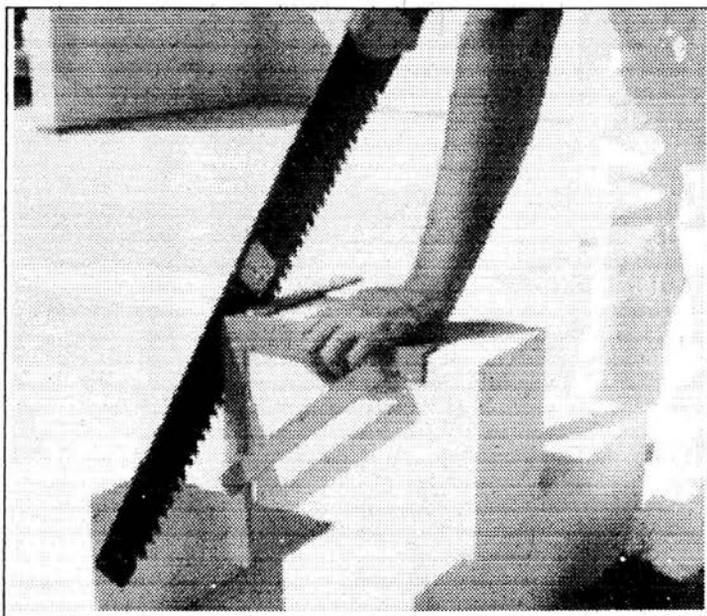


Figura 4.9 En la fotografía se muestra el proceso de corte de piezas de bloque, la facilidad que presenta el material para cortar ayuda a tener la precisión necesaria en los ajustes.

4.3.4 Construcción de muros interiores o secundarios.

En el sistema constructivo con concreto celular, la unión de muros interiores o secundarios con los muros principales, se puede hacer traslapando los bloques de ambos; adicionalmente se tiene la opción de construir los muros principales y dejar la preparación para conectar los muros secundarios con láminas de acero que se colocan a cada dos hiladas en los muros principales. Para el caso de zonas sísmicas, los muros interiores o secundarios se unen a los muros principales, se colocan láminas conectoras a cada dos hiladas que se integran al castillo de confinamiento.

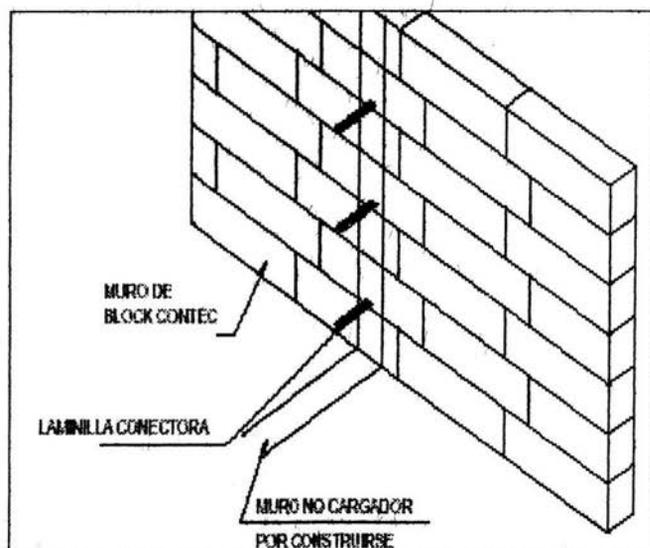


Figura 4.10 En la figura se muestra el uso correcto de láminas conectoras de muros principales con muros secundarios.

4.3.5 Juntas de unión con otros elementos constructivos.

El proyecto con concreto celular incluye juntas de control, éstas tendrán un ancho mínimo de 1.00 cm., se colocan láminas conectoras a cada dos hiladas, las cuales se deberán plegar en forma de " V" para permitir el movimiento de los muros en su plano. La unión de muros con elementos estructurales de concreto reforzado o metálicos, se hará usando láminas conectoras también a cada dos hiladas, como se muestra en la figura.

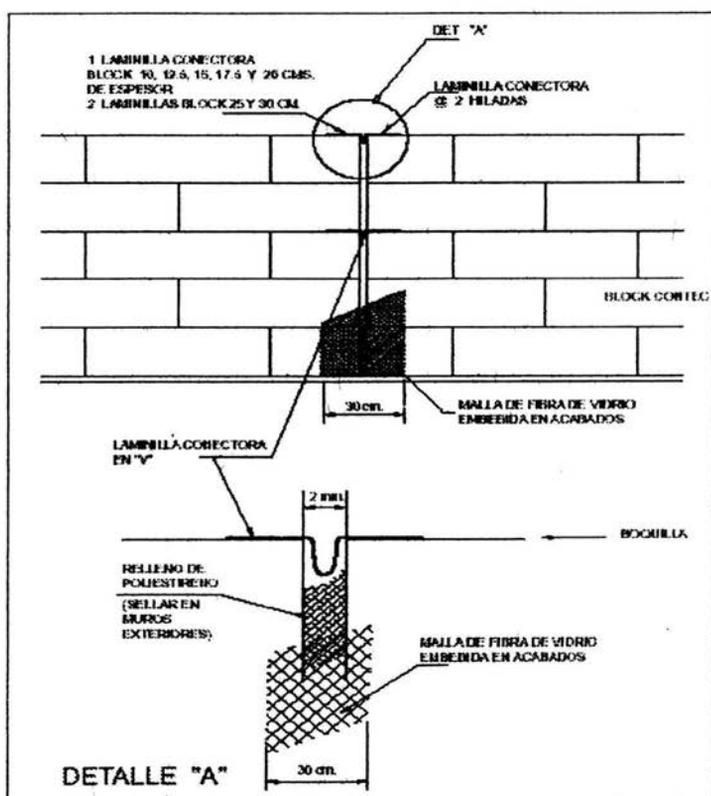


Figura 4.11 En la figura se muestra la forma en que se colocan láminas conectoras, con función de juntas de control.

4.3.6 Manejo y colocación de dinteles.

Los dinteles de concreto celular son elementos reforzados que se utilizan para cerramientos en huecos de puertas y ventanas, en obra deben permanecer almacenados sobre barrotes de madera evitando el contacto directo con el terreno, estos elementos se surten a la obra en las longitudes requeridas por el proyecto y se colocan usando mortero adhesivo; para la colocación se debe cuidar que las zonas de apoyo se encuentren en un mismo nivel, si se presenta desnivel en los puntos de apoyo, se hacen los ajustes necesarios con ayuda de la llana lija y la llana dentada, cuando se requiera de ajustes mayores se recomienda el uso de mortero cemento-arena en proporción 1:3 con un espesor mínimo de 1.00 cm, la longitud mínima de apoyo de los dinteles va de 11.50 cm para los no cargadores y de 25.00 cm para los dinteles de carga en claros que van desde 1.25 m hasta 1.50 m, en caso de que la longitud exceda estas dimensiones se recomienda efectuar el cerramiento con concreto hidráulico reforzado de 200 kg/cm², en el proceso de obra las longitudes de apoyo se marcan sobre los muros, el montaje de estos elementos se efectúa manualmente.

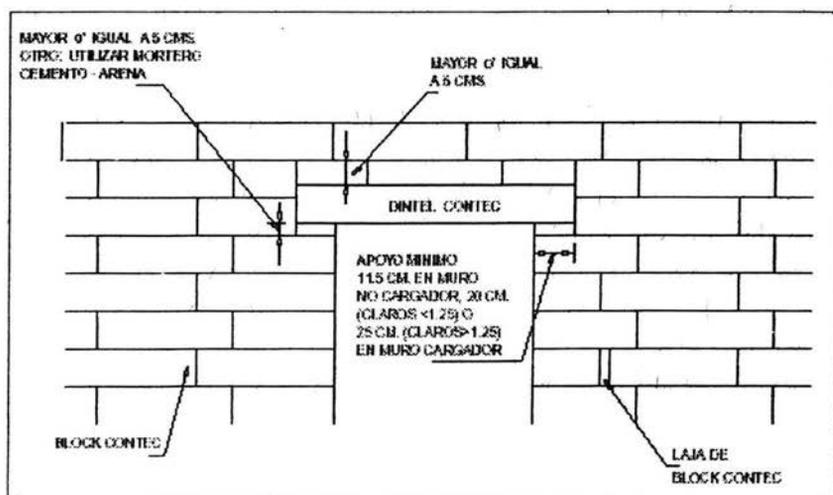


Figura 4.12 En la figura se ilustra un ejemplo de colocación de dinteles de concreto celular reforzado, se muestran las longitudes mínimas de apoyo requeridas.

4.3.7 Manejo y montaje de paneles de losa.

Los paneles de losa son elementos de concreto celular con acero de refuerzo, se almacenan sobre barros o tarimas de madera evitando el contacto directo con el terreno, los paneles se fabrican en las longitudes requeridas por el proyecto por lo que es necesario la exactitud de los trabajos de construcción de muros en donde se soportan, un panel no debe ser cortado en el sitio de la obra; el apoyo de los paneles de losa es sobre elementos cargadores de bloque o sobre cerramientos de concreto hidráulico reforzado, en todos los casos se apoyan libremente sin la necesidad de mortero adhesivo. Para el montaje de los paneles es necesaria la ayuda de una grúa, se debe cuidar que los apoyos se encuentren correctamente nivelados, de igual manera se deben trazar sobre los muros su posición final tomando en cuenta la longitud mínima de apoyo en el sentido de carga y traslape sobre los elementos en la dirección no cargadora. El montaje de los elementos inicia por un extremo de la superficie de azotea, este panel sirve de guía para la colocación de los siguientes, después de colocar los paneles se procede al habilitado de acero de refuerzo con varillas de 3/8" de diámetro en las juntas longitudinales y anillo perimetral de la losa, las juntas longitudinales se llenarán con mortero cemento arena 1:3 y el anillo perimetral con concreto hidráulico de resistencia 200 kg/cm².

Se recomienda que para el izaje de los paneles de losa y la instalación en su sitio se realice con ayuda de la tenaza de sujeción de paneles, así mismo se requiere de una cuadrilla de un oficial y cuatro ayudantes para las maniobras de colocación de los elementos.

Durante el proceso de colocación es necesario cuidar que se cumplan las longitudes mínimas de apoyo, además es de gran importancia considerar las medidas de seguridad necesarias durante las maniobras de la grúa y el equipo de izaje de los elementos.

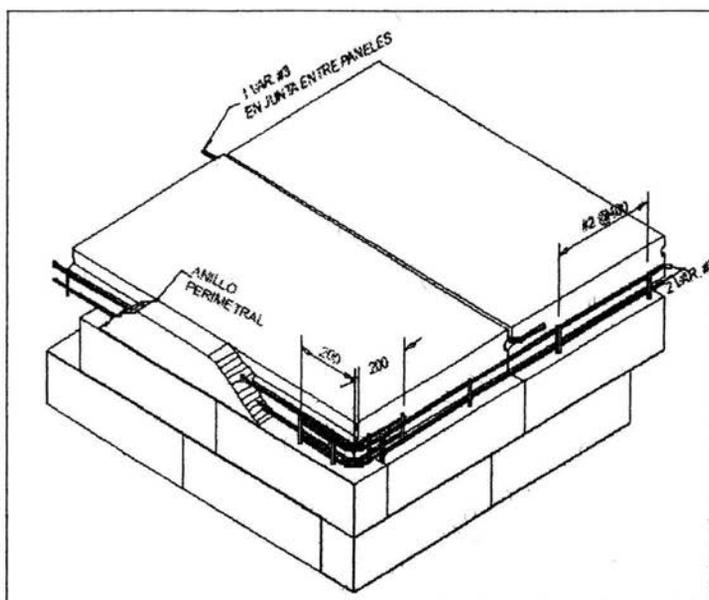


Figura 4.13 En la figura se observa un ejemplo de armado de anillo perimetral, compuesto de 2 varillas de 3/8 " de diámetro y el armado de las juntas longitudinales que con una varilla de 3/8" de diámetro.

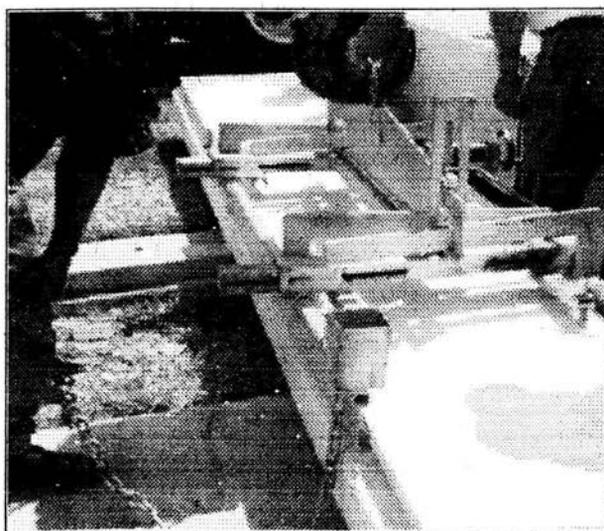


Figura 4.14 En la fotografía se muestra la colocación de la tenaza, herramienta útil para el izaje de paneles de concreto celular con acero de refuerzo.

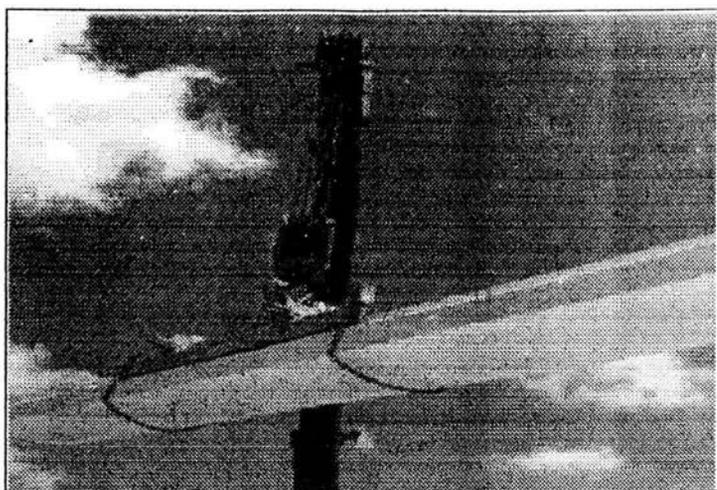


Figura 4.15 En la fotografía se muestra el proceso de izaje de paneles de losa con ayuda de una grúa.



Figura 4.16 En la fotografía se muestra la descarga del panel en su sitio final, los elementos durante el transporte en la grúa deben asegurarse en forma adecuada para evitar posibles accidentes.



Figura 4.17 En la fotografía se muestra la colocación de paneles consecutivos, apoyados sobre muros de bloque de concreto celular.



Figura 4.18 En la fotografía se muestra el aspecto de una losa formada por paneles de concreto celular con acero de refuerzo.

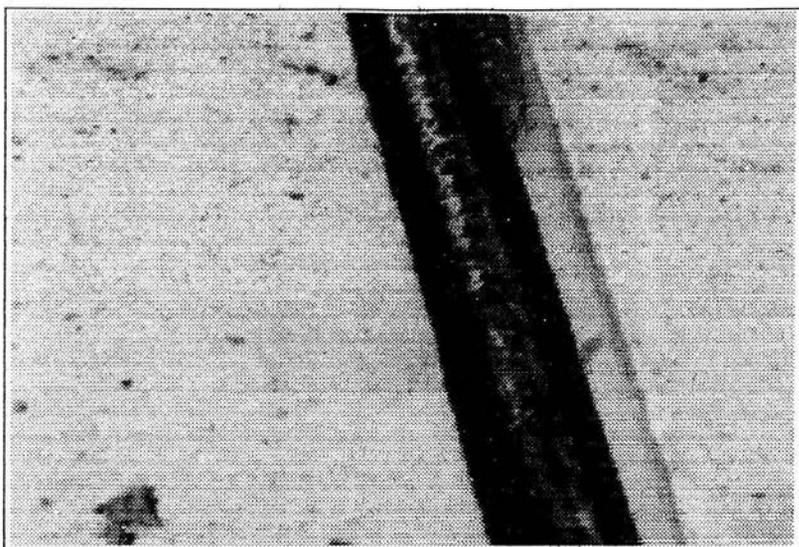


Figura 4.20 En la fotografía se muestra la colocación del acero de refuerzo en las juntas longitudinales de unión de paneles, estas juntas se llenan con mortero cemento-arena proporción 1:3.



Figura 4.21 En la fotografía se ilustra el habilitado de acero de refuerzo en anillo perimetral, armado con dos varillas de 3/8" de diámetro, el anillo perimetral se llena con concreto hidráulico de 200 kg/cm².

4.3.8 Manejo y colocación de peldaños de escalera.

Como todos los elementos de concreto celular los peldaños de escalera se deben almacenar en la obra sobre tarimas de madera, evitando el contacto directo con el terreno, para el montaje de peldaños de escalera es necesario un mínimo de longitud de apoyo de 5.00 cm en ambos extremos, para su colocación se utiliza mortero adhesivo, verificando que los niveles en los apoyos correspondan, en caso contrario se colocaran con mortero cemento-arena 1:3. Para su colocación, los bloques de muro se cortan para ajustar las zonas de apoyo en peralte y longitud, las piezas de ajuste deben ser independientes; no se debe utilizar piezas de ajuste cortadas en " L " ; el peralte estándar de los peldaños es de 17.50 cm para peraltes mayores se utilizan juntas de mortero cemento-arena proporción 1:3 entre cada peldaño, estos se colocan manualmente y se nivelan con la ayuda del mazo de goma y el nivel de mano.

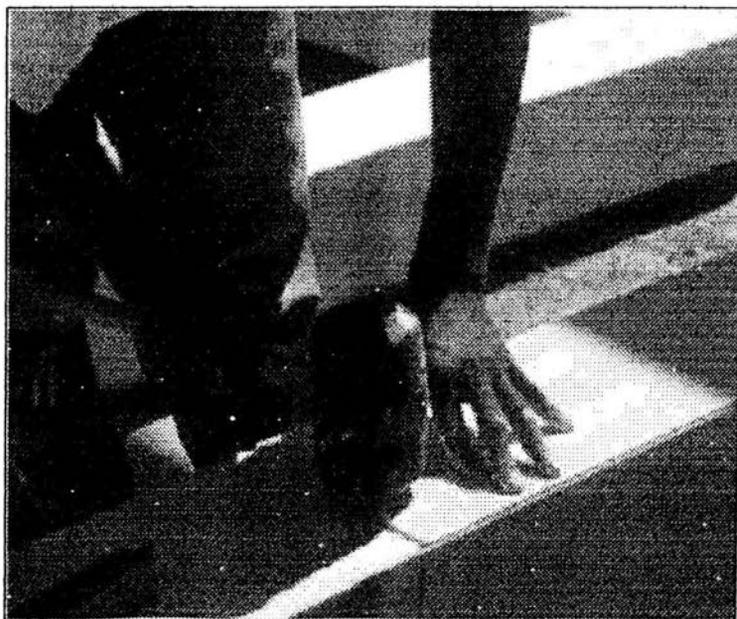


Figura 4.22 Se muestra en la fotografía los ajustes de nivel requeridos para el apoyo de peldaños de escalera, para esta actividad se utiliza el mazo de goma.

4.4 Instalaciones eléctricas

Las preparaciones para instalaciones en los muros de bloque y paneles de losa de concreto celular, se hacen con procedimiento de corte manual o mecánico; es un material fácil de cortar lo que se traduce en rapidez de los trabajos y ahorro en costos de mano de obra.

Las instalaciones que se alojaran en los muros de bloques y paneles de concreto celular son similares a las que se utilizan en los sistemas tradicionales de construcción, el sistema constructivo con concreto celular recomienda que en las instalaciones eléctricas se consideren los siguientes puntos.

- ⇒ Se pueden alojar tuberías de diámetro menor o igual a 13 mm en el lecho inferior de los paneles de losa a través de ranuras que corren en el sentido longitudinal del panel, en el sentido transversal la longitud de ranura no debe exceder de $\frac{1}{2}$ del ancho del panel.
- ⇒ Las ranuras que alojaran tuberías de ducto de instalación eléctrica no se deben realizar por la parte superior del panel en el sentido transversal, las tuberías que tengan un diámetro menor o igual a 25 mm, se pueden alojar a través de las nervaduras de corte por la parte superior del panel.
- ⇒ Para las tuberías de diámetro mayor a 25 mm, se puede ensanchar la junta longitudinal entre paneles por la parte inferior de los mismos.
- ⇒ Antes de efectuar cualquier ranura, se recomienda la revisión de las salidas de las instalaciones eléctricas ubicando alturas y distancias, trazando en los muros y paneles la ubicación exacta de las mismas.
- ⇒ No es recomendable en ningún caso ranurar por la parte superior de paneles de losa.
- ⇒ Los trabajos de corte para las ranuras se harán con ranurador manual o mecánico, no se debe utilizar herramienta de percusión para la ejecución de estas actividades.

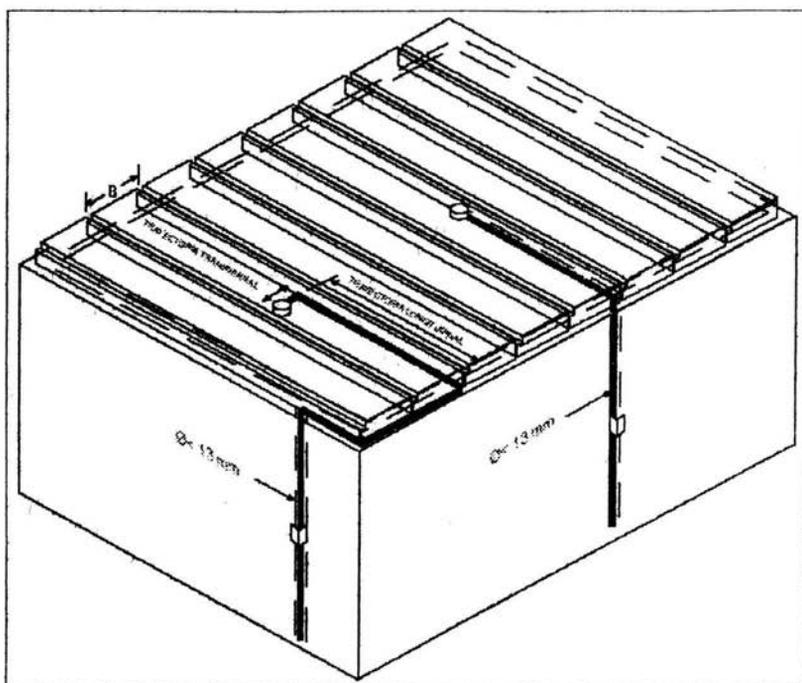


Figura 4.23 En la figura se muestra una forma correcta de ranuras en muros y paneles de losa .

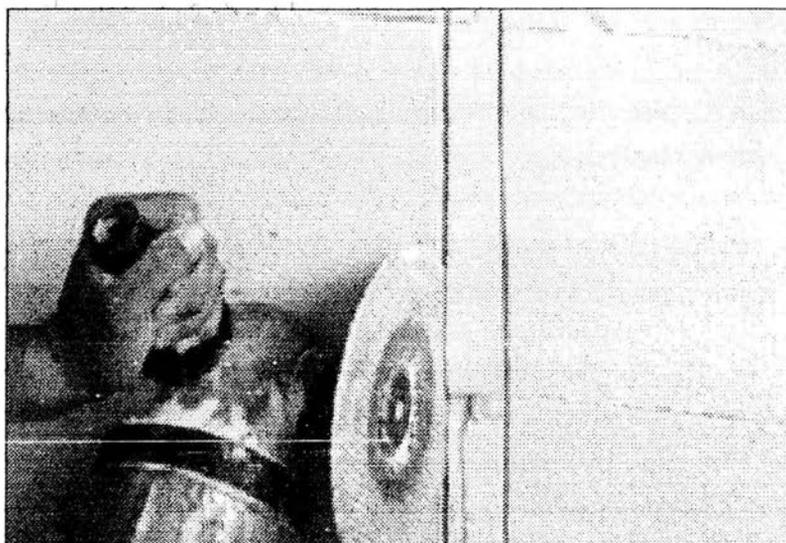


Figura 4.24 En la fotografía se muestra el proceso de corte con un ranador mecánico de disco.

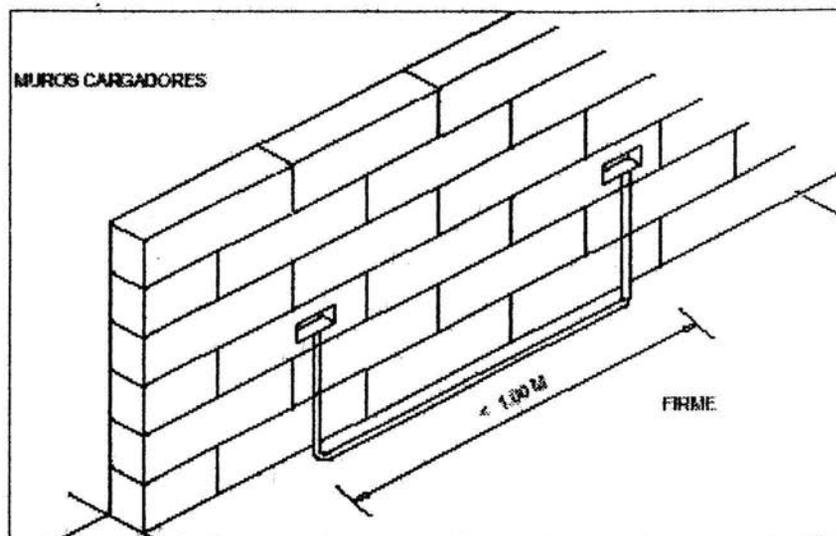


Figura 4.25 En la figura se ilustra la forma correcta de ranuras en muros de bloque de concreto celular, la distancia horizontal de las ranuras no debe exceder de 1.00 m.

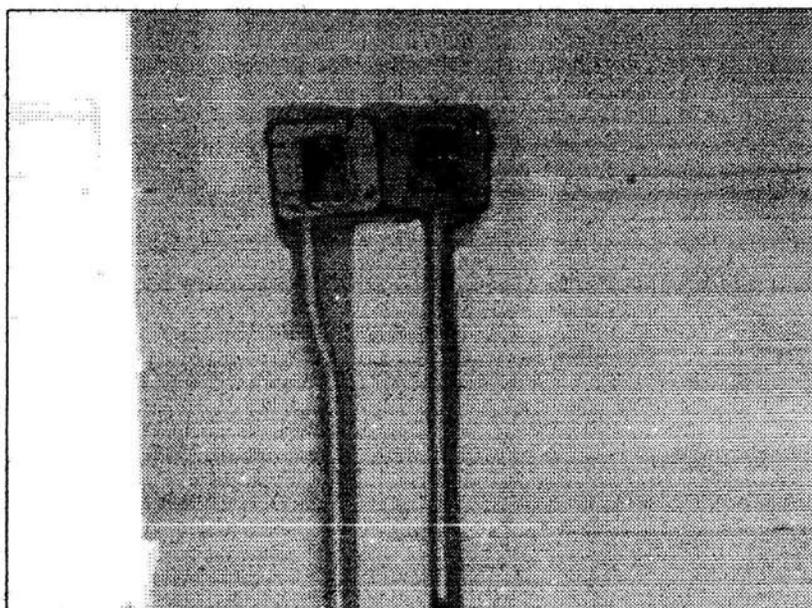


Figura 4.26 En la fotografía se muestra el aspecto de las instalaciones eléctricas embebidas en muros de bloque de concreto celular.

4.5 Instalación hidrosanitaria.

La instalación hidrosanitaria en el sistema constructivo con concreto celular, también tiene restricciones en el sentido de la profundidad de las ranuras en bloques y paneles, las principales son las siguientes.

- ⇒ La instalación de las tuberías de instalación hidráulica y sanitaria para la planta baja serán embebidos en el firme de concreto cuidando de proporcionar las pendientes mínimas de diseño para su correcto funcionamiento.
- ⇒ Para las instalaciones sanitarias e hidráulicas que se proyectan en niveles superiores y que se colocan por encima del panel de concreto celular, se construye un escalón o nivel de piso con relleno ligero arriba del panel, para ocultar las respectivas líneas de conducción con sus pendientes especificadas.
- ⇒ En medio del panel se dejan secciones de losa sólida o losa aligerada que permita ahogar instalaciones.
- ⇒ Para los casos en los que se proyecta colocar las tuberías por debajo del panel, se debe colgar las tuberías con la ayuda de tensores que se amarran a las varillas de refuerzo de la junta de paneles.
- ⇒ Las tuberías de diámetros mayores se alojan en los muros haciendo cortes en el bloque, los espacios que se generan entre el hueco y la tubería se rellenan con mortero cemento-arena en proporción 1:3, o en su caso concreto hidráulico, se recomienda un mínimo de 15 mm de mortero alrededor de las bajantes pluviales y sanitarias con el fin de lograr un aislamiento acústico adecuado.

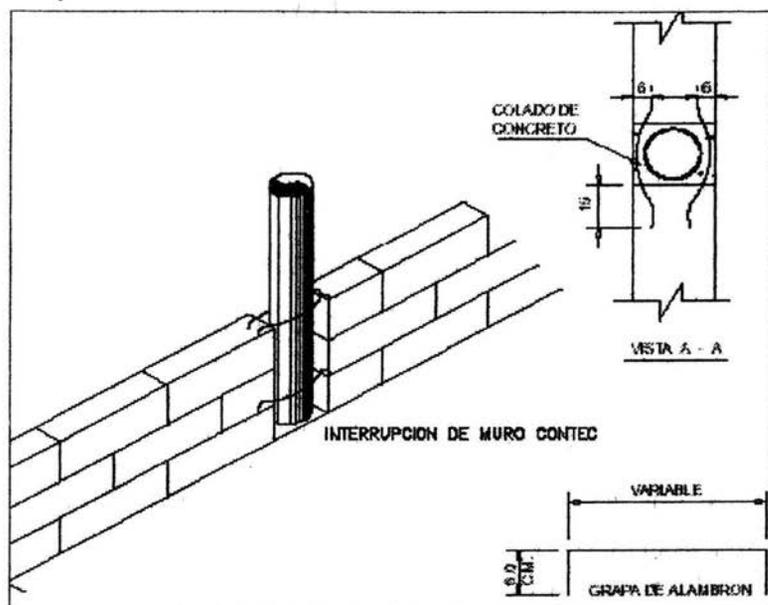


Figura 4.27 En la figura se ilustra en perspectiva la forma correcta de instalación de ductos mayores, como las bajadas de aguas pluviales.

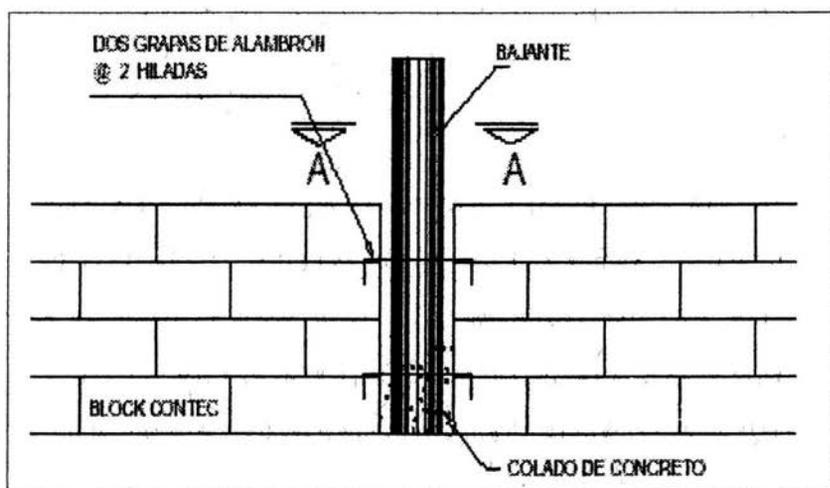


Figura 4.28 En la figura se ilustra en corte la forma correcta de instalación de ductos de diámetros mayores, como las bajadas de aguas pluviales.

En los casos de que se afecte el acero de refuerzo de los paneles de losa de concreto celular, se permite el corte de solo una de las varillas del refuerzo longitudinal en la cara inferior del panel, se recomienda que la colocación de los muebles sanitarios se ubiquen lo más próximo posible al sitio de las bajantes pluviales y sanitarias de proyecto.

Las tuberías de diámetro mayor de 13.00 mm., pueden alojarse en las juntas longitudinales entre panel y panel, en la cara superior de la losa, las tuberías se sujetan a las paredes de la ranura; para las tuberías que tienen un diámetro mayor a 25.00 mm., se deberá ensanchar la junta longitudinal. Las tuberías de diámetros mayores se alojan mediante perforación y corte de los paneles de losa respetando los límites de corte en el sentido transversal de huecos no mayores de 110 mm de diámetro.

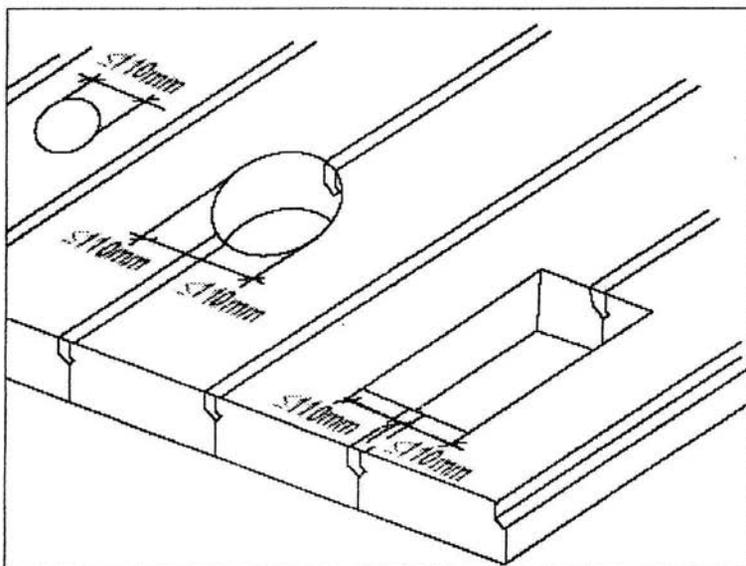


Figura 4.29 En la figura se ilustra el ancho y diámetro máximo de perforación de huecos en los paneles de losa de concreto celular, la cual no debe exceder de 110 mm de ancho o diámetro.

En el caso de que el proyecto prevea el paso de ductos de mayor dimensión, si la dimensión máxima del hueco no excede del espesor del muro se procede al ajuste de piezas de bloque para acomodar el hueco, estos casos se presentan al proyectar un ducto de instalación de aire acondicionado o en la salida de descarga hidrosanitaria.

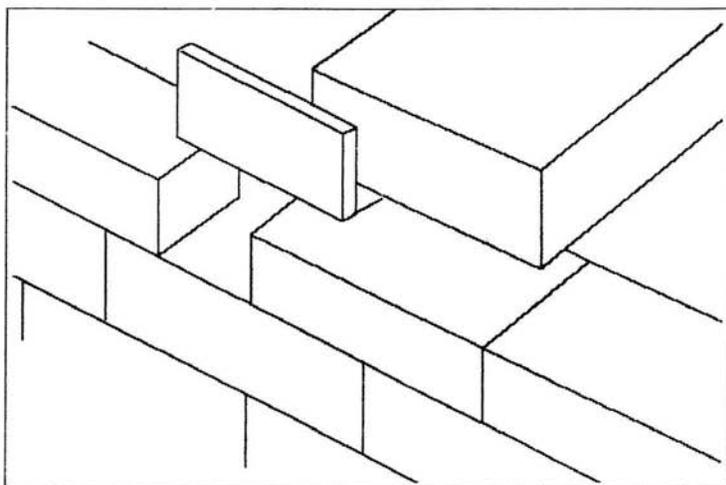


Figura 4.30 En la figura se muestra el acomodo de los bloques de concreto celular para habilitar huecos de dimensiones mayores en los que se alojan instalaciones de aire acondicionado o descargas hidrosanitarias.

4.6 Acabados

Los acabados en todo tipo de construcción, son uno de los componentes más importantes ya que se trata de la apariencia final de la edificación, para el sistema constructivo en el que se usa concreto celular es importante tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- ⇒ Los acabados que se proyecten colocar en muros de concreto celular, deben ser compatibles con el material, la resistencia a compresión de los mismos no debe exceder de 80 kg/cm^2 .

- ⇒ El acabado debe cumplir con la función de impedir el paso de la lluvia o la humedad, además debe ser permeable al vapor de agua, permitiendo que el muro respire y garantice la pérdida de humedad del concreto celular.
- ⇒ El acabado debe ser durable y resistente a la intemperie, además debe ser de fácil colocación.
- ⇒ Los muros y paneles de concreto celular, son capaces de recibir cualquier tipo de acabado como pinturas vinílicas, papel tapiz y productos texturizados, así como la gran variedad de azulejos, pisos cerámicos, canteras y mármoles que se tienen en mercado.

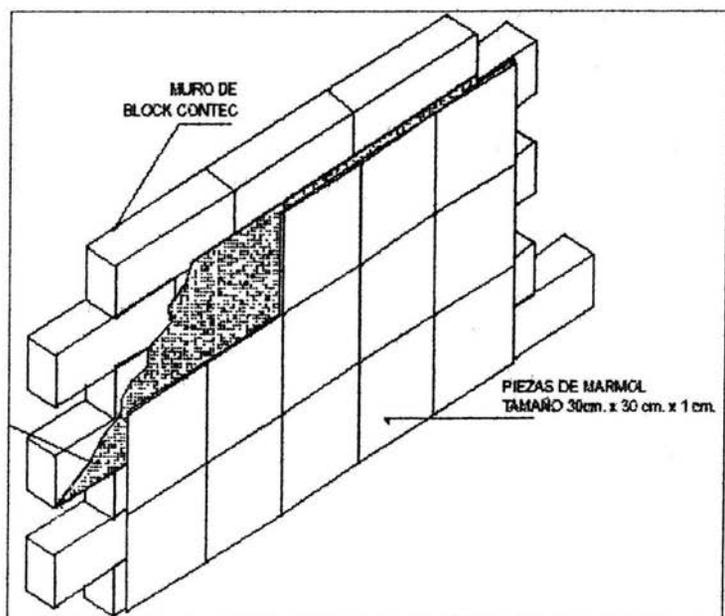


Figura 4.31 En la figura se muestra un detalle de colocación de mármol de espesor mayor de 1.00 cm sobre muro de bloques de concreto celular.

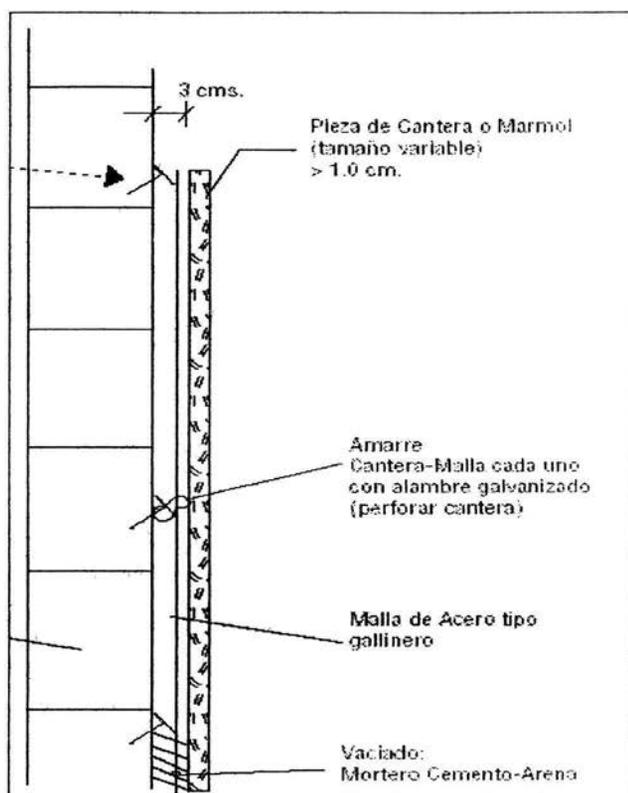


Figura 4.32 En la figura se muestra un detalle de colocación de mármol de espesor mayor de 1.00 cm sobre muro de bloques de concreto celular.

4.7 Impermeabilización.

El final del proceso constructivo para la construcción de una edificación, es la impermeabilización, las superficies de losa expuestas a la lluvia, deben recibir un acabado de impermeabilización adecuado que puede ser cualquier sistema usado en la construcción, en losas planas debe considerarse la colocación de una capa de mortero cemento-arena con proporción 1:3 para dar pendiente hacia los drenes y sobre esta capa colocar el sistema de impermeabilización que puede ser del tipo de emulsiones asfálticas con refuerzo de malla poliéster o del tipo de

manto prefabricado bituminoso que manejan todas las marcas de impermeabilizantes del mercado.

El sistema de impermeabilización se debe extender sobre los pretilos perimetrales; para la colocación de cualquier sistema de impermeabilización es necesaria la limpieza de la superficie para garantizar la adherencia del material impermeabilizante con la misma así como la asesoría de personal capacitado en el uso de los sistemas de impermeabilización.

4.8 Mantenimiento.

En el aspecto del mantenimiento no se recomienda nada especial para el cuidado de la vivienda y lo que llegue a necesitar será de igual forma lo que necesite una construcción hecha con sistemas tradicionales de construcción, teniendo especial atención y cuidado en la impermeabilización de áreas expuestas a la humedad debido a su baja resistencia a ésta, pudiendo presentarse filtraciones en muros y losas.

Por el buen comportamiento térmico en la mayoría de los casos no se requiere de equipos de calefacción y aire acondicionado, ahorrando los costos de mantenimiento de estos equipos.

CAPÍTULO V

Comparativo costo – tiempo.

La finalidad de este trabajo es verificar y comprobar la diferencia que existe en costo-tiempo del sistema constructivo con concreto celular con respecto a un sistema tradicional de construcción, por tal motivo se elaboran dos presupuestos de una casa habitación del tipo de interés social, la casa cuenta con dos niveles de construcción donde se propone que en los dos sistemas se tenga el mismo tipo de acabados e instalaciones, siendo diferentes solamente en el proceso constructivo de construcción de muros y losas con las especificaciones y cantidades de cada sistema.

A continuación se describe la casa que se pretende presupuestar:

Tipo: Casa habitación de dos plantas

Lugar : Iztapaluca, Estado de México

Área de construcción : 54 m²

Distribución : Baño
 Cocina
 Estancia
 Patio de servicio
 Recámara 1
 Recámara 2

Acabados : Pisos
 Azulejo en baños
 Muros interiores
 Aplanado de yeso
 Pintura vinílica en muros
 Muros exteriores
 Aplanado de mortero cemento arena
 Pintura vinílica

Plafones

Aplanado de yeso

Tirol rústico

Pintura vinilica

Ventanería

Ventana de aluminio anodizado de 1.20 x1.20 m

Ventana de aluminio anodizado de 1.50 x 1.20 m

Puerta de aluminio y vidrio de 1.00 x 2.18 m

Carpintería

Puerta de tambor de pino de caobilla

Muebles de baño

Lavabo

W. C.

Accesorios para baño

Accesorios eléctricos

Chalupas

Contactos

Apagadores

Centro de carga

Tubo conduit flexible

Cable THW, cal. 12

Cable THW, cal 10

Tablero de control

Impermeabilización

Azotea

Microlastic festerflex

5.1 Presupuesto para casa habitación con concreto celular.

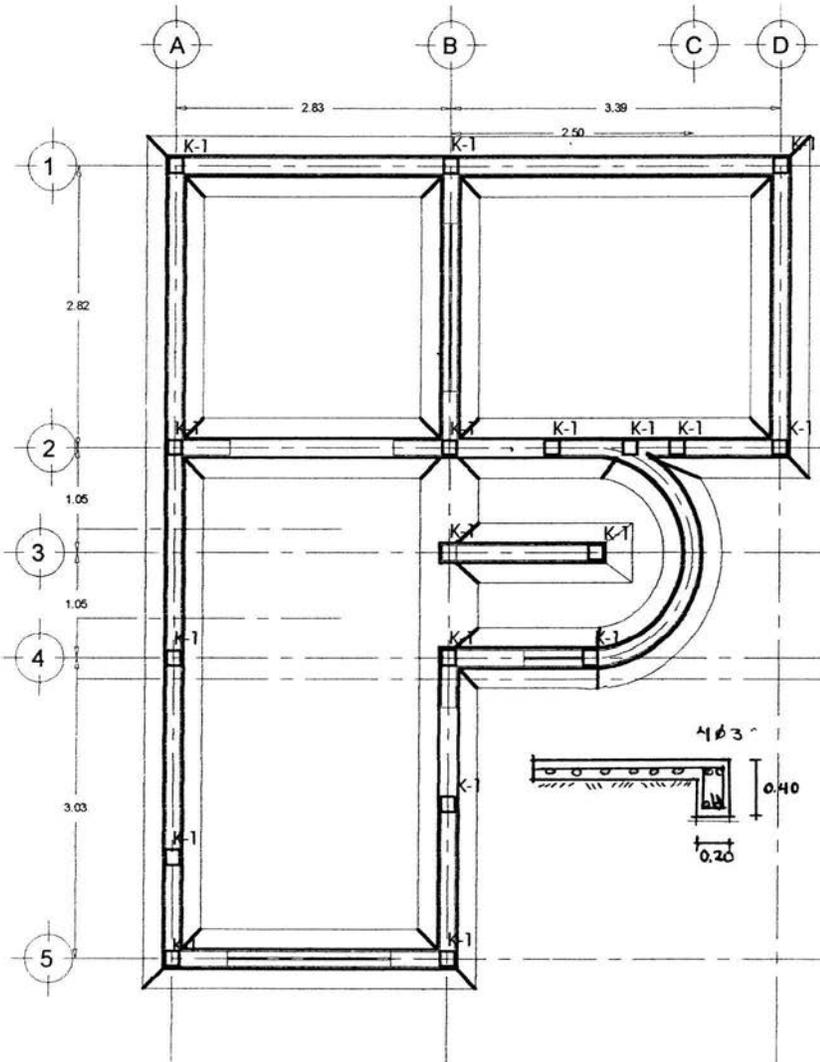
Este presupuesto fue elaborado con el fin de conocer el costo de una casa habitación de interés social, con apoyo de la empresa CONTEC MEXICANA, de donde se facilitó la información suficiente para presupuestar la construcción con el sistema constructivo de concreto celular.

- ⇒ Los precios que se utilizaron de los materiales y que participan para conformar el trabajo fueron cotizados los de mercado.
- ⇒ Se proporcionaron los rendimientos de mano de obra que utiliza la empresa en la elaboración de presupuestos.
- ⇒ Los factores de salario real son :

Salario igual al mínimo ayudantes	: 1.656
Ayudante general	: 1.6639
Oficial	: 1.6257
Cabo	: 1.6100
Ingeniero	: 1.5970
- ⇒ La empresa CONTEC MEXICANA maneja un indirecto de 30%
- ⇒ El importe correspondiente al IVA es del 15 %

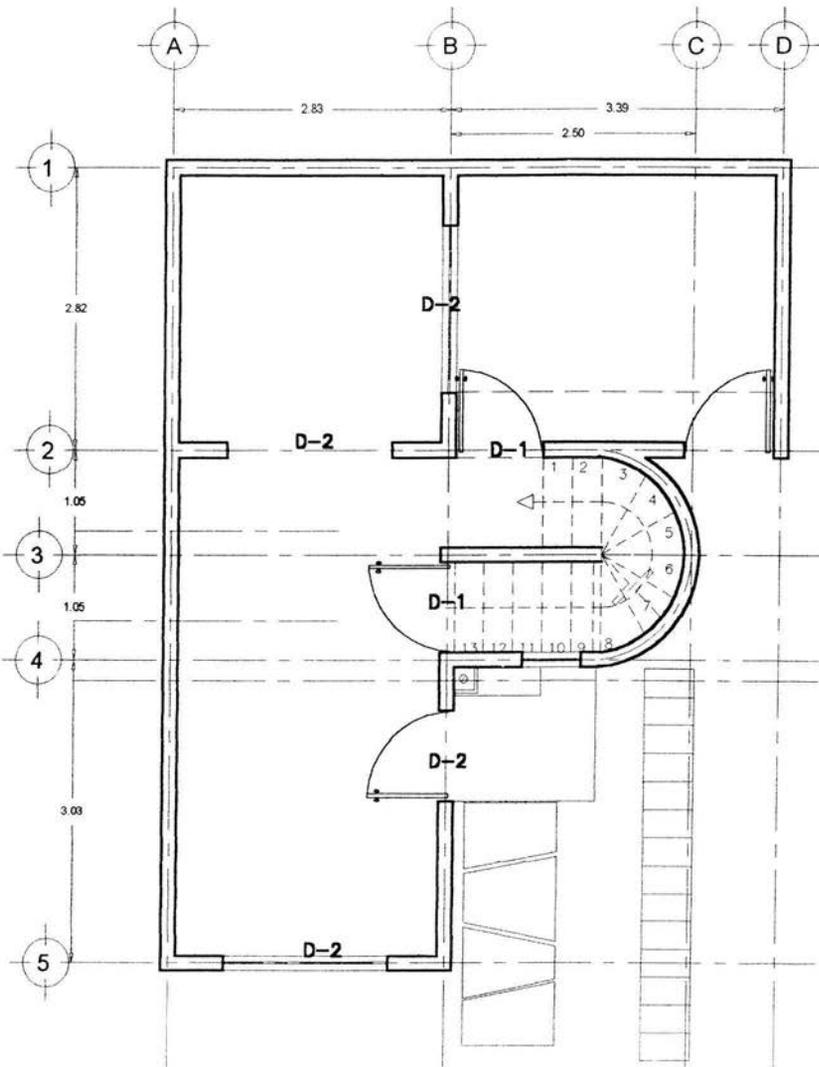
A continuación se presenta la distribución de la casa, posteriormente se desglosa el presupuesto por conceptos, partidas, programación y gran total.

* Actualmente para el cálculo de Factor de Salario Real se consideran las categorías del personal de acuerdo a su salario base.



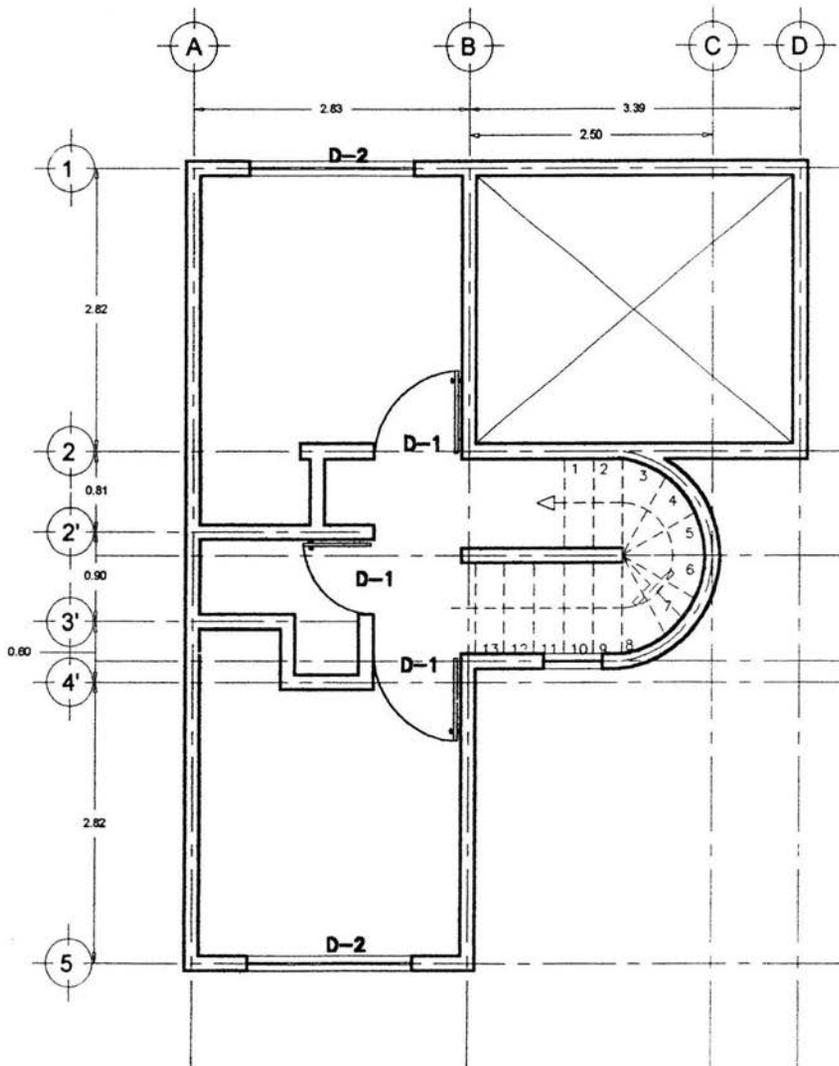
PLANTA CIMENTACIÓN

CAPÍTULO V.-COMPARATIVO COSTO TIEMPO
SISTEMA CONSTRUCTIVO CON CONCRETO CELULAR



PLANTA BAJA

CAPÍTULO V.-COMPARATIVO COSTO TIEMPO
SISTEMA CONSTRUCTIVO CON CONCRETO CELULAR



PLANTA ALTA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO					
ENEP ACATLAN		INGENIERÍA CIVIL			
DESCRIPCIÓN: PRESUPUESTO DE OBRA CASA SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN CONCRETO CELULAR					
Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe	%
01.-TRABAJOS PRELIMINARES					
Trazo y nivelacion con equipo topográfico, estableciendo ejes de referencia y bancos de nivel, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta. (Hasta 500 m2)	M2	60.0000	3.93	235.80	0.12%
Limpia y desyerbe del terreno, incluye: quema de yerba, y acopio de basura, mano de obra, equipo y herramienta.	M2	60.0000	5.02	301.20	0.16%
Despalme de 10 cm. de espesor de capa vegetal a maquina, incluye: mano de obra, equipo y herramienta.	M2	50.0000	5.32	266.00	0.14%
Excavación de cepa, por medios manuales de 0 a -2.00 m, en material tipo II, zona A, incluye: mano de obra, equipo y herramienta	M3	2.8800	113.04	325.56	0.17%
Tuberia de 15 cm. de diámetro de concreto simple, asentado con mortero cemento arena 1:4, incluye: materiales, acarreo, trazo, nivelación, junteo, pruebas, mano de obra, equipo y herramienta.	M	8.0000	78.73	629.84	0.33%
Cama de arena de 5 cm. de espesor para colocación de tubo de concreto en el fondo de la excavación	M3	0.4800	196.36	94.25	0.05%
Relleno con material producto de la excavación, compactado con bailarina al 90% proctor, adicionando agua, incluye: mano de obra, equipo y herramienta.	M3	2.5500	75.13	191.58	0.10%
Registro de 0.40x0.60x1.00 m. de muros de tabique rojo recocido, asentado con mezcla cemento arena 1:5, con aplanado pulido en el interior, con tapa de 5 cm. de espesor de concreto de F'c=150 kg/cm2, con marco y contramarco comercial, piso de 8 cm. de espesor de concreto de F'c=150 kg/cm2, incluye: materiales, acarreo, excavación, mano de obra, equipo y herramienta.	PZA	2.0000	957.63	1,915.26	1.01%
TOTAL PRELIMINARES				3,959.49	2.09%

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO					
ENEP ACATLAN		INGENIERÍA CIVIL			
DESCRIPCIÓN: PRESUPUESTO DE OBRA CASA SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN CONCRETO CELULAR					
Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe	%
02.- CIMENTACION					
Excavación de cepa, por medios manuales de 0 a - 2.00 m, en material tipo II, zona A, incluye: mano de obra, equipo y herramienta	M3	6.5000	113.04	734.76	0.69%
Plantilla de 3 cm, de espesor de concreto hecho en obra de F'c=100 kg/cm2, incluye: preparación de la superficie, nivelación, maestreado y colado, mano de obra, equipo y herramienta.	M2	16.5000	35.77	590.21	0.36%
Aplanado en interior de cepa a base de mezcla cemento arena 1:6, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	M2	26.5000	45.98	1,218.47	0.85%
Acero de refuerzo en cimentacion del No.2 de Fy=4200 kg/cm2, incluye: materiales, acarrees, cortes, desperdicios, habilitado, amarres, mano de obra, equipo y herramienta.	TON	0.0300	8,356.09	250.68	0.40%
Acero de refuerzo en cimentacion del No. 3, de Fy=4200 kg/cm2, incluye: materiales, acarrees, cortes, desperdicios, habilitado, amarres, mano de obra, equipo y herramienta.	TON	0.1800	6,622.21	1,192.00	0.74%
Acero de refuerzo en cimentacion del No. 4, de Fy=4200 kg/cm2, incluye: materiales, acarrees, cortes, desperdicios, habilitado, amarres, mano de obra, equipo y herramienta.	TON	0.0850	5,907.11	502.10	0.64%
Malla electrosoldada 6x6/10-10, en cimentación, incluye: acarrees, cortes, traslapes, amarres, mano de obra, equipo y herramienta.	M2	28.0000	25.29	708.12	0.37%
Cimbra en contratabes de cimentación, acabado común, incluye: materiales, acarrees, cortes, habilitados, cimbrado descimbrado, mano de obra, equipo y herramienta	M2	19.8000	87.92	1,740.82	1.16%
Concreto en cimentación, hecho en obra de F'c=200 kg/cm2, incluye: acarrees, colado, vibrado, mano de obra, equipo y herramienta.	M3	4.5000	1,067.78	4,805.01	4.79%
Relleno con material producto de la excavación, compactado con bailarina al 90% proctor, adicionando agua, incluye: mano de obra, equipo y herramienta.	M3	5.5000	75.13	413.22	0.32%
Anclaje de castillos a base de varilla de 3/8" de diam. incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	KG	12.6000	12.84	161.78	0.09%
TOTAL CIMENTACION				12,317.17	10.63%

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO						
ENEP ACATLAN			INGENIERÍA CIVIL			
DESCRIPCIÓN: PRESUPUESTO DE OBRA CASA SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN CONCRETO CELULAR						
Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe	%	
03.- ESTRUCTURA						
Impermeabilización en desplante de muros, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	M2	28.0000	75.49	2,113.72	1.12%	
Impermeabilización a base de una capa de imprimación de microprimer y tres capas de microseal 2F alternadas con 2 mallas de festerflex, una capa de arena cernida y como acabado final una aplicación de festerblanc color terracota, incluye: materiales,	M2	24.0000	75.94	1,822.56	0.96%	
acarreo, elevación, desperdicio, mano de obra, equipo y herramienta.						
Muro de 15 cm. de espesor de bloque de concreto celular 15x20x62 cm. clase AAC 5.0, asentado con mortero adhesivo, acabado aparente, incluye: materiales, acarreo, mano de obra, equipo y herramienta.	M2	110.0000	193.25	21,257.50	11.22%	
Castillo ahogado de 15x15 cm. de concreto hecho en obra de F'c=150 kg/cm2., con 4 varillas de 3/8", incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	M	60.0000	62.01	3,720.60	1.96%	
Panel de concreto celular reforzado clase AAC 5.0, para losas de estrepisos y azotea, con dimensiones de 283 X 61 X 20 cm. Incluye: mortero en calle longitudinal entre paneles y acero de refuerzo en entrecalles.	PZA	24.0000	527.80	12,667.20	10.55%	
Dintel de concreto celular de 1.40 m D1 de claro, incluye mortero adhesivo para junteo y todo lo necesario para su colocación.	PZA	7.0000	171.39	1,199.73	0.63%	
Anillo perimetral de concreto f'c= 200 kg/cm2, hecho en obra con acero de refuerzo compuesto de 2 varillas de 3/8"y alambrrn @ 20 cm. Incluye todo lo necesario para su correcta ejecución.	M	45.0000	52.44	2,359.80	1.25%	
Dintel de concreto celular D2 de 1.60 X 25 X 20 cm , incluye mortero adhesivo para junteo y todo lo necesario para su colocación	PZA	5.0000	181.99	909.95	0.48%	
TOTAL ESTRUCTURA				46,051.06	28.18%	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO					
ENEP ACATLAN			INGENIERÍA CIVIL		
DESCRIPCIÓN: PRESUPUESTO DE OBRA CASA SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN CONCRETO CELULAR					
Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe	%
04.- ACABADOS					
Aplanado de yeso en muros de planta baja, con yeso-cemento, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	M2	120.0000	68.79	8,254.80	4.36%
Azulejo tipo 9 cuadros en piso, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	M2	2.2000	167.46	368.41	0.19%
Pintura vinilica en muros marca Comex Pro-1000 a dos manos, incluye: aplicación de sellador, materiales, preparación de la superficie, mano de obra, equipo, herramienta y andamios.	M2	240.0000	24.14	5,793.60	3.06%
Tirol planchado en muros a base de cemento blanco-cal-cero fino, incluye: andamios, mano de obra, equipo y herramienta.	M2	58.0000	61.71	3,579.18	1.89%
Azulejo liso en muros de cocina y baño, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	M2	8.0000	177.17	1,417.36	0.75%
Boquillas de azulejo, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	M	3.8000	58.47	222.19	0.12%
Boquillas de aplanado de yeso, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	M	45.0000	32.43	1,459.35	0.77%
Aplanado acabado fino en muros de planta baja, con mezcla cemento arena 1:5, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	M2	120.0000	72.21	8,665.20	4.57%
Firme de concreto de 4 cm. de espesor, de concreto F'c=150 kg/cm2 acabado escobillado en tableros de 1.20x1.20 m, con entrecalles de 10 cm. de piedra laja junteada con mortero cemento arena 1:4, incluye: materiales, acarreo, preparación de la superficie, nivelación, cimbrado colado, mano de obra, equipo y herramienta.	M2	24.0000	145.78	3,498.72	1.85%
Lavadero de concreto con color, incluye: mano de obra, equipo y herramienta.	PZA	1.0000	846.07	846.07	0.45%
TOTAL ACABADOS				34,104.88	18.00%

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO					
ENEP ACATLAN		INGENIERÍA CIVIL			
DESCRIPCIÓN: PRESUPUESTO DE OBRA CASA SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN CONCRETO CELULAR					
Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe	%
05.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA					
Salida electrica en casa habitación a base de tubería tipo poliducto, cable thw cal. 12, contactos y apagadores quinzifio, soquet de baquilita	SAL	15.0000	192.44	2,886.60	1.52%
Centro de carga tipo QO-2	PZA	1.0000	291.80	291.80	0.15%
Interruptor de navajas de 2X30 amp.	PZA	1.0000	249.80	249.80	0.13%
Alimentacion electrica a base de cable thw cal. 10 en tubo tipo poliducto	ALIM	1.0000	300.98	300.98	0.16%
TOTAL INSTALACIÓN ELÉCTRICA				3,729.18	1.97%
06.- INSTALACIÓN HIDROSANITARIA					
Salida hidrosanitaria utilizando tubería de cobre y de pvc , incluye: conexiones, valvulas materiales, de consumo, desperdicios, pruebas, mano deobra, equipo y herramienta.	SAL	5.0000	952.78	4,763.90	2.51%
Suministro e instalacion de w.c. economico color blanco	PZA	2.0000	764.60	1,529.20	0.81%
Suministro e instalacion de lavabo economico color blanco incluye: llave mezcladora y cespól de pvc, mano deobra, equipo y herramienta.	PZA	2.0000	651.18	1,302.36	0.69%
Suministro e instalación de regadera con brazo y chapeton, incluye: llaves	PZA	1.0000	343.50	343.50	0.18%
Suministro e instalación de accesorios de porcelana	JGO	1.0000	277.29	277.29	0.15%
Suministro e instalación de fregadero esmaltado economico, incluye: llaves y cespól plomo	PZA	1.0000	753.89	753.89	0.40%
TOTAL INSTALACIÓN HIDROSANITARIA				8,970.14	4.73%

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO						
ENEP ACATLAN		INGENIERÍA CIVIL				
DESCRIPCIÓN: PRESUPUESTO DE OBRA CASA SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN CONCRETO CELULAR						
Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe	%	
07.- VENTANERÍA Y CARPINTERÍA						
Ventana de 1.20x1.20 m. de aluminio prefabricada, con cristal claro de 3 mm, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	PZA	3.0000	429.26	1,287.78	0.68%	
Puerta de intercomunicación de tambor de pino de caobilla con marco de madera de pino acabado barniz entintado, incluye: cerradura económica, bisagras, mano de obra, equipo y herramienta.	PZA	3.0000	946.76	2,840.28	1.50%	
Ventana de 1.50x1.20 m. de aluminio prefabricada, con cristal claro de 3 mm., incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	PZA	1.0000	519.02	519.02	0.27%	
Puerta prefabricada de aluminio y vidrio de 1.00x2.18 m, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	PZA	1.0000	923.05	923.05	0.49%	
TOTAL VENTANERÍA Y CARPINTERÍA				5,570.13	2.94%	
08.- INSTALACIÓN DE GAS						
Suministro e instalación de calentador semiautomático de 40 lt.	PZA	1.0000	953.89	953.89	0.50%	
TOTAL INSTALACIÓN DE GAS				953.89	0.50%	
09.- LIMPIEZA						
Limpieza gruesa durante la obra, incluye: mano de obra, equipo y herramienta.	M2	60.0000	6.09	365.40	0.19%	
Limpieza fina de la obra para entrega, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	M2	60.0000	7.37	442.20	0.23%	
Acarreo en camión de material producto de la excavación y/o demolición fuera de la obra, incluye: carga manual, equipo y herramienta.	M3	2.0000	103.01	206.02	0.11%	
TOTAL LIMPIEZA				1,013.62	0.54%	
TOTAL DEL PRESUPUESTO A COSTO DIRECTO				116,673.56	100.00%	
COSTO INDIRECTO 30%				35,002.07		
SUBTOTAL (C.D. + C.I.)				151,675.63		
I.V.A. 15.00%				22,751.34		
Total del presupuesto				174,426.97		

La construcción con el sistema constructivo con concreto celular se realiza en un periodo de tiempo de 28 días naturales, ya que se evita el habilitado de acero y cimbras en la construcción.

En el programa de obra se calculan las erogaciones por semana para la ejecución de los trabajos.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO					
ENEP ACATLAN		INGENIERÍA CIVIL			
DESCRIPCIÓN: PROGRAMA DE EROGACIONES DE LA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS POR PARTIDA					
SISTEMA CONSTRUCTIVO CON CONCRETO CELULAR					
PARTIDA	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	Total
01.- PRELIMINARES					\$3,959.49
	\$3,959.49				
02.- CIMENTACION					\$12,317.17
	\$6,158.59	\$6,158.59			
03.- ESTRUCTURA					\$46,051.06
		\$23,025.53	\$23,025.53		
04.- ACABADOS					\$34,104.88
		\$17,052.44	\$17,052.44		
05.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA					\$3,729.18
				\$3,729.18	
06.- INSTALACIÓN HIDROSANITARIA					\$8,970.14
				\$8,970.14	
07.- VENTANERÍA Y CARPINTERÍA					\$5,570.13
				\$5,570.13	
08.- INSTALACIÓN DE GAS					\$953.89
				\$953.89	
09.- LIMPIEZA					\$1,013.62
				\$1,013.62	
TOTAL DEL PERIODO	\$10,118.08	\$46,236.56	\$40,077.97	\$20,236.96	\$116,673.56
ACUMULADO	\$10,118.08	\$56,354.63	\$96,432.60	\$116,673.56	
PORCENTAJE PERIODO	8.67%	39.63%	34.35%	17.35%	
PORCENTAJE ACUMULADO	8.67%	48.30%	82.65%	100.00%	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO					
ENEP ACATLAN		INGENIERÍA CIVIL			
DESCRIPCIÓN: CUANTIFICACIÓN DE RECURSOS CASA SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN CONCRETO CELULAR					
Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	% Incidencia
MATERIALES					
MATERIALES MENORES	%			39.15	0.03%
ALAMBRE RECOCIDO	KG	34.13	8.00	273.04	0.21%
ALAMBRO DE 1/4"	KG	45.00	8.50	382.50	0.29%
VARILLA DE 3/8" 9.5 MM	KG	241.16	6.50	1,567.54	1.19%
VARILLA DE 1/2" 12.7 MM	KG	102.50	6.50	666.25	0.51%
MALLA ELECTROSOLDADADA 6x6/10-10	M2	30.80	18.00	554.40	0.42%
FESTERFLEX 1.10x10 M	100M2	1.144	287.68	329.11	0.25%
MICROPRIMER	CUB	0.78	200.08	156.06	0.12%
MICROSEAL No. 2F	CUB	8.216	246.58	2,025.90	1.54%
ACCESORIOS DE PORCELANA	JGO	1.00	90.30	90.30	0.07%
AGUA (MANEJO)	M3	11.99715	14.00	167.96	0.13%
APAGADOR	PZA	7.50	18.90	141.75	0.11%
ARENA	M3	28.57936	110.00	3,143.73	2.38%
AZULEJO LISO	M2	9.16	84.00	769.44	0.58%
AZULEJO TIPO 9 CUADROS	M2	2.31	84.00	194.04	0.15%
BARROTE DE PINO DE 3a DE 1 1/2" x 3	PZA	10.00	20.00	200.00	0.15%
BISAGRA	PZA	9.00	4.33	38.97	0.03%
CALHIDRA	TON	0.05405	850.00	45.94	0.03%
CEMENTO BLANCO	TON	0.116	2,556.52	296.56	0.22%
CEMENTO GRIS	TON	10.898884	1,500.00	16,348.33	12.40%
CERRADURA ECONOMICA	PZA	3.00	78.75	236.25	0.18%
CESPOL DE PVC	PZA	2.00	23.10	46.20	0.04%
CINTA DE AISLAR PLASTICA	PZA	1.60	7.57	12.11	0.01%
CLAVOS DE 2 A 4"	KG	5.00	8.50	42.50	0.03%
CLAVOS DE ACERO	KG	0.30	18.39	5.52	0.00%
TORNILLO PARA MADERA 10x38 C.J. 144	CAJ	0.30	40.36	12.11	0.01%
TAQUETE DE FIBRA DE 12x38 C.J. 100	CAJ	0.36	10.00	3.60	0.00%
PRO-1000 PLUS 300	LT	84.00	21.14	1,775.76	1.35%
SELLADOR VINILICO 5x1	LT	24.00	16.10	386.40	0.29%
BARNIZ MARINO	LT	2.952	31.22	92.16	0.07%
CONTACTO	PZA	7.50	18.90	141.75	0.11%
ALAMBRE THW 10 NEG	CAJA	0.42	267.25	112.25	0.09%
CABLE THW 12 BCO	MTS.	180.00	1.29	232.20	0.18%
DIESEL	LTO	13.50	4.85	65.48	0.05%
DUELA DE PINO DE 3a 3/4" x 8'	PZA	26.20	15.50	406.10	0.31%
FESTERBLANC	LT	3.84	52.54	201.75	0.15%
BLOCK DE CONCRETO PESADO DE PZA 14x20x40		13.00	5.15	66.95	0.05%
BLOCK RUSTICO OCRE DE 14x20x40	PZA	1,430.00	12.00	17,160.00	13.02%
ESCALERILLA CAL. 12	M	2.60	1.92	4.99	0.00%

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO					
ENEP ACATLAN		INGENIERÍA CIVIL			
DESCRIPCIÓN: CUANTIFICACIÓN DE RECURSOS CASA SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN CONCRETO CELULAR					
Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	% Incidencia
MATERIALES					
PUERTA DE TAMBOR DE CAOBILLA	PZA	3.00	231.21	693.63	0.53%
RESISTOL 850 DE 1 LT	LT	1.50	37.38	56.07	0.04%
GRAVA	M3	8.86558	115.00	1,019.54	0.77%
JUNTA DE CERA Y TAQUETES DE PLOMO	JGO	2.00	21.00	42.00	0.03%
LAVADERO DE CONCRETO	PZA	1.00	504.00	504.00	0.38%
LIGA TIROL	LT	14.50	14.70	213.15	0.16%
LIJA	PZA	6.00	3.24	19.44	0.01%
LLAVE MEZCLADORA PARA LAVABO	PZA	2.00	195.30	390.60	0.30%
LLAVE SPARA FREGADERO	PZA	2.00	37.80	75.60	0.06%
LLAVES CON MAREAL	JGO	1.00	132.30	132.30	0.10%
HILO CAÑAMO	PZA	0.06	14.00	0.84	0.00%
MARCO Y CONTRAMARCO COMERCIAL	PZA	2.00	60.00	120.00	0.09%
SOLDADURA	CAR	0.6545	45.42	29.73	0.02%
TUBO DE CONCRETO SIMPLE DE 15 CM. DE DIA	M	8.00	35.25	282.00	0.21%
INTERRUPTOR DE NAVAJAS DE 2x30 AMP C/FUSI	PZA	1.00	131.25	131.25	0.10%
CENTRO DE CARGA QO2 COPN PASTILLAS	PZA	1.00	173.25	173.25	0.13%
REGADERA ECONOMICA	PZA	1.00	63.00	63.00	0.05%
W.C. ECONOMICO MARCA LAMOSA EN COLOR	PZA	2.00	546.00	1,092.00	0.83%
BLA					
PEGAZULEJO	KG	46.60	2.81	130.95	0.10%
PIEDRA LAJA	BOTE	19.20	21.63	415.30	0.32%
MADERA DE PINO DE 1a	PT	30.00	16.77	503.10	0.38%
PLACA	PZA	15.00	16.80	252.00	0.19%
POLVO DE MARMOL	TON	0.696	389.34	270.98	0.21%
POLIN DE PINO DE 3" DE 4x4"	PZA	6.20	33.60	208.32	0.16%
PUERTA PREFABRICADA DE ALUMINIO DE .90X2	PZA	1.00	756.00	756.00	0.57%
SILICON	CAR	2.555556	38.93	99.49	0.08%
SOQUET	PZA	11.25	8.40	94.50	0.07%
TABIQUE ROJO RECOCIDO	MIL	0.366	1,300.00	475.80	0.36%
TAPA	PZA	7.50	2.10	15.75	0.01%
THINNER	LT	1.476	4.84	7.14	0.01%
TUBO COBRE T/M 13 mm x 1 mt NACOBRE	TRM	2.625	87.26	229.06	0.17%
TUBO COBRE T/M 19 mm x 1 mt NACOBRE	TRM	1.75	139.55	244.21	0.19%
TUBO COBRE T/M 25 mm x 1 mt NACOBRE	TRM	0.70	201.81	141.27	0.11%
CODO CaC 90x13 mm. NACOBRE	PZA.	10.00	1.59	15.90	0.01%
CODO CaC 90x19 mm. NACOBRE	PZA.	5.00	3.35	16.75	0.01%
CODO CaC 90x25 mm. NACOBRE	PZA.	2.50	9.41	23.53	0.02%
TEE CaC RED. 19X19X13 mm. NACOBRE	PZA.	5.00	7.79	38.95	0.03%
TEE CaC RED. 25X25X19 mm. NACOBRE	PZA.	2.50	25.31	63.28	0.05%
CODO CaF R/INT 13X90 mm. NACOBRE	PZA.	1.00	7.79	7.79	0.01%
TUBO PVC E/L 50mm x 1 mto SANIT DUR	TRM	1.75	73.50	128.63	0.10%
TUBO PVC E/L 100mm x 1 mto SANIT DU	TRM	1.3125	209.79	275.35	0.21%
CODO PVC DUR 45GX 100 mm. SANIT	PZA.	7.50	20.10	150.75	0.11%

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO					
ENEP ACATLAN		INGENIERÍA CIVIL			
DESCRIPCIÓN: CUANTIFICACIÓN DE RECURSOS CASA SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN CONCRETO CELULAR					
Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	% Incidencia
MATERIALES					
CODO 87G DUR 50 mm.SANIT. ANGER	PZA.	3.75	5.45	20.44	0.02%
TEE SENCILLA DUR 100 mm. SANIT	PZA.	1.428571	37.07	52.96	0.04%
YEE DOBLE 100x100 mm. DUR SANIT	PZA.	1.428571	112.46	160.66	0.12%
COLADERA PVC DUR 100 mm. SANIT	PZA.	1.25	22.71	28.39	0.02%
LAVABO VERACRUZ I BLANCO	PZA.	2.00	235.18	470.36	0.36%
CALENTADOR CINS A SEMI 40 LT C/E	PZA.	1.00	756.29	756.29	0.57%
VALVULA COMP ECO 150 L.13MM	PZA.	2.50	17.03	42.58	0.03%
VALVULA COMP ECO 150 L.19MM	PZA.	0.80	22.83	18.26	0.01%
CESPOL C/REJ BR S/CONO 21 cm VALEZZ	PZA.	1.00	59.85	59.85	0.05%
FREGADERO L. ESMALT. 1.05 FERMEZ IZ	PZA.	1.00	420.84	420.84	0.32%
LIMPIADOR DUR .250 LTS	PZA.	0.50	22.26	11.13	0.01%
ROLLO LWA 25	RLL.	0.10	144.80	14.48	0.01%
PASTA PARA SOLDAR SILER 250 grs	PZA.	0.15	16.35	2.45	0.00%
PASTA PARA SOLDAR SILER 500 grs	PZA.	0.6545	24.98	16.35	0.01%
BOTE PEGAMENTO SILER 225 grs ESPEC	PZA.	1.00	28.39	28.39	0.02%
BOTE PEGAMENTO SILER 480 grs PESADO	PZA.	0.60	59.48	35.69	0.03%
LIMPIADOR SILER 500 ml	PZA.	0.30	24.19	7.26	0.01%
CARRETE SOLD. 95 X 5 ZETA	PZA.	0.50	70.63	35.32	0.03%
POLIDUCTO NEG 13MM	MTS.	110.00	1.92	211.20	0.16%
CHALUPA 50X 90MM 13MM GALV	PZA.	15.00	1.71	25.65	0.02%
CAJA CUAD 75X 75MM 13MM GALV	PZA.	16.00	1.37	21.92	0.02%
VENTANA DE ALUMINIO DE 1.20x1.20 M.	PZA.	3.00	336.00	1,008.00	0.76%
VENTANA DE ALUMINIO DE 1.50X1.20	PZA.	1.00	399.00	399.00	0.30%
YESO	TON	2.6325	545.08	1,434.92	1.09%
MORTERO ADHESIVO PARA CONCRETO CELULAR	M3	1.81	1,100.00	1,991.00	1.51%
Dintel AAC 5.0, D1 de 1.40 m	PZA.	7.00	145.00	1,015.00	0.77%
PANEL DE CONCRETO CELULAR CLASE AAC 5.0	PZA.	24.00	350.00	8,400.00	6.37%
DINTEL DE CONCRETO CELULAR CLASE AAC 5.0	PZA.	5.00	160.00	800.00	0.61%
TOTAL MATERIALES				64,335.36	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO					
ENEP ACATLAN		INGENIERÍA CIVIL			
DESCRIPCIÓN: CUANTIFICACIÓN DE RECURSOS CASA SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN CONCRETO CELULAR					
Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	% Incidencia
MANO DE OBRA					
PEON	JOR	56.598096	181.62	10,279.35	7.80%
AYUDANTE GENERAL	JOR	40.846444	181.62	7,418.53	5.63%
AYUDANTE ESPECIALIZADO	JOR	19.364734	202.36	3,918.65	2.97%
OFICIAL ALBAÑIL	JOR	37.519086	264.84	9,936.55	7.54%
OFICIAL FERRERO	JOR	3.9185	288.91	1,132.09	0.86%
OFICIAL CARPINTERO DE O. NEGRA	JOR	2.50	288.91	722.28	0.55%
OFICIAL PINTOR	JOR	6.666667	288.91	1,926.07	1.45%
OFICIAL YESERO	JOR	19.083333	312.96	5,972.32	4.53%
OFICIAL AZULEJERO	JOR	2.022619	312.96	633.00	0.48%
OFICIAL COLOCADOR	JOR	2.20	312.96	688.51	0.52%
OFICIAL BARNIZADOR	JOR	0.527143	312.96	164.97	0.13%
OPERADOR DE MAQUINARIA MENOR	JOR	2.40	312.96	751.10	0.57%
OFICIAL CARPINTERO DE O. BLANCA	JOR	1.50	337.04	505.56	0.38%
OFICIAL ALUMINERO	JOR	0.791667	337.04	266.82	0.20%
CABO DE OFICIOS	JOR	8.789161	337.04	2,962.30	2.25%
OFICIAL PLOMERO	JOR	7.183067	337.04	2,420.98	1.84%
OFICIAL ELECTRICISTA	JOR	3.65	337.04	1,230.20	0.93%
TOPOGRAFO	JOR	0.24	481.39	115.53	0.09%
SOBRESTANTE	JOR	1.083307	361.10	391.18	0.30%
TOTAL MANO DE OBRA				47,988.99	
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
HERRAMIENTA MENOR	%			1,693.28	1.28%
ANDAMIOS	%			1,130.40	0.86%
BAILARINA DE 4.5 HP	HOR	5.275	57.04	300.89	0.23%
CAMION DE VOLTEO DE 7 M3	HOR	1.40	165.09	231.13	0.18%
GRUA TITAN 10 TON	HORA	24.00	28.79	690.96	0.52%
MOTOCONFORMADORA	HOR	0.714286	372.62	266.16	0.20%
REVOLVEDORA P/CONCRETO DE 1 SACO 8 HOR DE HP		6.9212	50.44	349.11	0.26%
EQUIPO DE TOPOGRAFIA	HOR	2.40	2.43	5.83	0.00%
VIBRADOR PARA CONCRETO	HOR	4.25	45.54	193.55	0.15%
TOTAL EQUIPO Y HERRAMIENTA				4,349.21	
				Importe	%
Materiales				64,335.36	55.14%
Mano de obra				47,988.99	41.13%
Equipo				4,349.21	03.73%
Total				116,673.56	100.00%

5.2.- Presupuesto para casa habitación con materiales tradicionales.

Este presupuesto fue elaborado con el fin de hacer un comparativo del costo de una casa habitación de interés social con materiales tradicionales, comparado con el sistema constructivo con concreto celular, para su elaboración se contó con el apoyo de la empresa EMOSO SUPERVISION S. A. DE C. V., de donde se facilitó la información suficiente para la construcción con el sistema constructivo con materiales tradicionales.

- ⇒ Los precios que se utilizaron de los materiales y que participan para conformar el trabajo fueron cotizados los de mercado.
- ⇒ Se proporcionaron los rendimientos de mano de obra que utiliza la empresa en la elaboración de presupuestos y que han sido comprobados en obra.
- ⇒ Los factores de salario real son los mismos que para el sistema constructivo con concreto celular :

Salario igual al mínimo ayudantes : 1.656

Ayudante general : 1.6639

Oficial : 1.6257

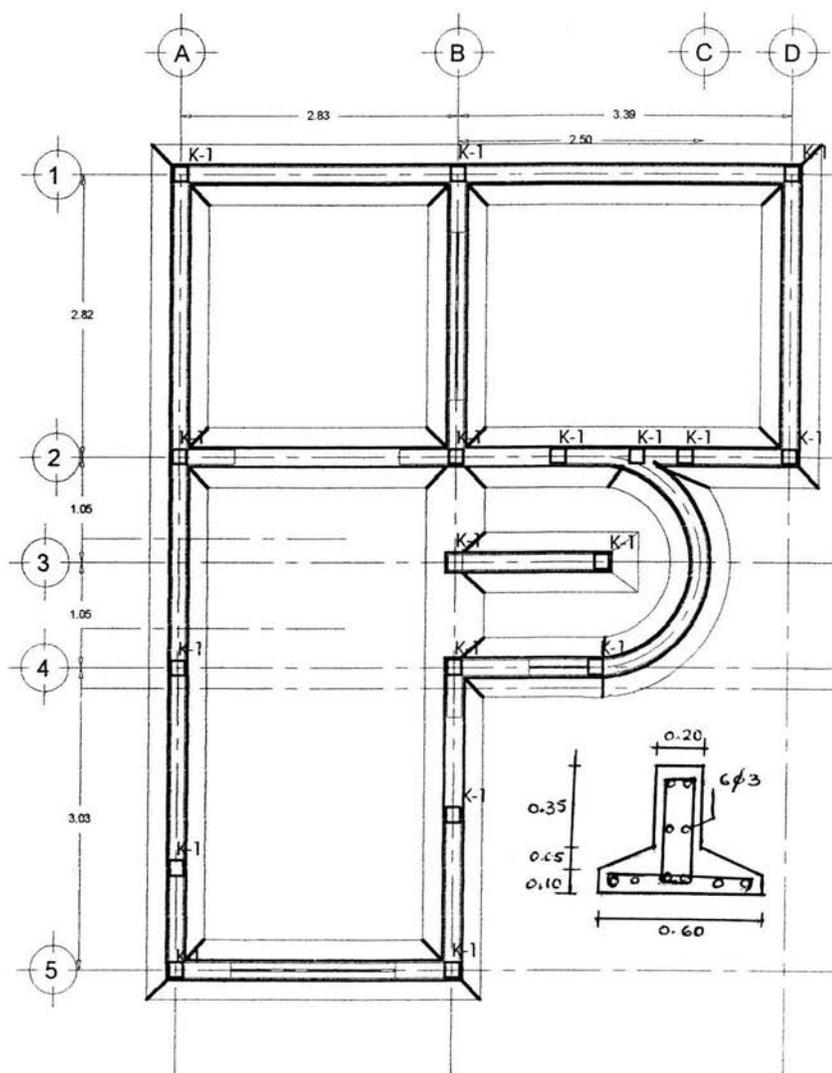
Cabo : 1.6100

Ingeniero : 1.5970

- ⇒ La empresa maneja un indirecto de 30%
- ⇒ El importe correspondiente al IVA es del 15 %

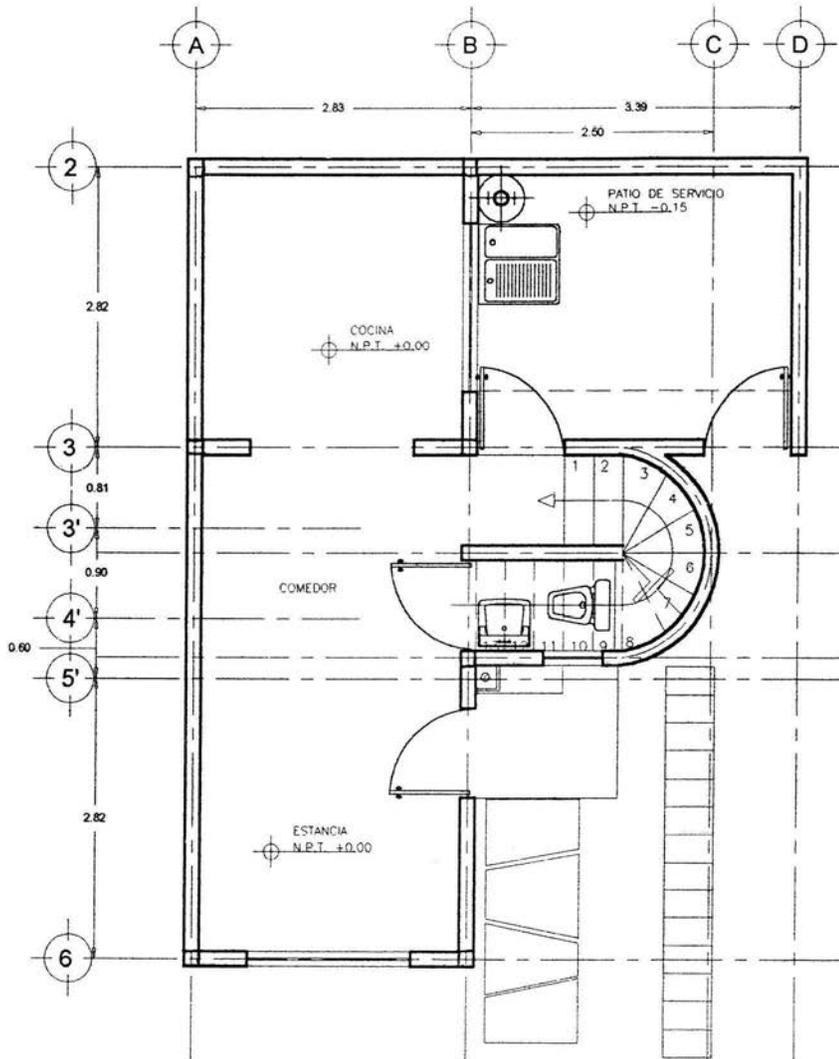
A continuación se presenta la distribución de la casa, posteriormente se desglosa el presupuesto por conceptos, partidas, programación y gran total.

* Actualmente para el cálculo de Factor de Salario Real se consideran las categorías del personal de acuerdo a su salario base.



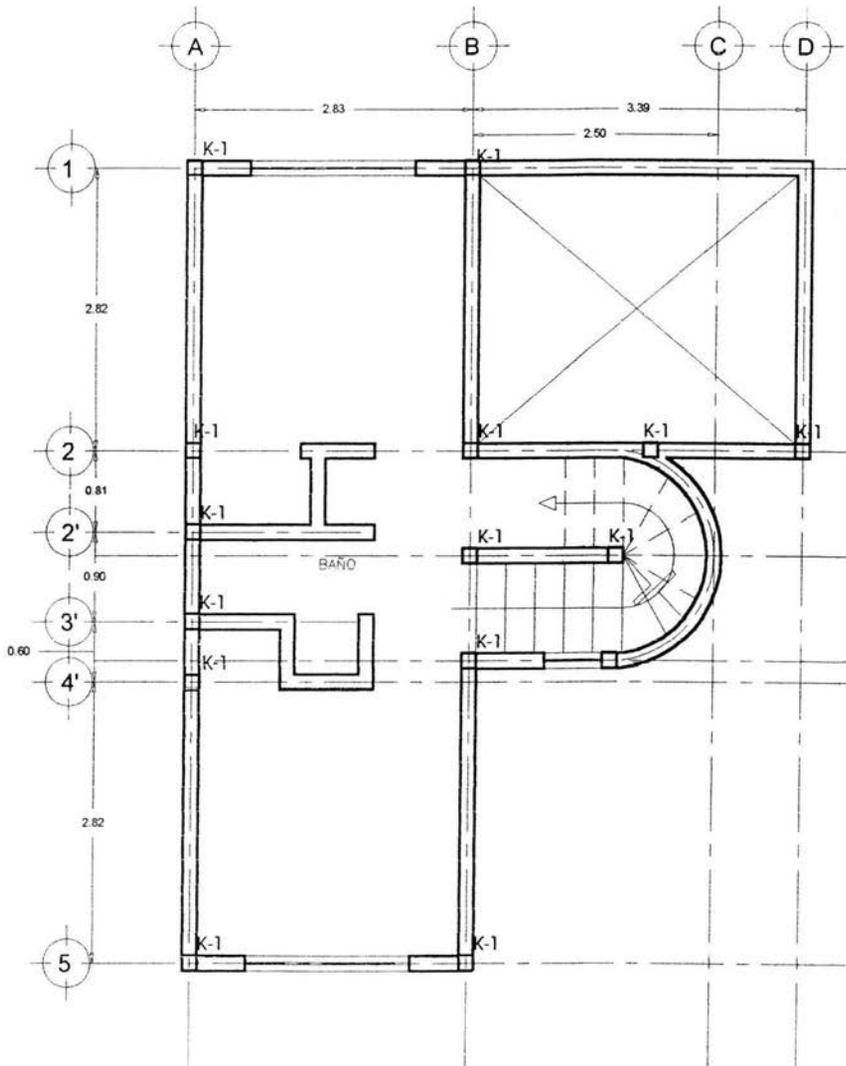
PLANTA CIMENTACIÓN

CAPÍTULO V.-COMPARATIVO COSTO TIEMPO
SISTEMA CONSTRUCTIVO CON MATERIALES TRADICIONALES



PLANTA BAJA

CAPÍTULO V.-COMPARATIVO COSTO TIEMPO
SISTEMA CONSTRUCTIVO CON MATERIALES TRADICIONALES



PLANTA ALTA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO					
ENEP ACATLAN		INGENIERÍA CIVIL			
DESCRIPCIÓN: PRESUPUESTO DE OBRA CASA SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL					
Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe	%
01.-TRABAJOS PRELIMINARES					
Trazo y nivelacion con equipo topográfico, estableciendo ejes de referencia y bancos de nivel, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta. (Hasta 500 m2)	M2	60.0000	3.93	235.80	0.18%
Limpia y desyerbe del terreno, incluye: quema de yerba, y acopio de basura, mano de obra, equipo y herramienta.	M2	60.0000	5.02	301.20	0.23%
Despalme de 10 cm. de espesor de capa vegetal a maquina, incluye: mano de obra, equipo y	M2	50.0000	5.32	266.00	0.20%
Excavación de cepa, por medios manuales de 0 a -2.00 m, en material tipo II, zona A, incluye: mano de obra, equipo y herramienta	M3	2.8800	113.04	325.56	0.24%
Tuberia de 15 cm. de diámetro de concreto simple, asentado con mortero cemento arena 1:4, incluye: materiales, acarrees, trazo, nivelación, jurteo, pruebas, mano de obra,	M	8.0000	78.73	629.84	0.47%
Cama de arena de 5 cm. de espesor para colocación de tubo de concreto en el fondo de la	M3	0.4800	196.36	94.25	0.07%
Relleno con material producto de la excavación, compactado con bailarina al 90% proctor, adicionando agua, incluye: mano de obra, equipo	M3	2.5500	75.13	191.58	0.14%
Registro de 0.40x0.60x1.00 m. de muros de tabique rojo recocido, asentado con mezcla cemento arena 1:5, con aplanado pulido en el interior, con tapa de 5 cm. de espesor de concreto de F'c=150 kg/cm2, con marco y espesor de concreto de F'c=150 kg/cm2, incluye: materiales, acarrees, excavación, mano de obra, equipo y herramienta.	PZA	2.0000	957.63	1,915.26	1.43%
TOTAL PRELIMINARES				3,959.49	2.97%

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO					
ENEP ACATLAN			INGENIERÍA CIVIL		
DESCRIPCIÓN: PRESUPUESTO DE OBRA CASA SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL					
Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe	%
02.- CIMENTACION					
Excavación de cepa, por medios manuales de 0 a -2.00 m, en material tipo II, zona A, incluye: mano de obra, equipo y herramienta	M3	11.5000	113.04	1,299.96	0.97%
Plartilla de 3 cm, de espesor de concreto hecho en obra de F'c=100 kg/cm2, incluye: preparación de la superficie, nivelación, maestreado y colado, mano de obra, equipo y herramienta.	M2	19.2000	35.77	686.78	0.51%
Aplanado en interior de cepa a base de mezcla cemento arena 1:6, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	M2	35.0000	45.98	1,609.30	1.21%
Acero de refuerzo en cimentacion del No.2 de Fy=2600 kg/cm2, incluye: materiales, acarreo, cortes, desperdicios, habilitado, amarres, mano de obra, equipo y herramienta. 0	TON	0.0900	8,356.09	752.05	0.56%
Acero de refuerzo en cimentacion del No. 3, de Fy=4200 kg/cm2, incluye: materiales, acarreo, cortes, desperdicios, habilitado, amarres, mano de obra, equipo y herramienta.	TON	0.2120	6,622.21	1,403.91	1.05%
Acero de refuerzo en cimentacion del No. 4, de Fy=4200 kg/cm2, incluye: materiales, acarreo, cortes, desperdicios, habilitado, amarres, mano de obra, equipo y herramienta.	TON	0.2050	5,907.11	1,210.96	0.91%
Malla electrosoldada 6x6/10-10, en cimentación, incluye: acarreo, cortes, traslapes, amarres, mano de obra, equipo y herramienta.	M2	28.0000	25.29	708.12	0.53%
Cimbra en contratraves de cimentación, acabado común, incluye: materiales, acarreo, cortes, habilitados, cimbrado descimbrado, mano de obra, equipo y herramienta	M2	25.0000	87.92	2,198.00	1.65%
Concreto en cimentación, hecho en obra de F'c=200 kg/cm2, incluye: acarreo, colado, vibrado, mano de obra, equipo y herramienta.	M3	8.5000	1,067.78	9,076.13	6.80%
Pulido integral de losa de cimentación, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	M2	28.0000	15.60	436.80	0.33%
Relleno con material producto de la excavación, compactado con bailarina al 90% proctor, adicionando agua, incluye: mano de obra, equipo y herramienta.	M3	8.0000	75.13	601.04	0.45%
Anclaje de castillos a base de varilla de 3/8" de diam. incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	KG	12.6000	12.84	161.78	0.12%
TOTAL CIMENTACION				20,144.93	15.09%

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO					
ENEP ACATLAN		INGENIERÍA CIVIL			
DESCRIPCIÓN: PRESUPUESTO DE OBRA CASA SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL					
Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe	%
03.- ESTRUCTURA					
Impermeabilización a base de una capa de imprimación de microprimer y tres capas de microseal 2F alternadas con 2 mallas de festerflex, una capa de arena cerrida y como acabado final una aplicación de festerblanc color terracota, incluye: materiales, acarrees, elevación, desperdicio, mano de obra, equipo y herramienta.	M2	24.0000	75.94	1,822.56	1.37%
Impermeabilización en desplante de muros, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	M2	28.0000	75.49	2,113.72	1.58%
Muro de tabique rojo recocido 7x14x28 asentado con mezcla cemento arena 1:5, acabado común, incluye: materiales, acarrees, mano de obra, equipo y herramienta.	M2	120.0000	149.86	17,983.20	13.47%
Castillo ahogado de 15x15 cm. de concreto hecho en obra de F'c=150 kg/cm2., con 4 varillas de 3/8", incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	M	60.0000	62.01	3,720.60	2.79%
Cadena de 15x25 cm. de concreto hecho en obra de F'c=200 kg/cm2, acabado común, armado con 4 varillas de 3/8" y estribos del No.2 a cada 20 cm., incluye: materiales, acarrees, cortes, desperdicios, traslapes, amarres, cimbrado, coldado, descimbrado, mano de obra, equipo y herramienta.	M	75.0000	134.62	10,096.50	7.56%
Acero de refuerzo en estructura del No. 3, de Fy=4200 kg/cm2, incluye: materiales, acarrees, cortes, desperdicios, habilitado, amarres, mano de obra, equipo y herramienta.	TON	0.6500	10,211.47	6,637.46	4.97%
Cimbra acabado aparente en losas, a base de triplay de pino de 16 mm, con chaffanes en las esquinas, incluye: materiales, acarrees, cortes, desperdicios, habilitado, cimbrado, descimbra, mano de obra, equipo y herramienta.	M2	58.0000	105.24	6,103.92	4.57%
Concreto en estructura, hecho en obra de F'c=200 kg/cm2, incluye: acarrees, colado, vibrado, mano de obra, equipo y herramienta.	M3	5.8000	1,128.19	6,543.50	4.90%
TOTAL ESTRUCTURA				55,021.46	41.22%

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO					
ENEP ACATLAN		INGENIERÍA CIVIL			
DESCRIPCIÓN: PRESUPUESTO DE OBRA CASA SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL					
Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe	%
04.- ACABADOS					
Aplanado de yeso en muros de planta baja, con yeso-cemento, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	M2	120.0000	68.79	8,254.80	6.18%
Azulejo tipo 9 cuadros en piso, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	M2	2.2000	167.46	368.41	0.28%
Pintura vinilica en muros marca Comex Pro-1000 a dos manos, incluye: aplicación de sellador, materiales, preparación de la superficie, mano de obra, equipo, herramienta y andamios.	M2	240.0000	24.14	5,793.60	4.34%
Tirol planchado en muros a base de cemento blanco-cal-cero fino, incluye: andamios, mano de obra, equipo y herramienta.	M2	58.0000	61.71	3,579.18	2.68%
Azulejo liso en muros de cocina y baño, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	M2	8.0000	177.17	1,417.36	1.06%
Boquillas de azulejo, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	M	3.8000	58.47	222.19	0.17%
Boquillas de aplanado de yeso, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	M	45.0000	32.43	1,459.35	1.09%
Aplanado acabado fino en muros de planta baja, con mezcla cemento arena 1:5, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	M2	120.0000	72.21	8,665.20	6.49%
Firme de concreto de 4 cm. de espesor, de concreto F'c=150 kg/cm ² acabado escobillado en tableros de 1.20x1.20 m, con entrecalles de 10 cm. de piedra laja junteada con mortero cemento arena 1:4, incluye: materiales, acarreo, preparación de la superficie, nivelación, cimbrado colado, mano de obra, equipo y herramienta.	M2	24.0000	145.78	3,498.72	2.62%
Lavadero de concreto con color, incluye: mano de obra, equipo y herramienta.	PZA	1.0000	846.07	846.07	0.63%
TOTAL ACABADOS				34,104.88	25.55%

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO					
ENEP ACATLAN		INGENIERÍA CIVIL			
DESCRIPCIÓN: PRESUPUESTO DE OBRA CASA SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL					
Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe	%
05.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA					
Salida electrica en casa habitación a base de tubería tipo poliducto, cable thw cal. 12, contactos y apagadores quinziño, soquet de baquilita	SAL	15.0000	192.44	2,886.60	2.16%
Centro de carga tipo QO-2	PZA	1.0000	291.80	291.80	0.22%
Interruptor de navajas de 2X30 amp.	PZA	1.0000	249.80	249.80	0.19%
Alimentacion electrica a base de cable thw cal. 10 en tubo tipo poliducto	ALIM	1.0000	300.98	300.98	0.23%
TOTAL INSTALACIÓN ELÉCTRICA				3,729.18	2.79%
06.- INSTALACIÓN HIDROSANITARIA					
Salida hidrosanitaria utilizando tubería de cobre y de pvc , incluye: conexiones, valvulas materiales, de consumo, desperdicios, pruebas, mano deobra, equipo y herramienta.	SAL	5.0000	952.78	4,763.90	3.57%
Suministro e instalacion de w.c. economico color blanco	PZA	2.0000	764.60	1,529.20	1.15%
Suministro e instalacion de lavabo economico color blanco incluye: llave mezcladora y cespól de pvc, mano deobra, equipo y herramienta.	PZA	2.0000	651.18	1,302.36	0.98%
Suministro e instalación de regadera con brazo y chapeton, incluye: llaves	PZA	1.0000	343.50	343.50	0.26%
Suministro e instalación de accesorios de porcelana	JGO	1.0000	277.29	277.29	0.21%
Suministro e instalación de fregadero esmaltado economico, incluye: llaves y cespól plomo	PZA	1.0000	753.89	753.89	0.56%
TOTAL INSTALACIÓN HIDROSANITARIA				8,070.14	6.72%

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO						
ENEP ACATLAN			INGENIERÍA CIVIL			
DESCRIPCIÓN: PRESUPUESTO DE OBRA CASA SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL						
Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe	%	
07.- VENTANERÍA Y CARPINTERÍA						
Ventana de 1.20x1.20 m. de aluminio prefabricada, con cristal claro de 3 mm, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	PZA	3.0000	429.26	1,287.78	0.96%	
Puerta de intercomunicación de tambor de pino de caobilla con marco de madera de pino acabado barniz entintado, incluye: cerradura económica, bisagras, mano de obra, equipo y herramienta.	PZA	3.0000	946.76	2,840.28	2.13%	
Ventana de 1.50x1.20 m. de aluminio prefabricada, con cristal claro de 3 mm., incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	PZA	1.0000	519.02	519.02	0.39%	
Puerta prefabricada de aluminio y vidrio de 1.00x2.18 m, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	PZA	1.0000	923.05	923.05	0.69%	
TOTAL VENTANERÍA Y CARPINTERÍA				5,670.13	4.17%	
08.- INSTALACIÓN DE GAS						
Suministro e instalación de calentador semiautomático de 40 lt.	PZA	1.0000	953.89	953.89	0.71%	
TOTAL INSTALACIÓN DE GAS				953.89	0.71%	
09.- LIMPIEZA						
Limpieza gruesa durante la obra, incluye: mano de obra, equipo y herramienta.	M2	60.0000	6.09	365.40	0.27%	
Limpieza fina de la obra para entrega, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.	M2	60.0000	7.37	442.20	0.33%	
Acarreo en camión de material producto de la excavación y/o demolición fuera de la obra, incluye: carga manual, equipo y herramienta.	M3	2.0000	103.01	206.02	0.15%	
TOTAL LIMPIEZA				1,013.62	0.76%	
TOTAL DEL PRESUPUESTO A COSTO DIRECTO				133,467.62	100.00%	
COSTO INDIRECTO 30%				40,040.29		
SUBTOTAL (C.D. + C.I.)				173,507.91		
I.V.A. 15.00%				26,026.19		
Total del presupuesto				199,534.09		

La construcción con el sistema constructivo con materiales tradicionales se realiza en un periodo de tiempo de 49 días naturales, tomando en cuenta los rendimientos óptimos de la mano de obra en las actividades.

En el programa de obra se calculan las erogaciones por semana para la ejecución de los trabajos.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO								
ENEP ACATLAN								
INGENIERÍA CIVIL								
DESCRIPCIÓN: PROGRAMA DE EROGACIONES DE LA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS POR PARTIDA								
SISTEMA TRADICIONAL								
PARTIDA	SEM. 1	SEM. 2	SEM. 3	SEM. 4	SEM. 5	SEM. 6	SEM. 7	Total
01.- PRELIMINARES								\$3,959.49
	\$3,959.49							
02.- CIMENTACION								\$20,144.83
	\$14,101.38	\$6,043.45						
03.- ESTRUCTURA								\$55,021.46
	\$8,253.22	\$8,253.22	\$8,253.22	\$8,253.22	\$8,253.22	\$8,253.22	\$5,502.15	
04.- ACABADOS								\$34,104.88
				\$8,526.22	\$8,526.22	\$8,526.22	\$8,526.22	
05.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA								\$3,729.18
						\$1,864.59	\$1,864.59	
06.- INSTALACIÓN HIDROSANITARIA								\$8,970.14
			\$3,588.06	\$897.01		\$4,485.07		
07.- VENTANERÍA Y CARPINTERÍA								\$5,570.13
							\$5,570.13	
08.- INSTALACIÓN DE GAS								\$953.89
							\$953.89	
09.- LIMPIEZA								\$1,013.62
							\$1,013.62	
TOTAL PRES.	\$26,314.09	\$14,296.67	\$11,841.28	\$17,676.45	\$16,779.44	\$23,129.10	\$23,430.60	\$133,467.62
ACUMULADO	\$26,314.09	\$40,610.76	\$52,452.03	\$70,128.49	\$86,907.93	\$110,037.02	\$133,467.62	
% PERIODO	19.72%	10.71%	8.87%	13.24%	12.57%	17.33%	17.56%	
% ACUMULADO	19.72%	30.43%	39.30%	52.54%	65.12%	82.44%	100.00%	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO					
ENEP ACATLAN		INGENIERÍA CIVIL			
DESCRIPCIÓN: CUANTIFICACIÓN DE RECURSOS CASA SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL					
Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	% incidencia
MATERIALES					
MATERIALES MENORES	%			39.15	0.03%
ALAMBRE RECOCIDO	KG	82.93	8.00	663.44	0.50%
ALAMBRO DE 1/4"	KG	147.00	8.50	1,249.50	0.94%
VARILLA DE 3/8" 9.5 MM	KG	1,064.16	6.50	6,917.04	5.18%
VARILLA DE 1/2" 12.7 MM	KG	102.50	6.50	666.25	0.50%
MALLA ELECTROSOLDADA 6x6/10-10	M2	30.80	18.00	554.40	0.42%
FESTERFLEX 1.10x10 M	100M2	1.144	287.68	329.11	0.25%
MICROPRIMER	CUB	0.78	200.08	156.06	0.12%
MICROSEAL No. 2F	CUB	8.216	246.58	2,025.90	1.52%
ACCESORIOS DE PORCELANA	JGO	1.00	90.30	90.30	0.07%
AGUA (MANEJO)	M3	10.733535	14.00	150.27	0.11%
APAGADOR	PZA	7.50	18.90	141.75	0.11%
ARENA	M3	20.25199	110.00	2,227.72	1.67%
AZULEJO LISO	M2	9.16	84.00	769.44	0.58%
AZULEJO TIPO 9 CUADROS	M2	2.31	84.00	194.04	0.15%
BARROTE DE PINO DE 3a DE 1 1/2" x 3 1/2"	PZA	33.20	20.00	664.00	0.50%
BISAGRA	PZA	9.00	4.33	38.97	0.03%
CALHIDRA	TON	0.05405	850.00	45.94	0.03%
CEMENTO BLANCO	TON	0.116	2,556.52	296.56	0.22%
CEMENTO GRIS	TON	9.891934	1,500.00	14,837.90	11.12%
CERRADURA ECONOMICA	PZA	3.00	78.75	236.25	0.18%
CESPOL DE PVC	PZA	2.00	23.10	46.20	0.03%
CHAFLAN DE MADERA DE PINO	M	58.00	4.33	251.14	0.19%
CINTA DE AISLAR PLASTICA	PZA	1.60	7.57	12.11	0.01%
CLAVOS DE 2 A 4"	KG	25.975	8.50	220.79	0.17%
CLAVOS DE ACERO	KG	0.30	18.39	5.52	0.00%
TORNILLO PARA MADERA 10x38 C.J. 144	CAJ	0.30	40.36	12.11	0.01%
TAQUETE DE FIBRA DE 12x38 C.J. 100	CAJ	0.36	10.00	3.60	0.00%
PRO-1000 PLUS 300	LT	84.00	21.14	1,775.76	1.33%
SELLADOR VINILICO 5x1	LT	24.00	16.10	386.40	0.29%
BARNIZ MARINO	LT	2.952	31.22	92.16	0.07%
CONTACTO	PZA	7.50	18.90	141.75	0.11%
ALAMBRE THW 10 NEG	CAJA	0.42	267.25	112.25	0.08%
CABLE THW 12 BCO	MTS.	180.00	1.29	232.20	0.17%
DIESEL	LTO	45.90	4.85	222.62	0.17%
DUELA DE PINO DE 3a 3/4" x 8'	PZA	94.05	15.50	1,457.78	1.09%
FESTERBLANC	LT	3.84	52.54	201.75	0.15%
BLOCK DE CONCRETO PESADO DE 14x20x40	PZA	13.00	5.15	66.95	0.05%
ESCALERILLA CAL. 12	M	2.60	1.92	4.99	0.00%
PUERTA DE TAMBOR DE CAOBILLA	PZA	3.00	231.21	693.63	0.52%

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO					
ENEP ACATLAN			INGENIERÍA CIVIL		
DESCRIPCIÓN: CUANTIFICACIÓN DE RECURSOS CASA SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL					
Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	% Incidencia
CODO Caf R/INT 13X50 mm. NACOBRE	PZA.	1.00	7.79	7.79	0.01%
TUBO PVC E/L 50mm x 1 mto SANIT DUR	TRM	1.75	73.50	128.63	0.10%
TUBO PVC E/L 100mm x 1 mto SANIT DU	TRM	1.3125	209.79	275.35	0.21%
CODO PVC DUR 45GX 100 mm. SANIT	PZA.	7.50	20.10	150.75	0.11%
CODO 87G DUR 50 mm.SANIT. ANGER	PZA.	3.75	5.45	20.44	0.02%
TEE SENCILLA DUR 100 mm. SANIT	PZA.	1.428571	37.07	52.96	0.04%
YEE DOBLE 100x100 mm. DUR SANIT	PZA.	1.428571	112.46	160.66	0.12%
COLADERA PVC DUR 100 mm. SANIT	PZA.	1.25	22.71	28.39	0.02%
LAVABO VERACRUZ I BLANCO	PZA.	2.00	235.18	470.36	0.35%
CALENTADOR C/NSA SEMI 40 LT C/E	PZA.	1.00	756.29	756.29	0.57%
VALVULA COMP ECO 150 L.13MM	PZA.	2.50	17.03	42.58	0.03%
VALVULA COMP ECO 150 L.19MM	PZA.	0.80	22.83	18.26	0.01%
CESPOL C/REJ BR S/CONO 21 cm VALEZZ	PZA.	1.00	59.85	59.85	0.04%
FREGADERO L. ESMALT. 1.05 FERMEZ IZ	PZA.	1.00	420.84	420.84	0.32%
LIMPIADOR DUR .250 LTS	PZA.	0.50	22.26	11.13	0.01%
ROLLO L/JA 25	RLL.	0.10	144.80	14.48	0.01%
PASTA PARA SOLDAR SILER 250 grs	PZA.	0.15	16.35	2.45	0.00%
PASTA PARA SOLDAR SILER 500 grs	PZA.	0.6545	24.98	16.35	0.01%
BOTE PEGAMENTO SILER 225 grs ESPEC	PZA.	1.00	28.39	28.39	0.02%
BOTE PEGAMENTO SILER 480 grs PESADO	PZA.	0.60	59.48	35.69	0.03%
LIMPIADOR SILER 500 ml	PZA.	0.30	24.19	7.26	0.01%
CARRETE SOLD. 95 X 5 ZETA	PZA.	0.50	70.63	35.32	0.03%
TRIPLAY DE PINO DE 16 MM	PZA.	4.814	246.75	1,187.85	0.89%
POLIDUCTO NEG 13MM	MTS.	110.00	1.92	211.20	0.16%
CHALUPA 50X 90MM 13MM GALV	PZA.	15.00	1.71	25.65	0.02%
CAJA CUAD 75X 75MM 13MM GALV	PZA.	16.00	1.37	21.92	0.02%
VENTANA DE ALUMINIO DE 1.20x1.20 M.	PZA.	3.00	336.00	1,008.00	0.76%
VENTANA DE ALUMINIO DE 1.50X1.20	PZA.	1.00	399.00	399.00	0.30%
YESO	TON	2.6325	545.08	1,434.92	1.08%
TOTAL MATERIALES				66,242.37	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO					
ENEP ACATLAN		INGENIERÍA CIVIL			
DESCRIPCIÓN: CUANTIFICACIÓN DE RECURSOS CASA SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL					
Concepto	Unidad	Cantidad	Costo	Importe	% Incidencia
MANO DE OBRA					
PEON	JOR	90.725952	181.62	14,661.45	10.99%
AYUDANTE GENERAL	JOR	49.321444	181.62	8,957.76	6.71%
AYUDANTE ESPECIALIZADO	JOR	13.364734	202.36	2,704.49	2.03%
OFICIAL ALBAÑIL	JOR	50.95993	264.84	13,496.23	10.11%
OFICIAL FERRERO	JOR	6.5935	288.91	1,904.93	1.43%
OFICIAL CARPINTERO DE O. NEGRA	JOR	8.30	288.91	2,397.95	1.80%
OFICIAL PINTOR	JOR	6.666667	288.91	1,926.07	1.44%
OFICIAL YESERO	JOR	19.083333	312.96	5,972.32	4.47%
OFICIAL AZULEJERO	JOR	2.022619	312.96	633.00	0.47%
OFICIAL COLOCADOR	JOR	2.20	312.96	688.51	0.52%
OFICIAL BARNIZADOR	JOR	0.527143	312.96	164.97	0.12%
OFICIAL CARPINTERO DE O. BLANCA	JOR	1.50	337.04	505.56	0.38%
OFICIAL ALUMINERO	JOR	0.791667	337.04	266.82	0.20%
CABO DE OFICIOS	JOR	10.77367	337.04	3,631.12	2.72%
OFICIAL PLOMERO	JOR	7.183067	337.04	2,420.98	1.81%
OFICIAL ELECTRICISTA	JOR	3.66	337.04	1,230.20	0.92%
TOPOGRAFO	JOR	0.24	481.39	115.53	0.09%
SOBRESTANTE	JOR	1.083307	361.10	391.18	0.29%
TOTAL MANO DE OBRA				62,069.07	
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
HERRAMIENTA MENOR	%			2,201.86	1.65%
ANDAMIOS	%			1,286.67	0.96%
BAILARINA DE 4.5 HP	HOR	5.275	57.04	300.89	0.23%
CAMION DE VOLTEO DE 7 M3	HOR	1.40	165.09	231.13	0.17%
MOTOCONFORMADORA	HOR	0.714286	372.62	266.16	0.20%
REVOLVEDORA P/CONCRETO DE 1 SACO 8 HOR DE HP	HOR	10.6667	50.44	538.03	0.40%
EQUIPO DE TOPOGRAFIA	HOR	2.40	2.43	5.83	0.00%
VIBRADOR PARA CONCRETO	HOR	7.15	45.54	325.61	0.24%
TOTAL EQUIPO Y HERRAMIENTA				5,156.18	
				Importe	%
Materiales				66,242.37	49.63%
Mano de obra				62,069.07	46.50%
Equipo				5,156.18	03.86%
Total				133,467.62	100.00%

5.3.- Resultados.

Con la elaboración de presupuestos alternos de casa habitación con sistema constructivo con concreto celular y sistema tradicional se obtienen los siguientes resultados.

Sistema constructivo Concreto celular		Sistema constructivo materiales tradicionales	
Partida	Importe	Partida	Importe
01.- Trabajos preliminares	\$3,959.49	01.- Trabajos preliminares	\$3,959.49
02.- Cimentación	\$12,317.17	02.- Cimentación	\$20,144.83
03.- Estructura	\$46,051.06	03.- Estructura	\$55,021.46
04.- Acabados	\$34,104.88	04.- Acabados	\$34,104.88
05.- Instalación eléctrica	\$3,729.18	05.- Instalación eléctrica	\$3,729.18
06.- Instalación hidrosanitaria	\$8,970.14	06.- Instalación hidrosanitaria	\$8,970.14
07.- Ventanería y carpintería	\$5,570.13	07.- Ventanería y carpintería	\$5,570.13
08.- Instalación de gas	\$953.89	08.- Instalación de gas	\$953.89
09.- Limpieza	\$1,013.62	09.- Limpieza	\$1,013.62
Total a costo directo	\$116,669.56		\$133,467.62
Costo indirecto 30%	\$35,000.87	30%	\$40,040.29
Subtotal (C.D + C. I)	\$151,670.43		\$173,507.91
I.V.A. 15%	\$22,750.56		\$26,026.19
Total del presupuesto	\$174,420.99		\$199,534.09

Para la elaboración de presupuestos se utilizaron las mismas cantidades de obra en todas las partidas, a excepto de la partida correspondiente a la estructura.

Con el uso del sistema constructivo de concreto celular, se reduce el tiempo de ejecución de los trabajos de 49 a 28 días, lo que representa un ahorro en tiempo de un 42.8 % con respecto al sistema tradicional.

Los costos en ambos sistemas son similares, la diferencia está en el tiempo de ejecución de la obra.

El porcentaje de indirectos menor en el sistema constructivo con concreto celular, se debe principalmente al menor gasto en administración por el abatimiento del tiempo de ejecución de la obra.

El costo total de presupuesto de la casa construida con concreto celular es menor en un 12.58%, con respecto a la construcción con sistema tradicional de construcción.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Actualmente el uso de sistemas de construcción con elementos prefabricados tienen una mayor demanda por parte de particulares y por instituciones públicas de gobierno, debido a que estos elementos logran disminuir los costos de construcción en la mayoría de los casos y un significativo ahorro en el tiempo de ejecución de la obra comparado con los sistemas de construcción tradicional .

Hoy en día los elementos prefabricados de construcción son de buena aceptación en viviendas de interés social por el significativo ahorro de tiempo durante el proceso de construcción y calidad en los trabajos terminados.

El sistema constructivo con concreto celular, es un producto elaborado en fábrica con materias primas seleccionadas que deben cumplir con estándares de calidad para ser utilizadas en la elaboración de los elementos bloques y paneles; gracias a sus características y su proceso constructivo cumple con los reglamentos y normas de construcción vigentes.

Este sistema al igual que otros sistemas de construcción con elementos prefabricados no se utiliza debido al desconocimiento de la gente, por lo que es trabajo de los ingenieros y profesionales de la construcción formar criterios para el empleo de estos sistemas constructivos, mostrando al usuario las ventajas que pueden ofrecer los diferentes sistemas de construcción prefabricada.

CONCLUSIONES

El proceso de construcción con el sistema de concreto celular no requiere de personal especializado para su montaje, ni de gran supervisión técnica por lo que se puede usar en técnicas de autoconstrucción, aunque es recomendable tener la asesoría de personal calificado en la construcción de cualquier tipo de edificación y sistema constructivo.

En lo que se refiere al costo y tiempo de construcción con el sistema constructivo con concreto celular, resulta ser más eficiente ya que se evitan los desperdicios al máximo, se tiene un control más estricto de los elementos que se montan en la obra, mejora el rendimiento de la mano de obra, se elimina el uso de cimbras, el alojamiento de instalaciones es más rápido, lo que representa un ahorro al final en la obra terminada.

Anexo

A continuación se describen las características y propiedades de los principales elementos que componen el sistema constructivo.

Bloque AAC 2.5

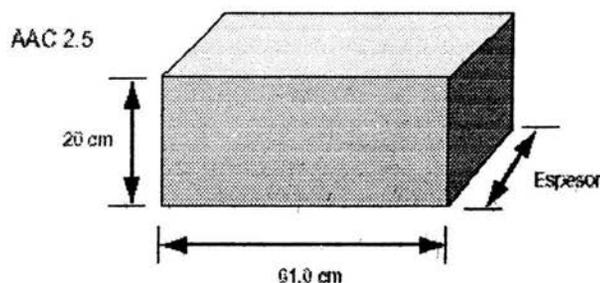


Figura 4.3.- Dimensiones de bloque AAC 2.5

Densidad = 400 kg/m^3
 Peso de diseño = 540 kg/m^3
 Resistencia a la compresión = 25.0 kg/cm^2
 Módulo de elasticidad = 12500 kg/cm^2

8.0 piezas por m^2

Dimensiones

Longitud = 61.0 cm

Altura = 20.0 cm

Espesor cm	Peso de diseño		Pzas	Pallet		Mortero	
	kg/m^3	kg/pza		m^2	m^3	kg/m^2	kg/m^3
5.00	27.00	3.29	360.00	43.90	2.20	1.10	22.00
10.00	54.00	6.59	180.00	22.00	2.20	2.20	22.00
12.50	67.50	8.24	144.00	17.60	2.20	2.75	22.00
15.00	81.00	9.88	120.00	14.60	2.20	3.30	22.00
17.50	94.50	11.53	96.00	11.70	2.05	3.85	22.00
20.00	108.00	13.18	84.00	10.20	2.05	4.40	22.00
25.00	135.00	16.47	72.00	8.80	2.20	5.50	22.00
30.00	162.00	19.76	60.00	7.30	2.20	6.60	22.00

Bloque AAC 5.0

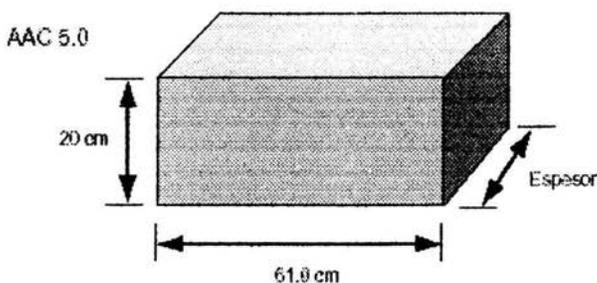


Figura 4.4.- Dimensiones de bloque AAC 5.0

Densidad = 600 kg/m ³
Peso de diseño = 780 kg/m ³
Resistencia a la compresión = 50.0 kg/cm ²
Módulo de elasticidad = 22500 kg/cm ²
8.0 piezas por m ²

Dimensiones

Longitud = 61.0 cm

Altura = 20.0 cm

Espesor cm	Peso de diseño		Pallet			Mortero	
	kg/m ³	kg/pza	pzas	m ²	m ³	kg/m ²	kg/m ³
10.00	78.00	9.52	180.00	22.00	2.20	2.20	22.00
12.50	97.50	11.90	144.00	17.60	2.20	2.75	22.00
15.00	117.00	14.27	120.00	14.60	2.20	3.30	22.00
17.50	136.50	16.65	96.00	11.70	2.05	3.85	22.00
20.00	156.00	19.03	84.00	10.20	2.05	4.40	22.00
25.00	195.00	23.79	72.00	8.80	2.20	5.50	22.00
30.00	234.00	28.55	60.00	7.30	2.20	6.60	22.00

Bloque semi-jumbo AAC 2.5

SEMI-JUMBO AAC 2.5

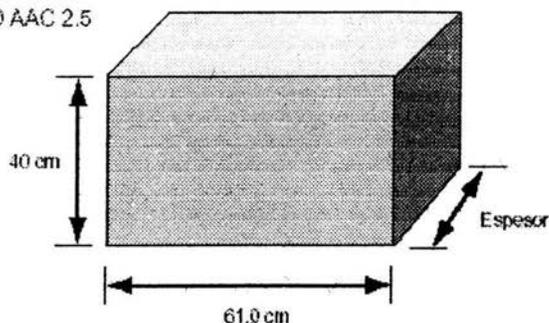


Figura 4.5.- Dimensiones de bloque semi-jumbo AAC 2.5

Densidad = 400 kg/m^3
 Peso de diseño = 540 kg/m^3
 Resistencia a la compresión = 25.0 kg/cm^2
 Módulo de elasticidad = 12500 kg/cm^2

Dimensiones

Longitud = 61.0 cm

Altura = 40.0 cm

Espesor cm	Peso de diseño		Pallet			Mortero	
	kg/ m ³	kg/pza	pzas	m ²	m ³	kg/m ²	kg/m ³
10.00	54.00	13.18	90.00	22.00	2.20	1.50	15.00
12.50	67.50	16.47	72.00	17.60	2.20	1.90	15.00
15.00	81.00	19.76	60.00	14.60	2.20	2.30	15.00
17.50	94.50	23.06	48.00	11.70	2.05	2.60	15.00
20.00	108.00	26.35	42.00	10.20	2.05	3.00	15.00
25.00	135.00	32.94	36.00	8.80	2.20	3.80	15.00
30.00	162.00	39.53	30.00	7.30	2.20	4.50	15.00

Bloque semi-jumbo AAC 5.0

SEMI-JUMBO AAC 5.0

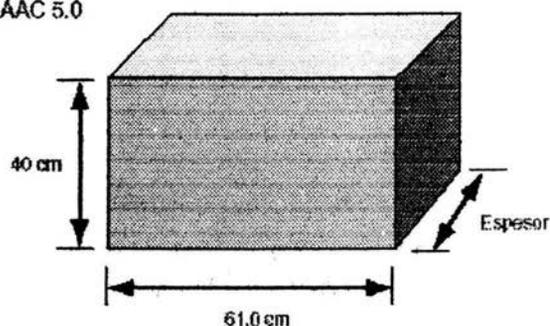


Figura 4.6.- Dimensiones bloque semi-jumbo AAC 5.0

Densidad = 800 kg/m^3
 Peso de diseño = 780 kg/m^3
 Resistencia a la compresión = 50.0 kg/cm^2
 Módulo de elasticidad = 22500 kg/cm^2

Dimensiones

Longitud = 61.0 cm

Altura = 40.0 cm

Espesor cm	Peso de diseño		Pallet			Mortero	
	kg/m ³	kg/pza	pzas	m ²	m ³	kg/m ²	kg/m ³
10.00	78.00	19.03	90.00	22.00	2.20	1.50	15.00
12.50	97.50	23.79	72.00	17.60	2.20	1.90	15.00
15.00	117.00	28.55	60.00	14.60	2.20	2.30	15.00
17.50	136.50	33.31	48.00	11.70	2.05	2.60	15.00
20.00	156.00	38.06	42.00	10.20	2.05	3.00	15.00
25.00	195.00	47.58	36.00	8.80	2.20	3.80	15.00
30.00	234.00	57.10	30.00	7.30	2.20	4.50	15.00

Bloque AAC 2.5 tipo U

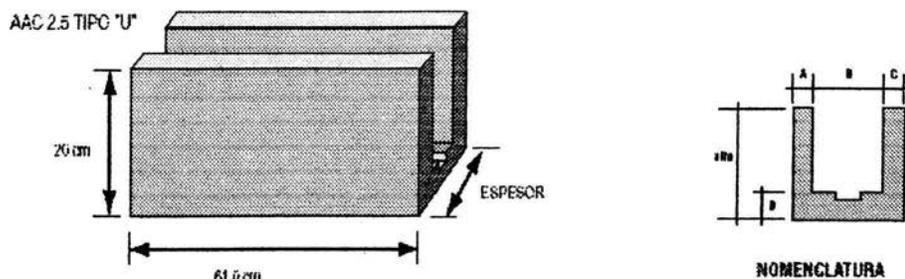


Figura 4.7.- Dimensiones bloque tipo U AAC 2.5

Densidad = 400 kg/m³
 Peso de diseño = 540 kg/m³
 Resistencia a la compresión = 25.0 kg/cm²
 Módulo de elasticidad = 12500 kg/cm²
 Uso = Dalas y cerramientos

Dimensiones

Longitud = 61.0 cm

Altura = 20.0 cm

Espesor bloque cm	Area del hueco cm ²	Area AAC cm ²	Volumen hueco m ³	Volumen AAC m ³	Peso por pieza kg
15.00	105.80	194.30	0.0065	0.0118	6.40
17.50	127.50	222.50	0.0078	0.0136	7.30
20.00	131.10	268.90	0.0080	0.0164	8.90
25.00	221.80	278.30	0.0135	0.0170	9.20
30.00	258.00	342.00	0.0157	0.0202	11.30

Espesor bloque cm	A cm	B cm	C cm	D cm
15.00	3.75	7.50	3.75	5.50
17.50	4.25	9.00	4.25	5.50
20.00	5.25	9.25	5.50	5.50
25.00	4.75	15.50	4.75	5.50
30.00	6.00	18.00	6.00	5.50

Panel para losa AAC 3.5

PANEL AAC 3.5/LOSA

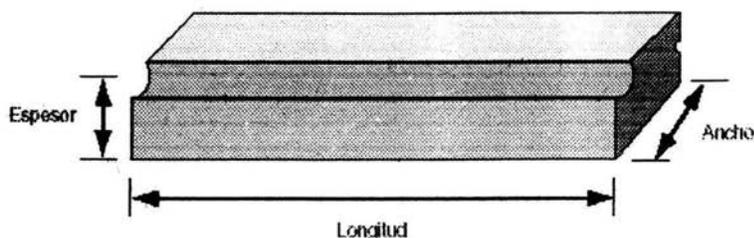


Figura 4.8.- Dimensiones de panel para losa AAC 3.5

Densidad = 500 kg/m³
 Peso de diseño = 600 kg/m³
 Resistencia a la compresión = 35.0 kg/cm²
 Módulo de elasticidad = 17500 kg/cm²
 Usos = Losas de azotea (no usar para entrepisos)

Dimensiones

Longitud máxima = 6.0 m

Ancho estándar = 61.0 cm

Espesor cm	Peso de diseño	
	kg/m ²	kg/pza
10.00	66.00	40.26
12.50	82.50	50.33
15.00	99.00	60.39
17.50	115.50	70.46
20.00	132.00	80.52
25.00	165.00	100.65
30.00	198.00	120.78

Panel para losa AAC 5.0

PANEL AAC 5.0/LOSA

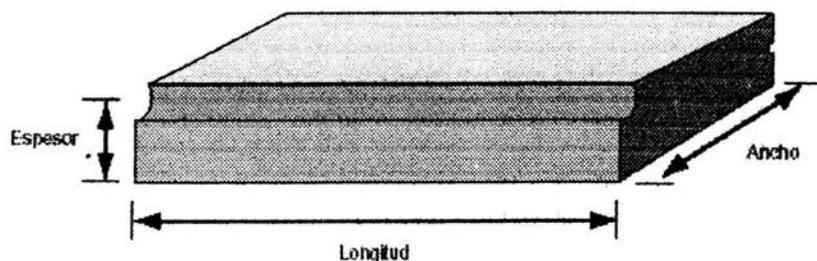


Figura 4.9.- Dimensiones de panel para losa AAC 5.0

Densidad = 600 kg/m^3
 Peso de diseño = 780 kg/m^3
 Resistencia a la compresión = 50.0 kg/cm^2
 Módulo de elasticidad = 22500 kg/cm^2
 Usos = Losas de entrepiso y azotea

Dimensiones

Longitud máxima = 6.0 m

Ancho estándar = 61.0 cm

Espesor cm	Peso de diseño	
	kg/m ²	kg/pza
10.00	78.00	47.58
12.50	97.50	59.48
15.00	117.00	71.37
17.50	136.50	83.27
20.00	156.00	95.16
25.00	195.00	118.95
30.00	234.00	142.74

Dintel no cargador

DINTEL NO CARGADOR

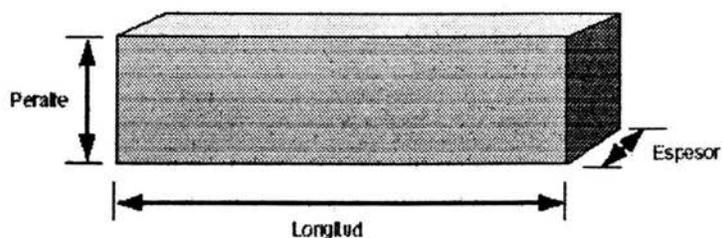


Figura 4.10.- Dimensiones de dintel no cargador

Densidad = 600 kg/m³
 Peso de diseño = 780 kg/m³
 Resistencia a la compresión = 50.0 kg/cm²
 Módulo de elasticidad = 22500 kg/cm²
 Longitud mínima de apoyo = 20.0 cm

Espesor cm	Dimensiones		Peso/pieza kg
	Longitud m	Peralte m	
10.00	1.35	0.25	26.33
10.00	1.65	0.25	32.18
10.00	2.00	0.25	39.00
10.00	1.35	0.30	31.59
10.00	1.65	0.30	38.61
10.00	2.00	0.30	46.80
12.50	1.35	0.25	32.91
12.50	1.65	0.25	40.22
12.50	2.00	0.25	48.75
12.50	1.35	0.30	39.49
12.50	1.65	0.30	48.26

Dintel cargador 25 cm

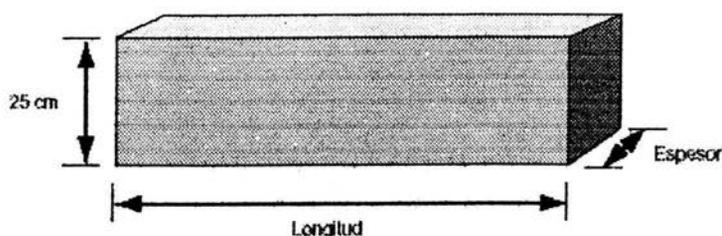


Figura 4.11.- Dimensiones de dintel cargador de 25 cm de peralte

Densidad = 600 kg/m^3
 Peso de diseño = 780 kg/m^3
 Resistencia a la compresión = 50.0 kg/cm^2
 Módulo de elasticidad = 22500 kg/cm^2
 Longitud mínima de apoyo = 20.0 cm

Espesor	Dimensiones		Peso/pieza	Carga máxima de servicio
	Longitud	Peralte		
cm	m	m	kg	kg/ml
15.00	1.35	0.25	39.49	1600.00
15.00	1.65	0.25	48.26	960.00
15.00	2.00	0.25	58.50	810.00
17.50	1.35	0.25	46.07	1715.00
17.50	1.65	0.25	56.31	1425.00
17.50	2.00	0.25	68.25	1065.00
20.00	1.35	0.25	52.65	2000.00
20.00	1.65	0.25	64.35	1460.00
20.00	2.00	0.25	78.00	1125.00
25.00	1.35	0.25	65.81	2300.00
25.00	1.65	0.25	80.44	1679.00
25.00	2.00	0.25	97.50	1462.50
30.00	1.35	0.25	78.98	2645.00
30.00	1.65	0.25	96.53	1846.90
30.00	2.00	0.25	117.00	1681.90

Dintel cargador 30 cm

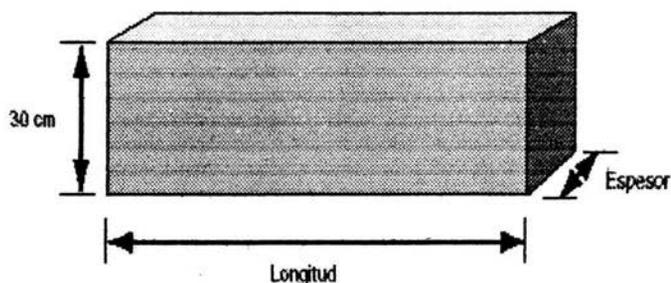


Figura 4.12.- Dimensiones de dintel cargador con peralte de 30 cm.

Densidad = 600 kg/m^3
 Peso de diseño = 780 kg/m^3
 Resistencia a la compresión = 50.0 kg/cm^2
 Módulo de elasticidad = 22500 kg/cm^2
 Longitud mínima de apoyo = 20.0 cm

Espesor cm	Dimensiones		Peso/pieza kg	Carga máxima de servicio kg/ml
	Longitud m	Peralte m		
15.00	1.35	0.30	47.39	1600.00
15.00	1.65	0.30	57.92	980.00
15.00	2.00	0.30	70.20	810.00
17.50	1.35	0.30	55.28	1715.00
17.50	1.65	0.30	67.57	1425.00
17.50	2.00	0.30	81.90	1065.00
20.00	1.35	0.30	63.18	2000.00
20.00	1.65	0.30	77.22	1460.00
20.00	2.00	0.30	93.60	1125.00
25.00	1.35	0.30	78.98	2300.00
25.00	1.65	0.30	96.53	1679.00
25.00	2.00	0.30	117.00	1462.50
30.00	1.35	0.30	94.77	2645.00
30.00	1.65	0.30	115.83	1846.90
30.00	2.00	0.30	140.40	1681.90

Panel para muros AAC 3.5

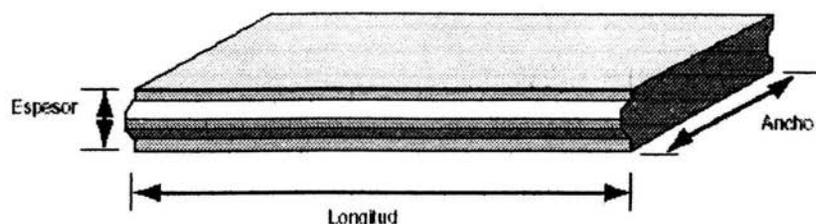


Figura 4.13.- Dimensiones panel para muro AAC 3.5

Densidad = 500 kg/m ³
Peso de diseño = 720 kg/m ³
Resistencia a la compresión = 35.0 kg/cm ²
Módulo de elasticidad = 17500 kg/cm ²
Usos = Muros (carga de viento y peso propio)

Dimensiones

Longitud máxima = 6.0 m

Ancho estándar = 61.0 cm

Espesor cm	Peso de diseño	
	kg/m ²	kg/ml
10.00	60.00	36.60
12.50	75.00	45.75
15.00	90.00	54.90
17.50	105.00	64.05
20.00	120.00	73.20
25.00	150.00	91.50
30.00	180.00	109.80

Panel para muros AAC 5.0

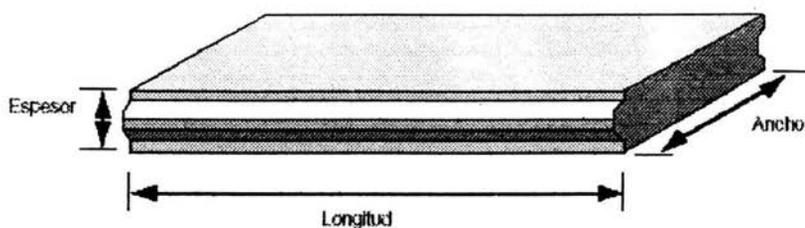


Figura 4.14.- Dimensiones de panel para muro AAC 5.0

Densidad = 600 kg/m ³
Peso de diseño = 780 kg/m ³
Resistencia a la compresión = 50.0 kg/cm ²
Módulo de elasticidad = 25000 kg/cm ²
Usos = Muros (carga de viento y peso propio)

Dimensiones

Longitud máxima = 6.0 m

Ancho estándar = 61.0 cm

Espesor cm	Peso de diseño	
	kg/m ²	kg/ml
10.00	78.00	47.58
12.50	97.50	59.48
15.00	117.00	71.37
17.50	136.50	83.27
20.00	156.00	95.16
25.00	195.00	118.95
30.00	234.00	142.74

Escalón

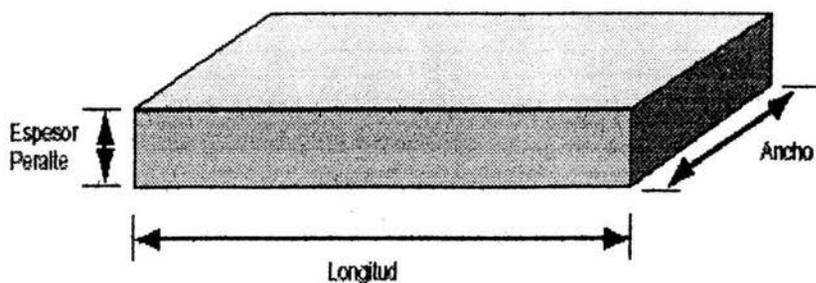


Figura 4.15.- Dimensiones de escalón

Densidad = 600 kg/m^3
 Peso de diseño = 840 kg/m^3
 Resistencia a la compresión = 50.0 kg/cm^2
 Módulo de elasticidad = 25000 kg/cm^2
 Claro libre máximo = 1.5 m
 Longitud mínima de apoyo = 5.0 cm

Dimensiones

Espesor cm	Claro libre m	Dimensiones		Peso pieza kg
		Longitud m	Huella m	
17.50	0.90	1.00	0.30	40.95
17.50	1.10	1.20	0.30	49.14
17.50	1.30	1.40	0.30	57.33
20.00	0.90	1.00	0.30	46.80
20.00	1.10	1.20	0.30	56.16
20.00	1.30	1.40	0.30	65.52

BIBLIOGRAFÍA

Normas y costos de construcción Tomos 1,2 y 3
Alfredo Plazola
Editorial Limusa

Catalogo de concreto celular Contec
Contec Hebel

Manual técnico Contec Hebel
Edición 2002

Manual de impermeabilizantes
Fester
Edición 2000

La prefabricación y la vivienda en México
Héctor Cevallos
Centro de investigaciones arquitectónicas

Prefabricados de vivienda
K.Berndt
Editorial Blume

Prefabricados de Hormigón
M. Paya Peinado
Editorial CEAC

Productos prefabricados de concreto
J.G. Richardson
IMCYC

BIBLIOGRAFIA

Estimación de los costos en la construcción
R.L.Peurifoy
Editorial Diana

Costos de construcción pesada y edificación Tomos 1,2 y 3
Leopoldo Várela Alonso
Editorial Compuobras

Costo y tiempo en edificación
Carlos Suárez Salazar
Editorial Limusa